
NOTKUN BERGS TIL VEGAGERÐAR
VINNSLA, EFNISKRÖFUR OG ÚTLÖGN

Ásbjörn Jóhannesson
Gunnar Bjarnason
Hafdís Eygló Jónsdóttir
Ingvi Árnason

Júní 2010

EFNISYFIRLIT

FORMÁLI.....	3
1. INNGANGUR.....	4
2. YFIRLIT YFIR BERGGERÐIR Á ÍSLANDI	8
3. UM EIGINLEIKA SPRENGDS BERGS TIL VEGAGERÐAR.....	9
4. UPPBYGGING VEGAR OG LAGSKIPTING	11
5. UPPBYGGING NOKKURRA VEGAKAFLA ÚR SPRENGDU BERGI OG REYNSLA AF ÞEIM	13
5.1 Inngangur	13
5.2 Efnisgerð og lagþykktir.....	15
5.3 Útlögn og þjöppun	16
5.4 Efniskröfur	17
5.5 Yfirlit yfir efnisrannsóknir	18
5.6 Reynsla og verktilhögun við uppbyggingu	19
5.7 Ályktanir um reynslu af uppbyggingu vega úr sprengdu.....	29
6. LEIÐBEININGAR UM VINNSLU OG NOTKUN SPRENGDS BERGS.....	32
6.1 Almennt.....	32
6.2 Vinnsla bergs til vegagerðar	33
6.3 Hönnun vega úr sprengdu bergi.....	47
6.4 Leiðbeiningar um notkun bergs	48
6.4.1 ..Fylling	50
6.4.2 ...Síulag	53
6.4.3 ...Styrktarlag.....	54
6.4.4 ...Burðarlag.....	59
6.4.5 ...Slitlag	65
HEIMILDIR.....	67
VIÐAUKAR	70
I. UM ÞYKKTARHÖNNUN EFTIR ÁLAGSDREIFISTUÐLUM.....	70
II. UM EFTIRLIT MEÐ ÞJÖPPUN.....	73
III. UM FROSTVARNAR- OG AFRÉTTINGARLÖG	74
IV. DÆMI UM NOTKUN SÍUKRAFNA.....	75
V. NOKKRAR SKILGREININGAR Á STEINEFNAHEITUM	81
VI. HOLRÝMD Í STEINEFNUM	84
VII. ORÐALISTI - SKILGREININGAR OG SKÝRINGAR Á HUGTÖKUM.....	86

FORMÁLI

Íslenskir vegir hafa lengst af verið að mestu gerðir úr lausum jarðefnum. Nú er svo komið að víða um land er skortur á malarefnum sem standast kröfur til slitlags- burðarlags- og styrktarlagsefnis auk þess sem efnistaka úr setlögum t.d. á áreyrum hefur víða verið bönnuð af umhverfisástæðum. Á síðustu árum hefur þess vegna færst í vöxt að nota sprengt berg til vegagerðar, en reynslan hefur verið ærið misjöfn eins og fram kemur í skýrslunni.

Markmið skýrslunnar er að safna saman upplýsingum sem höfundar hennar telja að geti komið að gagni við framleiðslu og notkun sprengds bergs til vegagerðar og dregið úr líkum á mistökum. Í þessu skyni hefur verið farið yfir norskar og sænskar verklýsingar um vegagerð og dregin saman úr þeim ýmis fyrirmæli viðkomandi sprengdu bergi og notkun þess. Fyrirmælin hafa verið staðfærð eftir fögnum og eru í skýrslunni sett fram sem tillaga að íslenskum verklýsingum. Auk þess var lögð áhersla á leiðbeiningar um aðferðir og vélakost til vinnslu efnis úr sprengdu bergi og bent á ýmis atriði sem eru líkleg til að hafa áhrif á árangurinn, bæði til hins betra og hins verra. Loks er fjallað um nokkra vegarkafla sem hafa verið byggðir úr sprengdu bergi á síðustu tíu árum.

Skýrslan var samin af vinnuhópi sem skipaður var Gunnari Bjarnasyni, forstöðumanni hjá Vegagerðinni, sem jafnframt var verkefnisstjóri; Ásbirni Jóhannessyni, verkfræðingi hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands; Hafdís Eygló Jónsdóttur verkefnastjóra hjá Vegagerðinni; Ingva Árnasyni, deildarstjóra hjá Vegagerðinni og Pétri Péturssyni, forstöðumanni hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Verkaskiptingu var svo háttað í stórum dráttum að Hafdís og Ingvi skrifuðu kafla 6.2 en aðra kafla skrifuðu Gunnar og Ásbjörn í sameiningu.

Eymundur Runólfsson, forstöðumaður hjá Vegagerðinni, vann með verkefnishópnum að orðalista í viðauka VII. Einnig hafa allmargir starfsmenn Vegagerðarinnar veitt aðgang að gögnum sem þeir höfðu í fórum sínum, þeir Einar Gíslason, Guðmundur Rafn Kristjánsson, Gunnar Sigurgeirsson, Haraldur Sigursteinsson, Jóhann J. Bergmann, Kristinn Gunnar K. Lyngmo, Valgeir Steinn Kárason og Þórir Ingason. Þar að auki veittu eftirfarandi aðilar upplýsingar og góð ráð varðandi kafla 6.2; Þór Konráðsson og Björn Konráðsson hjá Skútabergi og Viðar Ríkharðsson og Rúnar Kristjánsson hjá Tak-Malbik ehf. Vinnuhópurinn þakkar þeim öllum veitta aðstoð.

Kostnaður við gerð skýrslunnar var að mestu greiddur af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar en að nokkrum hluta af Jarðfræðideild Vegagerðarinnar.

1. INNGANGUR

Yfirbygging íslenskra vega hefur löngum verið gerð að miklu leyti úr lausum jarðefnum, oft mól sem að hluta til var mulin og hörpuð, enda víða stutt í námur með lausum setlögum af viðunandi gæðum, miðað við umferð og efniskröfur. Vinnsla steinefnis úr föstu bergi til vegagerðar var lengst af lítil en fór hægt vaxandi á níunda áratug síðustu aldar og var talin vera um 10 % af heildarvinnslu steinefna um síðustu aldamót. Á allra síðustu árum hefur orðið mikil aukning á notkun bergs til vegagerðar og samkvæmt umhverfisskýrslu Vegagerðarinnar fyrir árið 2007 var sprengt berg um 47 % af steinefnanotkun í vegagerð það ár. Þar munar mest um að hlutfall bergs á Suðvestursvæði var 77 % og 67 % á Norðvestursvæði. Á Suðursvæði var hlutfallið 17 % en einungis 4 % á Norðaustursvæði.

Mikill hluti bergnáma á suðvestursvæði eru í móbergshryggjum og er vinnslan þar mest í bólstrabrotabergi. Í öðrum landshlutum er mest af grjótinu unnið úr basalhraunlögum frá tertíer og kvarter. Einnig er tekið nokkuð af efni úr hraunum frá nútíma en þau njóta sérstakrar verndar samkvæmt náttúruverndarlögum og er vinnsla grjóts í nútímahraunum því ekki æskileg ef aðrir valkostir eru fyrir hendi. Um það bil tíundi hluti náma á Íslandi eru grjótnámur þar sem fast berg er sprengt eða rífið upp, aðrar námur eru í lausum jarðlögum [VG án ártals, bls. 8 og 22].

Ýmsar ástæður eru fyrir aukinni notkun bergs til vegagerðar. Víða um land er skortur á malarefnum sem standast kröfur til burðarlags- og styrktarlagsefnis og því getur verið hagkvæmt að nýta sprengt berg enda þótt vinnsla þess, sérstaklega losun, sé mun dýrari; 8-10 km mismunur á flutningsvegalengd með efni nægir þó til að vega upp mismuninn. Í þessu sambandi er þó sjálfsagt að taka með í reikninginn að styttri flutningsvegalengd minnkar áraun á vegi sem efnið er flutt eftir. Algengt hefur verið að berg sé unnið í bergskæringum¹ sem eru gerðar til að tryggja góða og örugga legu vegarins. Þar fæst oft gott efni til vegagerðar og getur ávinningurinn af efnistöku þannig verið fjölþættur. Í sumum tilfellum er miðað við að ná jafnvægi milli skæringa og efnisparfar þ.e. massajafnvægi þannig að efni úr skæringunum dugi í öll lög vegarins.

Vegna náttúruverndarsjónarmiða hefur notkun á ýmsum malarnámum verið bönnuð og má þar t.d. nefna efnistöku úr sumum virkum áreyrum við veiðiár. Set í malarnámum eru oftast blanda berggerða af mismunandi gæðum en berggæði í góðum bergnámum eru oft jafnari. Einnig eru malarnámur oft sandríkar og fremur snauðar af grófu efni þannig að ekki næst nægilega hátt brothlutfall við vinnsluna til að hægt sé að framleiða burðarhæft efni með góðan stöðugleika. Sprengt og malað berg hefur hinsvegar nær 100 % brothlutfall. Óheppileg kornalögung, þ.e. flögótt og ílöng korn, hefur oft verið vandamál við vinnslu bergs en með heppilegum vinnsluáðferðum er hægt að ná hagstæðri kornalögung við vinnslu á flestum berggerðum.

Efnistaka og vinnsla steinefna er háð ýmsum fyrirmælum í lögum, hvort heldur laus jarðefni eða fast berg á í hlut [GBj 2002]. Þeirra á meðal eru lög um náttúruvernd nr. 44/1999 ásamt síðari breytingum, skipulags- og byggingarlög nr. 73/1997, lög um mat á umhverfisáhrifum, nr. 106/2000, lög um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu nr. 57/1998 svo nokkur séu nefnd, en fleiri lagabálkar geta komið við sögu. Í áðurnefndum lögum um náttúruvernd eru ákvæði um frágang á námum að vinnslu lokinni. Mikilvægt er að skipuleggja efnistöku í bergnámum fyrirfram á þann veg að frágangur námunnar í lokin verði eins auðveldur og kostur er, og að vinna námuna allan tímann með hliðsjón af hönnuðum landformum. Ef bergnáma er ekki formuð

¹ Orðið skæring er notað hér þar sem Halldór Halldórsson prófessor í íslenskum fræðum komst að þeirri niðurstöðu að orðið skæring væri röng orðmyndun (sjá orðskýringar)

jafnóðum á vinnslutíma getur frágangur á henni orðið mjög dýr, sérstaklega þar sem lítið er af seti og jarðvegi á námusvæðum.

Árleg notkun steinefna hérlendis er um þessar mundir talin vera 30-40 tonn á íbúa sem er mikið miðað við nágrannalöndin. Um 60 % þessa magns er notað til vegagerðar. Til samanburðar má geta þess að í Noregi er steinefnanotkunin rúm 10 tonn á íbúa [NGU 2008a], og þar af fara um 45 % til vegagerðar [NGU 2008b bls. 19]. Í Noregi voru um 25 % steinefnaframleiðsla til byggingaframkvæmda sandur og möl árið 2007, annars sprengt og malað berg [NGU 2008b, bls. 35]. Ástæðan er meðal annars sú að þar, eins og víða í Evrópu, eru laus jarðefni sums staðar að ganga til þurrðar. Sama ár var steinefnanotkunin í Svíþjóð einnig rúm 10 tonn á íbúa og þar af fóru tæp 50 % til vegagerðar. Hluti malar og sands í allri steinefnanotkun í Svíþjóð var um 20 %, og þar af fór tæpur fjórðungur til vegagerðar [SGU 2008, bls. 4].

Góð mól er takmörkuð og verðmæt auðlind. Eitt nærtækt dæmi er steypuframleiðsla; ef fylliefni í steinsteypu kemur eingöngu úr sprengdu og möluðu bergi í stað náttúrulegrar malar og sands, þarf að auka sementsmagnið til muna í hverjum rúmmetra með tilheyrandi kostnaði til að halda óbreyttri þjálni. Annað dæmi er útflutningur á vel núinni basaltmöl til Bandaríkjanna frá Höfn í Hornafirði. Frá Noregi eru dæmi um að mól með tilteknum eiginleikum sé eftirsótt í Evrópu [PG 2006, bls. 11]. Í Svíþjóð er mikil áhersla lögð á að varðveita malarásana svokölluðu, sem eru framburður jökulvatns sem sest hefur til í vatnsrásum undir jökli, vegna þess að þar eru mikilvæg grunnvatnsforðabúr. Þar í landi hefur verið lagt til að malarnám verði takmarkað við brýnustu þörf fyrir mól og auk þess við svæði þar sem malarnám stangast ekki á við þörf fyrir drykkjarvatn né heldur náttúru- og menningarverðmæti [SGU 2008, bls. 28-29]. Sömuleiðis hefur sænska þingið ákveðið að vinnsla náttúrulegrar malar og sands verði takmörkuð við 12 milljónir tonna árið 2010, sem svarar um það bil til 12 % af allri steinefnavinnslu þar í landi árið 2007 [SGU 2008, bls. 7]. Í Noregi hefur verið komið á fót gagnabanka um jarðgrunn (þ.e. setlög) og berggrunn landsins og um nýtilegar námur, magn og gæði steinefna sem þar er að finna, ásamt notkunarbókhaldi. Á þessum grundvelli er reynt að stýra notkuninni þannig að nýtingin verði sem best. Meðal annars er leitast við að nota sprengt og malað berg þar sem það getur komið í stað lausra jarðefna.

Hérlendis hefur Vegagerðin byggt upp námuskra með nokkuð ýtarlegum upplýsingum um liðlega þrjú þúsund námur en auk þess um skæringar og aðra rannsóknastaði. Hinsvegar hefur lítið verið unnið hér á landi að kortlagningu á jarðgrunninum og skráningu á heildarefnisforða lausra jarðlaga. Slík skráning er fullkomlega tímabær því ásókn í laus jarðlög er mikil og nýmyndun lausra jarðefna afar hægfara. Sem dæmi um kortlagningu lausra jarðlaga má nefna að fyrirtækið Björgun hefur látið gera ýtarlega rannsókn á heildarmagni malar í Kollafirði. Talið er að þar hafi verið teknir 20-25 milljónir rúmmetra fram til þessa og á næsta leyfistímabili (2009-2018) er fyrirhugað að taka allt að 11,5 milljónir rúmmetra [BJ 2008, bls. 9-10].

Í flestum tilfellum getur sprengt berg, með eða án frekari vinnslu, svo sem mölunar, hörpunar eða íblöndunar af einhverju tagi, komið í stað lausra jarðefna í uppbyggingu vega. Rannsóknir benda líka til þess að sprengt og malað berg megi nota í meira mæli en nú er gert í staðinn fyrir bik- eða sementsblönduð efni og spara þannig verðmætari auðlindir [SV 2000, bls. 7-8].

Með því að nota sprengt berg í stað malar í vegagerð má slá tvær flugur í einu höggi, spara laus jarðefni sem er oft betur varið til annarra nota, svo sem steypuframleiðslu, og nýta burðareiginleika sprengds og malaðs bergs sem oft eru betri en malar, að uppfylltum skilyrðum um kornalögun og sáldurferil. Norskar rannsóknir benda til þess að sprengt og malað berg, sem uppfyllir tilskildar gæðakröfur, megi nota í enn ríkara mæli en þar hefur verið gert og þar sem

hlutfall sprengds og malaðs bergs í vegagerð er minna hérlandis má ætla að full ástæða sé til að skoða hvort ekki geti verið hagkvæmt að auka vinnslu bergs til vegagerðar hér á landi.

Eitt af markmiðum þessarar skýrslu er að hvetja til aukinnar notkunar á sprengdu bergi til vegagerðar í von um að hlífa þannig auðlindum sem væru betur nýttar til annarra hluta. Nánar tiltekið er tilgangurinn þríþættur. Í fyrsta lagi er ætlunin að kynna möguleika á að nota sprengt og, þar sem við á, malað berg til vegagerðar í stað lausra jarðefna. Þessar upplýsingar ættu einkum að koma hönnuðum vega að gagni. Í öðru lagi eru dregnar saman ýmsar upplýsingar úr innlendum og erlendum leiðbeiningum og verklýsingum um verklag við útlögn og þjöppun bergs í vegi, um kröfur til efnis og frágangs þegar sprengt berg er notað til vegagerðar, hvorutveggja upplýsingar sem gætu komið hönnuðum og verktökum til góða. Í þriðja lagi er fjallað um vinnsluáðferðir á sprengdu og möluðu bergi og um mólunarsamstæður af ýmsum gerðum sem henta til framleiðslu á steinefnum með mismunandi eiginleika, sem unnin eru úr bergi.

Í skýrslunni kemur fram að sprengt og malað berg má nota óbundið í efnisfrekustu hluta veghlotsins, þ.e. fyllingu og styrktarlag, ennfremur í burðarlag upp að vissum umferðarmörkum og til þessara nota er sprengt berg í einhverri mynd oftast heppilegra efni en laus jarðefni. Sprengt berg er ávallt malað í burðarlag og yfirleitt einnig í efri hluta styrktarlags en er oft notað óunnið í neðri hluta styrktarlags og fyllingu. Sprengt og malað berg er notað í miklum mæli í bundin slitlög og getur auk þess hentað vel í bland við annað efni í óbundin slitlög. Þá er sprengt berg notað í steypu, fláaþekjur, fyrirhleðslur, grjóthleðslur og í rofvarnir. Sprengt berg getur í sumum tilfellum verið vandmeðfarnara en laus jarðefni og kallað á breytingar í verklagi, t.d. við útlögn. Engu að síður fer notkun bergs vaxandi m.a. í steypu erlendis, t. d. í Noregi og Svíþjóð, nokkuð sem hefur orðið mögulegt með breyttum vinnsluáðferðum.

Skýrslan er takmörkuð við sprengt berg til vegagerðar, vinnslu þess og notkun í hin ýmsu lög veghlotsins, stundum þó með útúrdúrum þegar nauðsyn krefur til að setja hlutina í samhengi. Einnig er fjallað um innlenda reynslu af notkun sprengds bergs til vegagerðar. Í skýrslunni er þó ekki fjallað um sprengt berg sem efni í bikbundin lög í yfirbyggingu (burðarlag, bindilag, og slitlag) þótt það sé notað í talsverðum mæli í þessum tilgangi. Efni skýrslunnar er í stórum dráttum þetta:

Fyrstu fjórir kaflarnir eru í ágripsformi. Í 2. kafla er örstutt yfirlit yfir íslenskar berggerðir og í 3. kafla er sagt lítið eitt frá eiginleikum berggerðanna frá sjónarmiði vegagerðar. Í 4. kafla er hefðbundin lagskipting vegarins rakin og drepíð á hlutverk hvers lags fyrir sig. Í fimmta kafla eru tekin nokkur dæmi um íslenska reynslu af notkun sprengds bergs í vegagerð og þar er bæði úrdráttur úr útboðsgögnum um efnisgerðir og kröfur en einnig sagt frá verklagi úti í vegi og reynslu af gæðum sömu vega.

Sjötti kafli er þungamiðja skýrslunnar og er í meginatriðum tvískiptur. Í fyrri hlutanum er sagt frá vinnslu bergs til vegagerðar. Í seinni hlutanum er gerð grein fyrir notkun sprengds bergs í hvert lag vegarins fyrir sig, einkum kröfum til efnis, útlagnar og frágangs. Kafli er sambland af verklýsingum og ráðleggingum og byggist að talsverðu leyti á efni úr norskum handbókum sem hefur verið staðfært í samræmi við reynslu hér á landi. Aðrar mikilvægar heimildir eru leiðbeiningar Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur og að hluta til sænskar verklýsingar. Aftast í skýrslunni er listi yfir heimildir.

Nokkrir viðaukar eru í skýrslunni. Sá fyrsti fjallar um þykktarhönnun og sýnir dæmi um efnissparnað þegar sprengt berg er notað í stað malarefnis. Annar er örstuttur samanburður á aðferðum til að fylgjast með þjöppun. Sá þriðji er fróðleikur um frostvarnar- og afréttingarlög. Sá fjórði gerir nokkuð nána grein fyrir síukröfum og tekur dæmi um notkun þeirra. Sá fimmti er um heiti á stærðarflokkum steinefna og hinn sjötti um holrýmd í steinefnum. Síðasti viðaukinn er

INNGANGUR

skrá yfir allmörg tækniorð sem koma fyrir í skýrslunni ásamt skilgreiningum og skýringum á þeim.

2. YFIRLIT YFIR BERGGERÐIR Á ÍSLANDI

Bergtegundum má skipta í þrjá meginflokkka eftir uppruna þ.e. **storkuberg**, **setberg** og **myndbreytt berg**. *Gosberg* er **storkuberg** sem storknað hefur á yfirborði. Ef hinsvegar bergkvika storknar á nokkru dýpi kallast bergið *djúpberg* en *gangberg* ef það storknar í sprungum á minna dýpi. Mismunandi gerðir basalts (þ.e. basísks gosbergs) eru 80 – 90 % af öllu storkubergi hérlendis en einnig má nefna bergtegundir eins og líparít (súrt gosberg), andesít (ísúrt gosberg) og gabbró (basískt djúpberg). Á ísöld varð *móbergsmyndunin* til við gos undir jökli og þá myndaðist m.a. móberg og bólstraberg. Þessari myndun tilheyrja líka dyngjur og grágrýtishraunlög. *Hraun* eru storkubergmyndanir sem hafa myndast eftir ísöld og eru því yngri en u.þ.b. 10 þúsund ára. **Setberg** myndast m.a. úr setlögum við samlímingu þeirra og hörðnun. Sem dæmi um setberg má nefna harðnaðan jökulruðning (*jökulberg*). Móbergstúff (sjá lýsingu hér á eftir) er stundum flokkað sem setberg. Setberg hér á landi er almennt ekki af nægilegum gæðum fyrir efri lög veghlotsins en erlendis er setberg t.d. kalksteinn mikið notaður til vegagerðar. Ummyndun bergs ræður miklu um gæði bergsins til mannvirkjagerðar. **Basalt** er langalgengasta bergtegundin hér á landi og er fremur óalgengt að berg af öðrum bergtegundum sé unnið til vegagerðar. Aðrar bergtegundir en basalt hafa lítið verið rannsakaðar m.t.t. vinnslu burðarlagsefna og slitlagsefna en gabbró hefur verið notað sem rofvarnargrjót og reynst vel.

Myndbreyting bergs er fremur lítil hér á landi og er algengara að tala um að berg sé *ummyndað* t.d. þannig að ákveðnar steindir bergsins hafa ummyndast yfir í leirsteindir.

Algengt er að grjót hafi verið unnið úr **hraunum** sem runnið hafa eftir ísöld þ. e. eru yngri en 10 þúsund ára. Mest hefur verið tekið úr gjallhluta apalhrauna þ. e. efstu 2 – 3 m hraunsins, sem auðvelt hefur verið að losa. Þetta efni hefur verið nýtt bæði í styrktarlag og sem fyllingarefni. Í vaxandi mæli hefur á undanförunum árum einnig verið farið dýpra í hraunið enda fæst þá ferskt, þ.e. mjög lítið ummyndað grjót, sem þó er oft talsvert blöðrótt, til vinnslu í burðarlag, klæðingu og rofvarnir.

Móberg og **bólstraberg** eru yfirleitt úr basískum gosefnum sem myndast hafa við gos í vatni, undir jökli eða í sjó. Móberg (túff) myndast þannig, að heit bergkvika snöggkælist í vatni, og myndar glersalla sem hleðst upp kringum gosopið. Þannig myndast hrúga af vatnsósa, lausri gosösku. Með tíð og tíma ummyndast glersallinn í brúnt og samlímt berg, móbergstúff. Bólstraberg myndast hins vegar við gos undir miklum þrýstingi t.d. djúpt í sjó eða vatni og undir þykkum jökli. Slíkt berg nefnist bólstrabrotaberg þegar bólstrarnir eru mjög óreglulegir og uppbrotnir. Við vinnslu brotnar móbergstúffið niður í sand og malarstærðir og nýtist í styrktarlög og fyllingar í vegagerð. Bólstrabergið brotnar niður í fremur smáa steina úr fersku basalti og getur slíkt efni verið gott í styrktarlag og kemur til álita til vinnslu burðarlags og jafnvel slitlags ef það er ekki of blöðrótt.

Skipta má storkubergi í efnisflokkka eftir eiginleikum þess til vegagerðar, sem eru m.a. háðir ummyndun bergsins og gropu (blöðrum) þess en það hefur meðal annars áhrif á styrk, veðrunarþol og slitþol bergsins. Efnisflokkarnir eru til dæmis **hraunkargi**, **hraun**, **ferskt berg**, **bólstraberg** og **mikið ummyndað berg**.

3. UM EIGINLEIKA SPRENGDS BERGS TIL VEGAGERÐAR

Með orðasambandinu **sprengt berg** er í þessari skýrslu átt við berg sem hefur verið losað með sprengiefni eða með riftönn². Orðasambandið malað berg nær einnig yfir steinefni sem er malað úr lausagrjóti sem er grófara en 60 mm.

Í stórum dráttum má nota sprengt berg, óunnið, malað, eða flokkað eftir atvikum, til jafns við annað steinefni í vegagerð og þá er átt við efni í fyllingar, styrktarlag, burðarlag og að miklum hluta í slitlag. Þetta kemur vel í ljós þegar sænskar verklýsingar eru skoðaðar, þar er sjaldnast gerður greinarmunur á sprengdu bergi og öðru steinefni í vegagerð, svo fremi það uppfylli tilskildar kröfur um styrkleika og lögun.

Það eru grunneiginleikar bergsins, svo sem kristalbygging, gropa og ummyndun sem ráða miklu um tæknilega eiginleika, svo sem styrk, veðrunarþol og slitþol efnisins. Sem dæmi má nefna að basalt getur ýmist verið lítið eða ekkert ummyndað og með gott veðrunarþol (frostþol) eða mikið ummyndað og með lélegt veðrunarþol, og allt þar á milli. Á sama hátt getur steinefni verið þétt og með mikinn styrk eða gropið (blöðrótt) og með lítinn styrk.

Mikilvægt er að velja sterkt og veðrunarþolið berg til vinnslu í efstu lög veghlotsins en minni kröfur eru hinsvegar gerðar til bergs sem nota á neðar í veghlotinu. Styrkur bergs fer m.a. eftir stærð steinda þess, þéttleika og ummyndun. Blöðrótt berg hefur að öðru jöfnu minni styrk en þétt berg. Ummyndun bergs er einnig mjög ráðandi þáttur varðandi gæði bergs til mannvirkjagerðar þar sem veðrunarþol bergs minnkar með aukinni ummyndun. Basískt gosberg frá tertíertímabilinu (blágrýti), þ.e. 3 – 16 milljón ára gamalt berg er oft talsvert ummyndað en basaltlög frá ísöld (grágrýti), þ.e. 0,1 – 3 milljón ára eru tiltölulega lítið ummynduð en geta verið nokkuð blöðrótt. Dyngjubasalt er oft með mjög opna kristalbyggingu og hefur því fremur lítinn styrk.

Millilög, svo sem setlög og aðliggjandi lakari berglög og einnig sprungufyllingar geta valdið talsverðum erfiðleikum við vinnslu bergnáma. Slík lög mega í mörgum tilfellum blandast við fyllingarefni en við vinnslu styrktarlags, burðarlags og slitlags þarf yfirleitt að hreinsa slík lög frá áður en efnið er malað eða ekið út í veg.

Sprungumynstur, straumflögun og kristalbygging eru ráðandi eiginleikar varðandi grjótstærðir og lögun grjóts sem berg springur í. Þó má hafa mikil áhrif á það hversu smátt grjót springur með vinnslutækni svo sem bormynstri og hleðslu borhola. Grjótstærðir ráða miklu um það í hvaða lög vegarins hægt er að nota grjótið ómalað. Stórir forbrjótar ráða einungis við grjót sem er minna en u.þ.b. 0,8 m í þvermál. **Þóleiit basalt** springur yfirleitt fremur smátt. Stuðlaberg sem er með þétt sprungumynstur bæði lárétt og lóðrétt nefnist **kubbaberg**, en **stuðlaberg** er sprungið í eina stefnu. Kubbaberg og fínstuðlað berg springur smátt og hentar því vel til vinnslu vegagerðarefna. Dæmi um berg sem springur í stórar steinastærðir er **dílabasalt** og **gabbró** og eru þessar berggerðir að öðru jöfnu vel hæfar í rofvarnir en með hentugri sprengitækni er hægt að smækka grjótið þannig að það henti til mölunar í burðarlag og styrktarlag.

Það er ekki einungis berggerðin sem er ráðandi um hæfi efnisins til vegagerðar heldur ekki síður grunneiginleikar framleidda efnisins, svo sem kornadreifing og kornalögun en þeim eiginleikum er hægt að stýra með því að beita viðeigandi vinnsluáðferðum. Algengar áðferðir til að bæta kornadreifingu eru þvottur og undantekt³ á fínefnum en einnig vinnslutækni svo sem gerð brjóta, stilling þeirra og fjöldi brotstiga. Með útsjónarsemi í vali á brjótum og heppilegum

² Riftönn; á ensku: *ripper*.

³ Undantekt; á ensku: *scalping*. Táknað að hluti efnisins (smærri en eitthvert tiltekið sigti) sé sigtaður frá. Undantekt er andstæða við *hörpun*, þá er gróft efni sigtað frá.

vinnsluaðferðum er einnig hægt að bæta kornalögum efna sem annars hafa tilhneigingu til að verða flögótt. Kafli 6.2 fjallar m.a. um vinnslutækni.

Púkk er berg af steinastærðum minni en 250 mm í þvermál, ýmist malað eða ómalað. Malað púkk getur verið af mismunandi steinastærðum t.d. fínþúkk 4/22 mm og 11/16 mm og grófara þúkk 4/80 mm, þ.e. sandur og fínefni eru ekki með í efninu. Malað berg er venjulega með opna kornadreifingu þannig að mest af efninu er af malarstærðum en einnig er í efninu nokkuð af sandi og fínefnum. **Bólstraberg** og jafnvel **kubbaberg** gefa oft af sér það smáa steina við losun að hægt er að nota efnið ómalað sem þúkk, en flokkun er stundum nauðsynleg. Þúkk er oft gert stöðugra með því að þjappa t.d. fínna þúkki ofan í yfirborðið á því (**kílt þúkk**⁴).

Straumflögum, sem myndast við það að seigfljótandi kvika er á hreyfingu eftir að hún er farin að storkna, getur valdið fíngerðum sprungum. Líparít er oft straumflögótt og straumflögum kemur einnig fyrir í þóleítt basalti og andesíti. Mjög straumflögótt berg er ekki heppilegt til vinnslu burðarlags- og slitlagsefna þar sem það springur oft í flögótt (flata og ílanga) lögum korna sem veldur óstöðugleika í efninu, auk þess sem kornin eru brotgjörn.

Íslenskar bergmyndanir eru ólíkar norskum og sænskum. Íslenskt berg er mjög ungt jarðfræðilega séð, sumt nýlega mynduð hraun á yfirborði en elstu bergmyndanir á landinu eru um 16 milljóna ára gamlar. Algengt berg í Svíþjóð og Noregi er hins vegar djúpberg, og aldur þess nokkur hundruð eða jafnvel þúsundir milljóna ára. Þessi aldurs- og upprunamismunur hefur ýmis áhrif á eiginleika bergsins, bæði jákvæð og neikvæð frá sjónarmiði vegagerðar. Auk þess er algengt að berglög sem unnin eru til vegagerðar hér á landi séu tiltölulega þunn með millilögum úr seti og óreglulegum setlögum í sprungum en berglög í Skandinavíu eru oft í þykkum einsleitum lögum. Þar af leiðandi er ekki sjálfgefið að sænsk eða norsk fyrirmæli um notkun bergs til vegagerðar eigi við óbreytt á Íslandi.

Nokkur hluti íslensks bergs er hraun, misjafnlega gropið. Styrkleiki þess er ærið misjafn, allt frá því að vera mjög þétt og sterkt upp í að vera frauðkennt (bruni) og veikbyggt eftir því. Gropan í berginu hefur einnig áhrif á fjaðureiginleika þess, í sumum hraunmyndunum er mjög erfitt að ná þjöppun sem annars er áskilin í styrktar- og burðarlögum. Á hinn bóginn afvatnar slíkt efni að jafnaði vel. Annar mikilvægur kostur við sprengt berg er að það hefur að jafnaði góða burðareiginleika, og sprengt og mulið berg hefur snöggum betri burðareiginleika en náttúruleg mól.

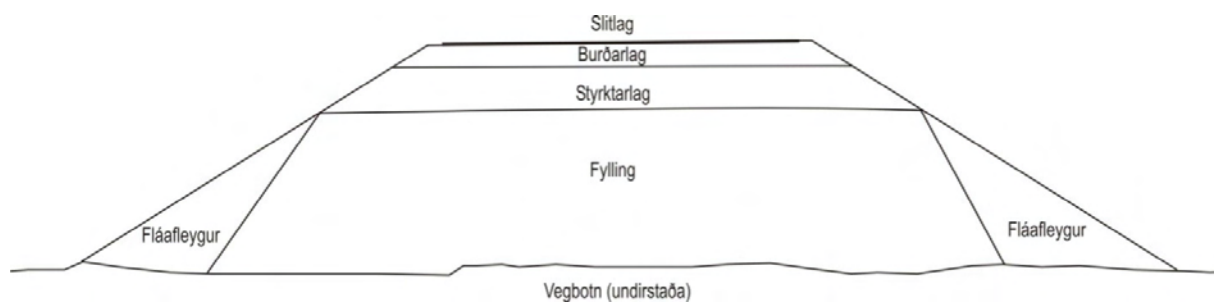
⁴ *Kílt þúkk; á norsku: forkilt pukk.*

4. UPPBYGGING VEGAR OG LAGSKIPTING

Mynd 4.1 sýnir lóðrétt þversnið í veghlot. Veghlotinu má skipta í tvo meginhluta, undirbyggingu og yfirbyggingu. Báðir hlutar verða að vera þannig úr garði gerðir að þeir standist álagið frá umferðinni en að öðru leyti eru hlutverk þeirra ólík.

Undirbygging er fylling í dældir og slakka í vegstæðinu. Fyllingin kemur ofan á vegbotninn og er ætlað að jafna vegstæðið út, mynda ásetu fyrir yfirbygginguna og lyfta henni nægilega hátt yfir grunnvatnsborð eða upp úr snjóalögum. Yfirborð fyllingarinnar (eða skæringar eftir atvikum) er kallað yfirborð undirbyggingar.

Yfirbygging er sá hluti veghlotsins sem er fyrir ofan yfirborð undirbyggingar. Hlutverk yfirbyggingarinnar er annars vegar að dreifa spennum frá umferðinni niður eftir veghlotinu þannig að efnin í neðri hluta veghlotsins þoli álagið, og hins vegar að sporna gegn frostlyftingum. Þetta tvennt gerir ákveðnar kröfur til efnisins sem er notað í yfirbygginguna. Efsti hlutinn (slitlag og burðarlag) þarf að taka á sig verulegar spennur sem gerir miklar kröfur til efniseiginleika. Spennurnar minnka hratt eftir því sem neðar dregur í yfirbygginguna og þar eru notuð ódýrari efni sem minni kröfur eru gerðar til m. a. varðandi sáldurferil, styrk og slitþol.



Mynd 4.1. Þversnið af uppbyggingu veghlots (ýkt hlutföll).

Yfirbyggingin er yfirleitt gerð í nokkrum lögum. Þau eru (talið neðan frá); *síulag*, sem er notað ef þörf krefur til að uppfylla síukröfur milli fyllingar og styrktarlags, *styrktarlag*⁵ sem stundum er skipt í tvennt (neðri og efri hluta styrktarlags), *burðarlag* sem einnig er oft skipt í tvennt (neðri og efri hluta burðarlags) og efst *slitlag* sem er líka oft skipt í tvö eða fleiri lög. Neðra eða neðsta lag malbiksslitlags nefnist *bindilag*. Slitlag getur líka verið óbundið, malarslitlag. Þegar lögum (styrktar-, burðar- og slitlagi) er skipt í tvennt er gjarnan notað ódýrara (og lakara) efni í neðri hlutann. Stundum eru eitt eða fleiri þessara laga óþörf, helst síulag og stundum styrktarlag. Einstaka sinnum er *frostvarnarlagi* skotið inn á milli yfirborðs undirbyggingar og styrktarlags, og gegnir þá um leið hlutverki síulags.

Efni í fyllingar kemur oft úr skæringum í vegstæðinu og sprengt berg (stundum grófmalað eða grófsigtað) hentar allajafna prýðilega í þær.

⁵ Styrktarlag (sjá mynd 4.1) nefndist áður neðra burðarlag og lagið sem nú heitir burðarlag nefndist áður efra burðarlag. Líklegt er að í framtíðinni verði talað t.d. um efra og neðra burðarlag eða efra og neðra styrktarlag þegar þessi lög eru tvískipt. Í þessu riti er talað um t.d. efri hluta burðarlags en ekki efra burðarlag til að forðast rugling við eldri merkinguna.

Síulagið getur verið nauðsynlegt þegar sáldurferlar fyllingar og styrktarlags eru svo mismunandi að hætta er á að fínefni úr neðra laginu smiti upp í efra lagið og spilli burðargetu þess eða ef hætta er á að styrktarlagsefnið sáldrist ofan í fyllingarefnið. Einnig getur verið þörf á síulagi milli styrktarlags og burðarlags. Síulagið þarf að vera nægilega lekt til að flytja vatn sem kemur upp úr fyllingunni út í hliðarskurð [VB 2005, bls. 205]. Síulag getur verið úr sandi eða mól en í stað þess má einnig nota þar til gerðan síudúk úr gerviefnum. Stundum er hægt að nota sprengt og malað berg í síulag, en algengast er að nota sand eða mól. Fjallað er um síukröfur í viðauka IV.

Hlutverk frostvarnarlags er að koma í veg fyrir að frostnæmt efni í vegbotni eða í vegfyllingu valdi frostlyftingum. Frostvarnarlag úr sandi og mól getur um leið gegnt hlutverki síulags, en frostvarnarlag getur líka verið úr sprengdu grjóti eða grófpúkki (80-300 mm). Algeng lagþykkt er 0,25 - 1 m [FIJ 1976, bls. 160-166].

Styrktarlagið hefur svipað hlutverk og burðarlagið, það er að dreifa álaginu frá umferðinni á stærri flöt þannig að fyllingin verði ekki fyrir skemmdum frá of miklum skúfspennum. Í styrktarlagið er notað ódýrara efni en í burðarlagið og er þess vegna oft tiltölulega þykkt. Þykku styrktarlagi er stundum skipt í tvennt, efri og neðri hluta styrktarlags, til að nýta tiltæk efni sem best og þá er lélegra efni notað í neðra lagið sem þó má ekki vera frostnæmt og verður að uppfylla tilskildar kröfur m.a. um sáldurferil. Styrktarlagið getur sem best verið úr sprengdu bergi, púkki eða grófpúkki [SV 2000, bls. 19; VB 2005 bls. 210]. Í sumum tilfellum er styrktarlagið allt í senn, síulag, frostvarnarlag og burðarpólsstyrking [VM 1975, bls. 22].

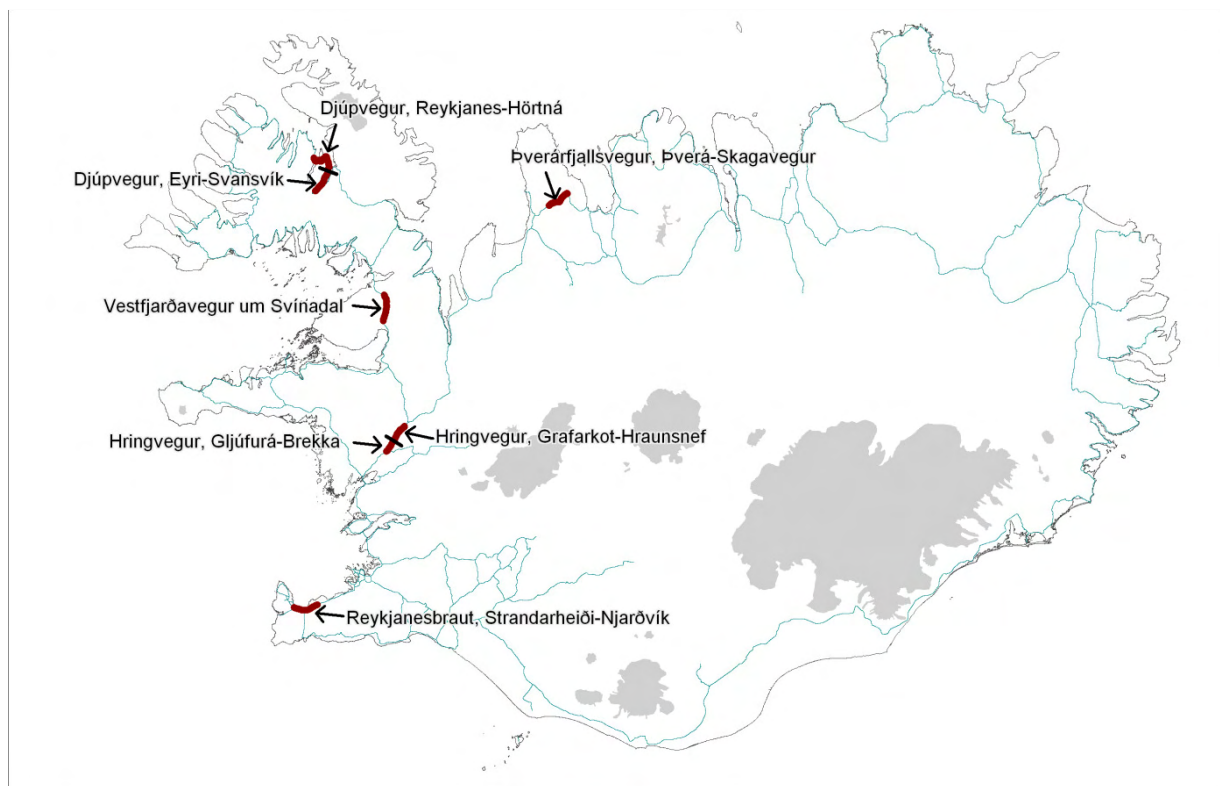
Burðarlagið hefur sem meginhlutverk að dreifa álaginu frá umferðinni á stærri flöt í styrktarlaginu og hefur að því leyti svipað hlutverk og styrktarlagið. Burðarlagið er alla jafna þynnra en styrktarlagið og skúfspennur í burðarlagi eru tiltölulega miklar. Þess vegna er burðarlagið úr vandaðra efni en styrktarlagið, og oft bundið með biki eða sementi til að auka burðarþolið með samloðun. Burðargeta óbundinna laga byggist hins vegar nær eingöngu á innri núningsmótstöðu. Burðarlag er stundum lagt í tvennu lagi og þá er talað um efri og neðri hluta burðarlags. Sprengt og malað berg er heppilegt efni í burðarlag, bundið eða óbundið, þó með vissum takmörkunum á umferðarþunga.

Slitlagið er efsta lagið í yfirbyggingunni, oftast bikbundið, stundum úr óbundinni mól og í undantekningartilfellum steipt. Það hefur margþætt hlutverk. Það þarf að mynda sléttan flöt til að aka á, hafa nægilegt hemlunarviðnám og góða ljóstæknilega eiginleika til að tryggja umferðaröryggi. Ennfremur þarf það að hafa viðunandi slitþol, m. a. gagnvart negldum hjólbörðum, þola söltun, snjómokstur og alls kyns áhrif frá veðri. Þar að auki er því ætlað að verja neðri lög yfirbyggingarinnar eftir föngum gegn formbreytingum og vatni og sumar gerðir (steypa, malbik) geta tekið upp og dreift spennum frá umferðinni [VM 1975, bls. 22]. Bikbundið slitlag er oft lagt í tveim lögum, neðra lagið er þá kallað bindilag. Sprengt og malað berg er uppistaðan í bikbundnum slitlögum en það má líka nota í bland við laus jarðefni í óbundin slitlög þ.e. malarslitlög.

5. UPPBYGGING NOKKURRA VEGAKAFLA ÚR SPRENGDU BERGI OG REYNSLA AF ÞEIM

5.1 Inngangur

Í þessum kafla (5.1 – 5.5) er yfirlit yfir nokkra vegi sem að öllu eða miklu leyti voru byggðir úr sprengdu bergi á árunum 2000 – 2009. Valdur voru sex vegakaflar á Norðvestursvæði og einn kafli á Suðvestursvæði en á þessum svæðum hefur sprengt berg verið mikið notað við vegagerð á undanförunum árum. Staðsetning vegakaflanna er sýnd á mynd 5.1.1. Gerð er grein fyrir því hvernig uppbyggingu veganna er lýst í útboðsgögnum og hvernig uppbyggingu þeirra var háttað á verkátíma. Einnig er fjallað um reynsluna af þessari verktilhögun og hvernig vegirnir hafa staðið sig síðan þeir voru byggðir.



Mynd 5.1.1. Staðsetning nokkurra vegakafla sem voru byggðir úr sprengdu bergi á árunum 2000-2009.

Í töflum 5.2.1, 5.3.1, 5.4.1 og 5.5.1 er yfirlit yfir uppbyggingu veganna, útlögn og þjöppun og einnig yfir efniskröfur og niðurstöður efnisrannsókna eins og þessi atriði voru sett fram í útboðsgögnum. Í öllum sérverklýsingum er almenn tilvísun í Alverk '95 en ákvæði Alverks, sem ekki er bein tilvitnun í, eru ekki tilgreind hér sérstaklega nema hvað varðar hlutfall kornastærðar og lagþykktar. Upplýsingar um útboð á Reykjanesbraut miðast við endurútboð 2008. Þverárfjallsvegur var boðinn út árið 2000, Hringvegur í Norðurárdal, Gljúfurá-Brekka árið 2004, Vestfjarðavegur árið 2005, kaflarnir á Djúpvegi árin 2006 og 2007 og Hringvegur í Norðurárdal, Grafarkot-Hraunsnef árið 2007. Umferð á þessum vegum var á bilinu 130-11.000 ÁDU árið 2008, sjá töflu 5.2.1.



Mynd 5.1.2. Dæmi um skemmdir í vegi úr sprengdu bergi.

Í köflum 5.6 og 5.7 er fjallað um reynslu og verktilhögun við uppbyggingu vegkaflanna og hvaða ályktanir megi draga af þeirri reynslu. Sú umfjöllun leiðir í ljós að margt má betur fara á öllum verkstigum þ.e. við hönnun, framleiðslu og framkvæmd þegar vegir eru byggðir úr sprengdu bergi. Dæmi um verk sem tókst ekki nægilega vel vegna margra af neðangreindum ástæðum er Þverárfjallsvegur en myndin hér að ofan er tekin af yfirborði hans árið 2009.

Við hönnun er ekki alltaf gætt að því að fyrirskrifa hæfilegar lagþykktir og efnisgerðir. Rannsóknir eru af mjög skornum skammti bæði á hönnunarstigi og framkvæmdastigi. Rannsóknir á hönnunarstigi geta verið nokkuð kostnaðarsamar og er því í sumum tilfellum beðið með hluta rannsókna þar til á framkvæmdastigi og er þá enn mikilvægara að rannsóknir á steinefnum við framleiðslu séu vandaðar. Vinnsluaðferðir sem verktakar hafa valið duga í mörgum tilfellum ekki til að framleiða steinefni sem stenst kröfur til slitlags, burðarlags og styrktarlags. Gæðum steinefna og efnisgerðum er því oft verulega ábótavant. Eftirlit með vinnslu, efnisgæðum, útlögn og þjöppun er ekki nægilega vandað. Mikið verk var að safna saman gögnum um framkvæmdir þar sem engar framkvæmdaskýrslur voru gerðar. Það er mikilvæg forsenda þess að læra megi af reynslunni að framkvæmdaskýrslur séu skrifaðar og myndi það m.a. auðvelda verulega störf Árangurs- og eftirlitsdeildar. Sú deild gefur eftirliti með efnisgæðum, lagþykktum og verk-gæðum svo sem þjöppun ekki nægjanlegan gaum og veitir því eftirlitsmönnum ekki nægilegt aðhald hvað þessi mál varðar.

Mikilvægt er að í útboðsgögnum séu settar fram kröfur um tækjabúnað, svo sem um mölunarsamstæður og til útlagnar og þjöppunar, sem duga til að verktaki geti skilað vönduðu verki.

5.2 Efnisgerð og lagþykktir

Í töflu 5.1 er yfirlit yfir kröfur útboðsgagna um efnisgerðir og lagþykktir. Engin sérstök ákvæði eru sett fram um efnisgerðir fyrir berg í fyllingar fyrir þessa vegi og ekki gerð krafa um neina vinnslu á fyllingarefni. Þykkt fyllingar er breytileg eftir aðstæðum og kemur fram á vegsniðum.

Neðri hluti styrktarlags er á öllum köflunum óunnið efni en á þremur köflum er gerð krafa fyrir efri hluta styrktarlags um grjót, sem malað er í forbrjót, með mest 100 mm kornastærð í 250 mm þykku lagi. Heildarþykkt styrktarlags er almennt á bilinu 450 – 700 mm en á Hringvegi og Reykjanesbraut er gert ráð fyrir að lagið geti verið þynnra ef fyllingarefnið er burðarmikið. Á Þverárfjallsvegi er gert ráð fyrir síulagi eða jöfnunarlagi úr mól ofan á óunnið berg í styrktarlagi.

Tafla 5.2.1. Efnisgerðir og lagþykktir.

Vegarkafli/ Umferð ÁDU	Lag í vegi	Fylling	Styrktarlag			Burðarlag			Slitlagsgerð og stærða- flokkur**
		Efnisgerð	Efnis- gerð	Kornast. mm	Þykkt mm	Efnis- gerð	Kornast. mm	Þykkt mm	
Þverárfjallsvegur Þverá – Skagavegur ÁDU 350	Efra Neðra	Óunnið berg	Óunnið berg	<2/3 lagþ.	500	Malað berg	0-25 0-64	50 150	KI 8-16 KI 8-16
Hringvegur Gljúfurá - Brekka ÁDU 2000	Efra Neðra	Óunnið berg	Malað berg Óunnið berg	0-100 <2/3 lagþ.	250 Ekki sér liður*	Malað berg	0-25 0-63	100 150	KI 11-16 KI 11-16
Vestfjarðavegur um Svínadal ÁDU 250	Efra Neðra	Óunnið berg/set	Malað set Óunnið berg/set	0-100 <2/3 lagþ.	0-500 efra Ekki sér liður*	Malað berg	0-25 0-53	80 120	KI 11-16 KI 11-16
Djúpvegur Reykjanes – Hörtná ÁDU 130	Efra Neðra	Óunnið berg	Óunnið berg	<1/2 lagþ.	450	Malað berg	0-25 0-53	80 120	KI 0-16 KI 0-16
Hringvegur Grafarkot – Hraunsnef ÁDU 1750	Efra Neðra	Óunnið berg	Malað berg Óunnið berg	0-100 <2/3 lagþ.	250 0-700	Malað berg	0-25 0-64	100 150	KI 11-16 KI 11-16
Djúpvegur Eyri – Svansvík ÁDU 130	Efra Neðra	Óunnið berg hraun	Óunnið berg/mól	<1/2 lagþ.	450	Malað berg	0-25 0-53	80 120	KI 0-16 KI 0-16
Reykjanesbraut Strandarh. – Njarðvík ÁDU 11000	Efra Neðra	Óunnið berg/hraun	Berg	<2/3 lagþ.	0-700	Malað berg	0/63	200	SI 16 BNL 16

*Efri hluti styrktarlags var sér tilbóðsliður en neðri hlutinn var sameiginlegur fyllingu.
**Skýringar á skammstöfunum: KI táknar klæðingu, SI er slitlagsmalbik, BNL er bindilagsmalbik.

Þverárfjallsvegur Síulag/jöfnunarlag ofan á styrktarlag.

**Vestfjarðavegur/
Reykjanesbraut** Þykkt styrktarlags háð gæðum undirlags.

Djúpvegur Óunnið berg í styrktarlag skal vera með stærstu steina < 50 % lagþykktar
báðir vegkaflar eða þykkja styrktarlag í 650 mm.

Hringvegur Ef undirstaðan er veik (t.d. mór) þá skal þykkt styrktarlags vera >650 mm.
Grafarkot - Hraunsnef

Á öllum köflunum er gerð krafa um malað berg í bæði efri og neðri hluta burðarlags. Neðra lagið er ýmist 0-53 eða 0-63 mm efni⁶ en efra lagið yfirleitt 0-25 mm efni. Á Reykjanesbraut er burðarlagið í einu 0/63 mm púkklagi og leyfðar allt að 10 % yfirstærðir. Þykkt burðarlags er 200 mm á 5 köflum en 250 mm á tveimur vegköflum. Reykjanesbraut var með tvöföldu malbikslagi en aðrir kaflar voru með slitlag úr tvöfaldri klæðingu.

5.3 Útlögn og þjöppun

Fyrir fimm þessara vegkafla er sérstaklega tekið fram að leggja skuli fyllingarefni út í lögum. Á jafnmörgum köflum er vísað í töflur fyrir bæði fyllingu og styrktarlag þar sem tilgreindur er fjöldi umferða valta háð lagþykkt og eiginleikum valta. Í fjórum tilvikum er þjöppumælir sagður æskilegur fyrir mat á þjöppun fyllinga og styrktarlags. Á Reykjanesbraut var krafist titurvalta og krafist mælinga með plötuprófi og þjöppumæli á valta. Á Vestfjarðavegi voru engin sérákvæði hvorki um þjöppun fyllingar né styrktarlags og í því tilviki er verktaka ætlað að velja á milli fimm aðferða sem tilgreindar eru í Alverki '95.

Tafla 5.3.1. Útlögn og þjöppun.

Vegarkafli	Fylling			Styrktarlag			Burðarlag		
	Útlögn	Þjöppun	Mæling	Útlögn	Þjöppun	Mæling	Útlögn	Þjöppun	Mæling
	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.	Talning umf.
Þverárfjallsvegur Þverá - Skagavegur	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð
Hringvegur Gljúfurá - Brekka	Í lögum	Samkv. töflu	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Engin ákvæði	Dreifari æskilegur	Samkv. töflu	Engin ákvæði
Vestfjarðavegur um Svínadal	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Dreifari	Samkv. töflu	Engin ákvæði
Djúpvvegur Reykjanes - Hörtná	Í lögum háð gerð valta	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Dreifari/ Útlagnarvél	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð
Hringvegur Grafarkot - Hraunsnef	Í lögum	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Dreifari/ Útlagnarvél	Samkv. töflu	Þjöppumælir
Djúpvvegur Eyri - Svansvík	Í lögum	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Engin ákvæði	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð	Dreifari/ Útlagnarvél	Samkv. töflu	Þjöppumæl. valkvæð
Reykjanesbraut Strandarh. - Njarðvík	Í mest 0,6 m lögum	Engin ákvæði	Þjöppumæl. Plötupróf	Engin ákvæði	Fjöldi umferða á grundvelli mælinga	Þjöppumæl. Plötupróf Kröfur birtar	Engin ákvæði	Fjöldi umferða á grundvelli mælinga	Þjöppumæl. Plötupróf Kröfur birtar
Engin ákvæði merkir að engar sérstakar kröfur eru gerðar og ekki er vísað í ákvæði í Alverki. Hraði valta almennt tilgreindur milli 3-6 km/klst. Tilgreint að ekki sé leyfð önnur umferð á burðarlagi en nauðsynleg vinnuumferð og byrja skuli útlögn fjærst námu. Hvert lag skal tekið út áður en vinna hefst við næsta lag og þess gætt að óhreinindi berist ekki inn á lagið.									

Hringvegur Grafarkot - Hraunsnef Efsti hluti fyllingar og styrktarlag lagt í einu lagi.

Reykjanesbraut Strandarh. - Njarðvík Krafist titurvalta og leiðbeint um lagþykkt og fjölda umferða fyrir 6-8 t valtara við alla þjöppun.

⁶ Í kafla 6 er umfjöllun um merkingu stærðarflokka steinefna

Á fimm þessara vegarkafla var krafist dreifara eða útlagningarvélar við útlögn burðarlags. Í öllum tilvikum var birt tafla fyrir fjölda yfirferða valta og var þjöppumælir á valta valkvæður í þremur útboðum en gerð krafa um þjöppumæli til að mæla þjöppun burðarlags á tveimur köflum. Auk þess var krafist plötuprófa á Reykjanesbraut og þar var skilyrt að meta skyldi fjölda yfirferða valta út frá mælingum með plötuprófi.

5.4 Efniskröfur

Í töflu 5.4.1 er gefið yfirlit yfir efniskröfur sem settar voru fram í sérverklýsingu. Í mörgum tilvikum voru engin sérstök ákvæði um efniskröfur og ekki vísað í kafla í Alverki '95. Í þeim tilvikum gilda almenn ákvæði Alverks '95, sem eru ófullnægjandi fyrir sprengt berg í styrktarlag og burðarlag. Sérstaklega vantar ákvæði í Alverk '95 um kornadreifingu fyrir sprengt berg og kornalögun sem ávallt er mikilvægt að setja fram kröfur um í útboðsgögnum þar sem þetta eru grunneiginleikar sem má hafa stjórn á með heppilegum vinnsluáðferðum. Ákvæði Alverks '95 eru einnig ófullnægjandi hvað varðar styrk og veðrunarþol en í sumum tilvikum lágu fyrir rannsóknir á hönnunarstigi á þessum eiginleikum (sjá töflu 5.5.1).

Tafla 5.4.1. Efniskröfur.

Vegarkafli	Lag í vegi	Fylling		Styrktarlag		Burðarlag		Slitlagsgerð og stærðaflokkur*
		Sáldurferill	Aðrar kröfur	Sáldurferill	Aðrar kröfur	Sáldurferill	Aðrar kröfur	
Þverárfjallsvegur Þverá - Skagavegur	Efra Neðra	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin krafa	Engin krafa	Engin krafa	K1 8-16 K1 8-16
Hringvegur Gljúfurá - Brekka	Efra Neðra	Engin ákvæði	Engin krafa	Steinefni 1	Engin ákvæði	Steinefni 1	LA ₂₀ , FI ₂₀ , F _{EC12}	K1 11-16 K1 11-16
Vestfjarðavegur um Svínadal	Efra Neðra	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Markalínur BUSL 2000	Alverk, kafli 53 Malað grjót	K1 11-16 K1 11-16
Djúpvegur Reykjanes - Hörtná	Efra Neðra	Alverk 24, 33.1, 34.1	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Markalínur BUSL skýrslu <3 % <0,063	Alverk, kafli 53 Malað grjót	K1 0-16 K1 0-16
Hringvegur Grafarkot - Hraunsnef	Efra Neðra	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Steinefni 1	Engin ákvæði	Steinefni 1	LA ₂₀ , FI ₂₀ , F _{EC12}	K1 11-16 K1 11-16
Djúpvegur Eyri - Svansvík	Efra Neðra	Alverk 24, 33,1; 34,1	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Engin ákvæði	Markalínur BUSL skýrslu <3 % <0,063	Alverk, kafli 53 Malað grjót	K1 0-16 K1 0-16
Reykjanesbraut Strandarh. - Njarðvík	Efra Neðra	Engin ákvæði	Engin ákvæði	<5 % < 0,063, Cu (D ₆₀ /D ₁₀) >10 eða CBR krafa	Enginn húmus	Markalína leiðb. G _p OC ₈₅ LF ₂ UF ₅ Cu > 10	Allir fletir brotflétir	S1 16 BNL 16

* K1 táknar klæðingu, S1 er slitlagsmalbik, BNL er bindilagsmalbik. LA táknar Los Angeles gildi (styrkleikapróf), FI táknar próf á kornalögun (flakiness index) og F_{EC} er frostþolspróf.

Engin ákvæði merkir að engar sérstakar kröfur eru gerðar og ekki er vísað í ákvæði í Alverki '95 í sérverklýsingu.

Þverárfjallsvegur Ákvæði um samþykki eftirlits á efnisgæðum.
Þverá - Skagavegur

Vestfjarðavegur Rannsóknir skuli gerðar á burðarlagsefni eftir prufumölun.
um Svínadal

Djúpvegur Gert ráð fyrir þvotti burðarlagsefna og klæðingarefna. Ákvæði um samþykki eftirlits á efnisgæðum.
Reykjanes - Hörtná

Reykjanesbraut Burðarlag skal vera púkkmulningur í einu 200 mm lagi. Velja skal brjóta sem henta til að ná hagstæðri kornalögun. Ákvæði um frostþolið burðarlag þ.e. <6,5 % > 0,075 mm sem er utan við birta kúrfu og 10 % yfirstærð sem er strangari krafa en birt kúrfa. Einnig ákvæði um styrk gagnvart völtun, viðnámshorn, lekt og stífni ef vafi sé hvort efnið sé púkkmulningur.
Strandarh. - Njarðvík

Á Reykjanesbraut var gerð krafa fyrir styrktarlag um hámark fínefna og lífrænna efna og lágmark C_u -stuðuls⁷. Fyrir burðarlag var í þrem tilvikum vísað í tillögur að endurskoðun á markalínum fyrir burðarlagsefni [BUSL 2000] og á tveimur köflum á Djúpvegi var auk þess sett fram krafan 3 % um hámark fínefna. Á Reykjanesbraut voru kröfur um sáldurferil í samræmi við tillögur í leiðbeiningariti Vegagerðarinnar [VG 2010]. Aðrar kröfur til burðarlags voru í tveimur tilvikum úr sama leiðbeiningariti og fyrir Reykjanesbraut var gerð krafa um brothlutfall og hámark C_u -stuðuls. Fyrir aðra vegkafla var tilvísun í Alverk '95 látin nægja.

Í útboðsgögnum fyrir Reykjanesbraut voru einnig ákvæði um ýmsar mælingar á styrk, stífni, viðnámshorni og lekt burðarlags í þeim tilvikum er vafi kynni að vera á hæfi efnisins.

5.5 Yfirlit yfir efnisrannsóknir

Í töflu 5.5.1 er yfirlit yfir niðurstöður þeirra steinefnarannsókna sem birtar voru í útboðsgögnum fyrir kaflana sem hér eru til umfjöllunar.

Tafla 5.5.1. Yfirlit yfir efnisrannsóknir á hönnunarstigi.

Vegarkafli	Náma/skæring	Berggerð-Ásýnd bergs		Berggæði			Viðl. %	Notkun
		Berggr. % 3. fl.	Kornal. FI gildi	Styrkur	Frostþ.	Slitþol		
				LA gildi	%	Kúlnakv.		
Þverárfjallsvegur Þverá - Skagavegur	Náma H st. 11750	Borað var á námusvæðinu en engar rannsóknir gerðar á steinefnum						Bl, St, F
	Skæringar	Verktaka ætlað að rannsaka berg í skæringum við st. 11800 og st. 17080-17220 með tilliti til notagildis						Bl? St? F
Hringvegur Gljúfurá - Brekka	Kólás	0		14	7,8-8,3	30,2	70-85	Bl, St, F
	Stóra Gröf	0			4			St, F
	Brekkuþef	0		16,6	1	16,4	100	Bl, Kl
Vestfjarðavegur um Svínadal	Ásgarður, náma A	Borað var á námusvæðinu en engar rannsóknir gerðar á steinefnum Verktaka ætlað að rannsaka efnið eftir mölun						Bl, Kl.
	Náma F v/ Gilsfjörð	Engar niðurstöður rannsókna birtar í útboðsgögnum						Bl, Kl
Djúpvegur Reykjanes - Hörtná	Hörtná, náma D	2		14,8		17,5	95	Bl, Kl.
	Skæring st. 21400 utan Laufskálaeyrar	0		36,1	6,2			Bl, Kl.
	Náma F st. 29190	Engar niðurstöður rannsókna birtar í útboðsgögnum						F
Hringvegur Grafarkot - Hraunsnef	Skæringar í hraun			28,8				St, F
	Brekkuþef	0		16,6	1	16,4	100	Bl, Kl, St
Djúpvegur Eyri - Svansvík	Berggangar st. 3950	Engar rannsóknir gerðar á steinefnum Verktaka ætlað að rannsaka efnið eftir sprengingu og mölun						Bl, Kl.
	Skæring st. 12350	Engar rannsóknir gerðar á steinefnum Verktaka ætlað að rannsaka efnið eftir sprengingu og mölun						Bl, Kl.
Reykjanesbraut Strandarh. - Njarðvík	Kúagerði	0	12,7-23,1**	22,7-26,9				Bl
	Skæringar við þrenn vegamót*	Engar niðurstöður rannsókna birtar í útboðsgögnum						St, F
	Vogaheiði við Grindavíkurveg	0-1		29,5-33,2				St, F

* Grindavíkurvegamót, Njarðvíkurvegamót og Stapahverfisvegamót.

⁷ C_u -stuðull steinefnis; hlutfallið d_{60}/d_{10} þar sem d_{60} táknar möskvastærðina í (ímynduðu) sigti sem nákvæmlega 60 % steinefnisins smjúga. Á tilsvarendi hátt táknar d_{10} möskvastærðina í (ímynduðu) sigti sem nákvæmlega 10 % steinefnisins smjúga.

** Malað í kjaffbrjót á NMÍ sem gefur mikla flögun. Eftir mölun 0/32 á verkstað var FI=13,6 og LA=23,1.

Skýringar á skammstöfunum: Bl: Burðarlag, st: stöð, St: Styrktarlag, Kl: Klæðing, F: Fylling.

Einnig voru birtar kornakúrfur fyrir Hörtná, skæringu við stöð 21400 og Kúagerði.

? merkir að ekki voru gerðar nægilegar rannsóknir á hönnunarstigi til að sannreyna hvort efnið væri hæft í Bl og St.

Engar rannsóknir voru gerðar á steinefnum á hönnunarstigi við undirbúning Þverárfjallsvegur, Vestfjarðarvegur og Djúpvegur milli Eyra og Svansvíkur. Verktaka var við byggingu þessara vegkafla ætlað að framkvæma rannsóknir á verk tíma að undangenginni þrúfumölun. Fyrir önnur verk lá yfirleitt fyrir berggreining auk einhverra rannsókna á berggæðum fyrir styrktarlagsefni, burðarlagsefni og slitlagsefni. Auk þess voru niðurstöður viðloðunar birtar fyrir tvo vegkafla. Niðurstöður fyrir kornalögun lágu einungis fyrir við endurútböð Reykjanesbrautar og þar af var ein mæling gerð eftir mölun á verkstað.

5.6 Reynsla og verktilhögun við uppbyggingu vegkaflanna

Upplýsingarnar hér á eftir eru m.a. fengnar frá eftirlitsmönnum Vegagerðarinnar og úr rannsóknakerfinu. Árangurs- og eftirlitsdeild hefur gert úttekt á tveimur köflum þ.e. Vestfjarðavegi um Svínadal og Djúpvegi, Eyri – Svansvík og hefur einnig yfirlit þrjú vegkafla þ.e. Þverárfjallsveg, Vestfjarðaveg og Reykjanesbraut. Hér á eftir er birtur úrdráttur úr gögnum Árangurs- og eftirlitsdeildar um áður nefnda vegkafla.

Jarðtæknideild gróf í Þverárfjallsveg sumarið 2009 og fylgja hér með helstu niðurstöður þeirrar rannsóknar. Haraldur Sigursteinsson og Þórir Ingason skoðuðu í maí 2006 skemmdir á Hringvegi, Gjúfurá – Brekka og eru upplýsingar úr minnisblaði þeirra í umfjöllun um vegkaflann. Mjög lítið af gögnum liggja fyrir um úttekt eftirlits á gæðum vegar t.d. lagþykktum og efnisgerðum á hverjum stað, þjöppun og sléttleika vega, hvorki frá eftirlitsmönnum né frá Árangurs- og eftirlitsdeild.

Í umfjölluninni eru allar viðmiðanir við kröfur samkvæmt leiðbeiningariti um „Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd“ en ekki við kröfur úr verklýsingu viðkomandi verks. Það er því ekki vísað í ærið misjafnar og takmarkaðar kröfur úr útböðsgögnum sem eru í töflu 5.4.1.

Kröfur um ýfi (IRI gildi) eru tillögur sem eru í viðhaldsstaðli vega sem var ritaður árið 2005.

5.6.1 Þverárfjallsvegur, Þverá - Skagavegur

Verklok voru árið 2002. Árið 2009, um 7 árum eftir að vegurinn var byggður, var yfirbygging hans þ.m.t. klæðingin og burðarlagið víða orðin mjög mikið skemmd og þurfti því að setja öxulþungatakmarkanir á veginn. Raunar höfðu komið fram talsverðar skemmdir á veginum þegar árið 2003 og var vegurinn þá orðinn mjög ósléttur og þarfnaðist viðhalds.

Efnisgerðir styrktarlags og burðarlags voru þær sömu sem ráðgerðar voru við hönnun þ.e. óunnið berg í styrktarlag úr nokkrum skæringum en 0-25 mm burðarlag ofan á 0-64 mm burðarlagi úr námu H. Lagþykkt efri hluta burðarlags var einungis 50 mm en neðri hluta 150 mm.

Á verk tíma voru gerðar nokkrar sáldurgreiningar á námu H en úr sprengdu bergi í námunni var unnið steinefni í burðarlag og klæðingu. Efnið í báðum hlutum burðarlagsins og í klæðingarfninu var mjög flögótt en ekki var gerð rannsókn á kornalögun. Engar rannsóknir voru gerðar á berggæðum efnisins þ.e. styrk, veðrunarþoli og slitþoli en þar sem slíkar rannsóknir voru ekki gerðar á hönnunarstigi (einungis var borað í námusvæðin) var verktaka ætlað að rannsaka efnið á verk tíma. Steinar í klæðingarefni voru mjög fínefnasmurðir.

Niðurstöður rannsókna á efri hluta burðarlags voru að fínefnahlutfall (<0,063 mm) allra sýna var innan við 5 % en hlutfallið var mjög breytilegt frá 0,7-4,9 %. Hlutfall sands (< 4 mm) var á bilinu 19-41 % en þarf að vera að lágmarki 29 % og var um helmingur sýna undir þeim mörkum. Hlutfall í 3. flokki berggreiningar var á bilinu 1,4-23 % og er hæsta gildið yfir kröfumörkum.

Niðurstöður rannsókna á neðri hluta burðarlags voru að fínefnahlutfall (<0,063 mm) allra sýna var innan við 5 % en hlutfallið var mjög breytilegt frá 0,7-5 %. Hlutfall sands (< 4 mm) var einnig mjög breytilegt á bilinu 3,5-20,4 % en þarf að vera að lágmarki 14 % og var meirihluti sýna undir þeim mörkum.

Klæðingarefni mældist með 50-75 % viðloðun.



Mynd 5.6.1. Þverárfjallsvegur sumarið 2009.

Niðurstöður rannsókna benda til mikils breytileika efnisins og er hugsanlegt að hann skýrist að nokkru leyti af aðskilnaði í efnishaugum og röngum aðferðum við sýnatöku. Sýni eru oft tekin utan og neðan til úr haugum og þar hættir grófa hluta efnisins við að safnast saman og að sama skapi er þar hlutfallslega minna af millistærðum og fínefnum ef ekki er viðhöfð fyllsta aðgát við haugsetninguna. Í hluta sýna var mikil vöntun á millistærðum m.a. sandstærðum og var mikið af efninu í neðri hluta burðarlags með um 80 % yfir 16 mm kornstærð.

Nokkuð bar á aðskilnaði í burðarlagsefninu við útlögn og við völtun á 0-25 mm efninu mynduðust harðar skánir sem reyndist erfitt að rífa upp þar sem þykkt efri hluta burðarlagsins var aðeins 30-60 mm. Veður var mjög óhagstætt með miklum haustrigningum þegar burðarlagið var lagt út. Bætt var við neðra lagið til afréttingar þar sem erfitt reyndist að jafna það í réttar hæðir vegna grófleika. Þjöppun var ekki mæld í verkinu. Ljósmyndir af veginum sýna að burðarlagið er skemmt á stórum köflum vegarins.

Umsjónarmaður telur að reynsluleysi eftirlits og verktaka sé að nokkru leyti um að kenna. Hann taldi að líklega hefði þurft að þvo allt burðarlagsefnið og klæðingarefnið en ekki var vatn til staðar. Einnig hefði þurft að bæta kornalögun með því að velja viðeigandi vinnsluáferðir. Efnið úr námunni var að hluta til fínefnasmurt og mynduðu fínefni harða skán á yfirborði en á

milli var efnið opið sem olli því að vegurinn varð strax ósléttur. Burðarlagið var óvarið undir vinnuumferð og almennri umferð áður en klæðingin var lögð. Þá var umferðin búin að flokka efnið; komnar voru fínefnarastir og fínefnaflekkir harðir og sléttir. Burðarlagið var ekki rifið upp aftur áður en klæðing var lögð heldur var aðeins strokið yfir yfirborðið til sléttunar og klætt yfir. Bindiefnið rann sumsstaðar niður í gróf hreiður en annarsstaðar, sérstaklega í hjólförum var undirlagið þétt. Klæðingin var þess vegna bæði óslétt og mislit enda sumsstaðar bundið klæðingarefni en annars staðar meira eða minna bundið efra burðarlag. Æskilegt hefði verið að djúphefla veginn og velta efninu svo það blandaðist sem best en lagþykkt efri hluta burðarlags var of lítil til að það væri hægt.

Ýfímælingar sem gerðar voru á Þverárfjallsvegi sumarið 2005 sýna að vegurinn er langt frá því að standast kröfur fyrir IRI gildi. Kröfurnar eru að 90 %/50 % yfirborðs vegarkafla skuli fullnægja kröfunni IRI 4/2,1 en í reynd eru 90 % kaflans undir gildinu 4,49 og 50 % kaflans undir gildinu 3 og eru gildin því allt of há.

Jarðtæknideild Vegagerðarinnar gróf í veginn sumarið 2009 og er eftirfarandi lýsing samantekt á þeirri rannsókn. Þykkt efri hluta burðarlags er á bilinu 30-60 mm og þar undir í neðri hluta burðarlags er efni sem skilgreint er 0-64 mm. Nokkuð er um yfirstærðir í efninu og virðist sem að á hluta vegarins hafi verið notað forbrotið efni 0-100 mm í neðri hluta burðarlags. Þær kornakúrfur sem lágu fyrir sýna ekki óvenju hátt fínefnahlutfall þó svo að nokkrar séu við efri mörk. Skemmdir koma fram þó svo að vegurinn sé á hárrí fyllingu þannig að grunnvatn ætti ekki að hafa afgerandi áhrif á slíkum stöðum. Skemmdir eru mest áberandi í miðju vegar. Þetta getur hugsanlega átt rætur til framkvæmdarinnar en það skal haft í huga að álagið verður mest um miðbikið á svo mjóum vegi sem þarna er um að ræða. Það er því mjög líklegt að niðurbrot í þunnu efra burðarlaginu, 0-25 mm efninu, sé verulegt. Það má þó einnig tengja saman svæði þar sem skemmdir eru samfelldar og aðstæður þar sem vatn stendur hátt við veg eða vatn streymir undir veginn og út úr fláum hans. Það getur því vel gerst að vatnstaða verði óeðlilega há í veginum að vetri til. Vatn og fínefni er ekki góð blanda í vegi. Bergið sem notað var í efra burðarlag er mjög breytilegt. Hluti bergsins er sterkt og gott efni en annað molnar niður undan litlu álagi.



Mynd 5.6.2. Efni úr neðri hluta burðarlags.



Mynd 5.6.3. Breytileg berggæði.

5.6.2 Hringvegur, Gljúfurá – Brekka 2004

Verkið var unnið á árunum 2004-2005.

Efnisgerðir og lagþykktir voru í samræmi við útboðsgögn. Eingöngu var notað efni úr klapparnámum í fyllingar, styrktarlag og burðarlag. Allt berg í styrktarlag og burðarlag var malað.

Styrktarlag var unnið (forbrotið) úr bergi í námunni Kolási en burðarlag var unnið í Brekkunefi. Fyrirhugað hafði verið að vinna efni í neðri hluta burðarlags í Kolási en þar sem efni sem malað var í námunni, reyndist ónothæft og fór í „döðlur“ eins og verkstjórinn orðaði það var efni í burðarlag ekki unnið í Kolásnámu. Á verktíma var lagt það mat á unnið berg frá Stóru Gröf að það væri einungis hæft sem fyllingarefni en fyrirhugað hafði verið að kanna hvort hægt væri að vinna berg þaðan í styrktarlag.

Gögn um efnisrannsóknir aðkeypts eftirlits finnast ekki en í rannsóknakerfi Vegagerðarinnar eru eftirfarandi niðurstöður rannsókna, sem líklega voru gerðar á sýnum sem eftirlitsmaður sendi til Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins (Rb, nú Nýsköpunarmiðstöð Íslands, NMÍ). Engar sáldurgreiningar NMÍ frá þessum tíma hafa verið skráðar í rannsóknakerfið. Niðurstöður rannsókna eru þær að LA gildi eru svipuð og á hönnunarstigi og standast bæði Kolás og Brekkunef kröfur til styrkleika burðarlagsefnis. Hinsvegar er slitþol og sérstaklega frostþol malaðs bergs frá Kolási mun lakara en það sem mældist á hönnunarstigi og er efnið langt frá því að standast kröfur til frostþols fyrir burðarlagsefni. Malað efni frá Brekkunefi stenst hinsvegar kröfur til burðarlags þó að frostþol mælist nokkru lakara en á hönnunarstigi. Einungis annað sýnið frá Brekkunefi stenst kröfur um slitþol og viðloðun fyrir klæðingarefni en efnið var samt notað í klæðingu. Grænt leirlag / millilag kom víða fram í námunni og þurfti að taka tillit til þess við vinnslu efnis.

Tafla 5.6.1. Efnisrannsóknir á verktíma.

Staður og merking sýnis	Berggreining			Styrkur	Slitþol	Veðrunarþol	Viðloðun
	1. fl %	2. fl %	3. fl %	LA-gildi %	Kvarnar- gildi %	Frostþol %	Þakning %
Kolás – Rb 2004/95	0	88	12	14,6	34,4	31	49
Brekkunef – Vg 2005/36	Kornadreifing: Fínefni 1,3 %; 11,5 % < 4 mm, C _u =5. Kúrfan er því of fínefna- og sandsnauð þ.e. vantar um 18 % meiri sand. Klæðingarefni mældist með FI stuðul 17,6.						100
Brekkunef – Rb 2005/355				15,2/17	13,5/19,3	0,8/11,7	49/100
Brekkunef – Rb 2005 Rb 493							99/99

Umferðin fór um hjáleidir meðan á verkinu stóð, og þurfti því ekki að setja „mýkingarefni“ ofan á forbrotið efni í neðra burðarlagi til að halda því færu. Allt styrktarlag og burðarlag var lagt út með Jerseydreifara. Þjöppun var ekki mæld.

Sig kom fram í veginum um miðjan ágúst 2005, fyrst og fremst á tveim köflum, öðrum rétt ofan við Borgarfjarðarbraut og hinum í Kolásbrekku. Mælingarmaður verktaka mældi sigsvæðin upp.

Fyrirnefnda svæðið var þar sem byggt var á og við gamla veginn á múndirstöðu. Eftirlitsmaður taldi að mögulega hefði þurft að skera betur út frá nýja veginum við lögn efra burðarlags og klæðingar, þ.e. þar sem vegir krossa. Mögulegt er að einhver snjór hafi verið í fyllingum við

vinnu í janúar - febrúar 2005. Gamli vegurinn var rippaður á köflum vegna frosins yfirborðs, og frostköggjum spyrnt út úr vegsvæðinu. Aðalverkstjóri verksins var í frí á þessum tíma.

Kaflinn í Kolásbrekku var siginn, mest á miðjum veginum en ekki samfellt, breidd 2-3 m. Rétt norðan við ræsi, stöð 2092, er sigið þó nánast þvert yfir veginn. Á þessum kafla eru talsverðar fyllingar mest um 5 m háar. Gamli vegurinn er undir hægri vegfláa að hluta að stöð 2120. Langs undir vegi er skurður, yfirleitt undir miðjum veginum. Eftirlitsmaður telur ekki líklegt að snjó eða klaki hafi verið í fyllingunni, allt efni úr klapparnámu og ekki bar á klaka eða snjó í námunni. Þó er auðvitað hætt á að „verra“ efni geti farið út úr námu, t.d. ofanafýting. Þegar fyllt var yfir mýri í frosti (talsvert frost var á tímabili í nóvember og desember 2004) könnuðu verkstjóri og eftirlitsmaður þykkt klaka í mýrinni með því að reka niður stáltein; að jafnaði var yfirborð nánast ófrosið.

Fyllt var í skurði samkvæmt útbodslýsingu, mold var mokað í skurði og þjappað með gröfu (beltum) eða barið niður með skóflu; dúkur svo lagður yfir. Mögulegt er að þetta hafi ekki tekist sem skyldi og eitthvað af siginu hafi myndast vegna þessa. Eins má kannski gagnrýna þessa aðferð og færa rök fyrir því að einnig hefði átt að setja burðarmeira efni (grjót, grjótmylsnu) í skurði. Farg var sett á að vetrarlagi og því mögulegt að sig komi ekki fram strax.

Ræsi við stöð 2092 var grafið niður í fyllingu (og undirstöðu), þ.e. búið var að keyra út nokkuð af fyllingu þegar ræsið var sett niður. Þetta var unnið skömmu áður en fylling var fullgerð og farg sett yfir. Leiða má að því líkur að þjöppun hafi ekki verið nægjanleg við lögn ræsisins. Eins er fróðlegt að spá í hvort drulla ofan við ræsið (þ.e. ofar í brekkunni) hafi lekið inn í grjótið umhverfis ræsið. Líklega má segja að sig þvert á veg rétt við ræsið sé gamaldags ræsaþopp.

Umsjónarmaður telur að mestar líkur séu á að sigið á þessum kafla sé í undirstöðu vegarins en ekki í efri lögum. Síukröfur milli laga ættu ekki að vera vandamál, í fyllingu er grjót, í styrktarlagi forbrotið efni 0-100 mm og loks burðarlag með 0-53 mm og 0-25 mm möluðu efni.

Almenn umferð var ekki á vinnusvæðinu við lagningu klæðingar. Efra lag burðarlags (0-25 mm) var nokkuð opið eftir heflun og mögulegt er að vantað hafi fínefni í yfirborð burðarlags. Eftirlitsmaður hefur nokkrar áhyggjur af því að nota flokkað efni 11-16 mm í neðra lag klæðingar; í fyrsta lagi ætti það að vera óþarft og í öðru lagi má leiða að því líkur að fínefni vanti í lagið sem myndast í yfirborði efri hluta burðarlags og neðra lags klæðingar. Ef hreiður myndast í efri hluta burðarlags er mjög erfitt að ná þjöppun og jafnvel sléttleika. Sigurjón heitinn klæðingarverkstjóri á Akureyri lét gjarnan dreifa klæðingarefni (0-16 mm) yfir efra burðarlag á köflum ef honum leist ekki á hve opið efra burðarlagið var. Gróft yfirborð burðarlags skapar óslétta klæðingu, því klæðing sléttar ekki það yfirborð sem lagt er á; getur jafnvel ýkt ósléttleikann.



Mynd 5.6.4. Hringvegur, Gljúfurá – Brekka. Myndin er tekin í maí 2006.

Í minnisblaði Haraldar Sigursteinssonar og Þóris Ingasonar frá árinu 2006 er sagt annars vegar að yfirborðið virki almennt óslétt og hins vegar eru staðbundnar skemmdir, ýmist sigskemmdir eða yfirborðsskemmdir. Álitið er ekki byggt á steinefnarannsóknum þar sem þær lágu ekki fyrir. Þeir nefna m.a. eftirfarandi ástæður:

- Óslétt yfirborð má hugsanlega rekja til efnisins sem notað er. Burðarlagsefni er fremur flögótt og hugsanlega skorti fínefni (millistærðir) í það.
- Staðbundnar yfirborðsskemmdir megi sumar rekja til snjóruðningstækja en aðrar hugsanlega til þess að aðskilnaður hafi orðið í burðarlagsefninu (0-25 mm) við útlögn.
- Ástæður staðbundinna sigskemmda verði tæpast raktar til sigs í undirstöðu (þetta álit stangast á við álit umsjónarmanns Guðmundar Rafns Kristjánssonar hér að ofan). Til þess séu sigskemmdirnar of staðbundnar. Orsaka þessara sigskemmda sé því að leita í uppbyggingunni, líklegast í fyllingunni eða styrktarlaginu. Hugsanlega hafi verið fyllt með frosnu efni eða snjókögglum. Hugsanlega megi rekja sigið til vandamála með styrktarlagið (0-100 mm efnið).

5.6.3 Vestfjarðavegur um Svínadal

Verkið var unnið á árunum 2005-2006.

Fylling var gerð úr skæringum meðfram vegi og úr námu C við Norðurhóla og einnig námu D við Drífandagil. Efnið, sem er setefni, reyndist ekki vel þegar unnið var um veturinn og var oft illfært um vinnusvæðið sökum þess að efnið hafði engan burð vegna rakainnihalds. Það var reynt að nota bergið úr Surtabrandshlíð í efsta lag fyllingar en það var það lélegt að það molnaði niður við vinnu á tipp og þjöppun, þurfti þá stundum að keyra út styrktarlagsefni til að umferð kæmist um vinnusvæðið.

Styrktarlagið var tekið úr malarnámu við Leysingjastaði. Einnig var notað berg úr skæringu neðan við Jónsvað ásamt forbotinni mól frá Brekkúá. Ákveðið var á verktíma að heimila 10 % yfirstærðir í 100 mm efninu og að mesta kornastærð yrði 140 mm.

Burðarlag var unnið á tveimur stöðum þ.e. úr bergnámu við Ásgarð og úr grjótlager við Gilsfjörð og gekk það eins og ætlað var.

Þjöppun var hefðbundin; notaður var 13 tonna sjálfkeyrandi Bomag, ekki voru gerðar prófanir á þjöppun en reynt var að fá mælistaf þann sem er til hjá Vegagerðinni í Reykjavík en án árangurs.

Gerðar voru sáldurgreiningar á verktíma af efni í efri hluta burðarlags sem var malað úr bergi frá Ásgarði og voru fínefni (<0,063 mm) 2,2-4,5 % sem er innan marka og sandhluti (< 4 mm) 12,6 – 31 % og er seinna gildið innan marka en í fyrra sýninu vantar millistærðir í efnið. Hlutfall bergbrigða í 3. fl. berggreiningar mældist 5 %, kvarnargildi 14,4 % og kornalögun (FI gildi) 19,8 % og eru öll þessi gildi innan kröfumarkna.

Efni í neðri hluta burðarlags (eitt sýni) frá Gilsfjarðarnámu mældist með 1,9 % fínefni en sandhlutfall var einungis 8 % þannig að það vantaði millistærðir í efnið.

Klæðingarefni frá Ásgarði (0/16 mm) mældist með 4,1-4,6 % fínefni. Óflokkað efni náði ekki nægilegri viðlöðun fyrir en eftir þvott en flokkað efni mældist með 100 % viðlöðun.



Mynd 5.6.5. Vestfjarðavegur um Svínadal.

Í gæðaúttekt Árangurs- og eftirlitsdeildar er tekið fram að efnisrannsóknir hafi verið gerðar á klæðingar- og burðarlagsefnum og að efnið hafi staðist kröfur. Í vettvangsskoðun að verki loknu var matið að klæðing líti vel út en að sléttleiki sé á köflum ekki nægilega góður.

Ýfímælingar gerðar á Vestfjarðavegi á Svínadal sumarið 2007, sýna að yfirborð vegarins stenst kröfur fyrir 90 % IRI gildi en er langt frá því að standast 50 % gildið. Kröfurnar eru að 90/50 % yfirborðs vegarkafli skuli fullnægja kröfunni IRI 4/1,8 og eru 90 % kaflans undir gildinu 3,79 og 50 % kaflans undir gildinu 2,63.

5.6.4 Djúpvegur, Reykjanes - Hörtná

Vegurinn var byggður á árunum 2007-2009.

Bergskæringar í vegstæði voru um 340.000 m³ og er mestallt efnið í veginum úr þessum skæringum og úr tveimur bergnámum Laufskálaeyri og námu J. Undantekningalítið var sett óunnið berg beint upp í hæð efra borðs styrktarlags. Undantekning er í kafla 28 stöð 0,1-0,5 þ.e. fyllingin yfir Reykjarfjörð austan við Reykjarfjarðarbrú. Þar var notað leirkennt efni úr námu ofan við Laufskálaeyri (ónúmeruð ca. 500 m innan við nr. 6330204) í efri lög fyllingar. Þessi náma var opnuð sérstaklega fyrir þetta verk. Einnig eru stærstu fyllingar ekki að öllu leyti úr bergskæringum, eins og stóra fyllingin á Vatnsfjarðarhálsi kafla 27 stöð 7,90. En samt eins farið að þar í efri lögum og sett beint upp í efri mörk styrktarlags. Á nokkrum stöðum var ekki gætt nægilega að hæð yfirborðs styrktarlags, sem leiddi til 100-150 mm of þykks afréttingarlags. Verktakinn vildi meina, að meira sig hafa orðið á þessum stöðum en öðrum. Staðirnir eru á Reykjanesi, Sveinhúsnesi og austanverðum Vatnsfjarðarhálsi.

Einu rannsóknirnar á verktíma voru nokkrar sáldurgreiningar á klæðingarefni og burðarlagsefni.

Klæðingarefnið mælist með 3,3-5,1 % fínefni (<0,063) í 0-16 mm efni en krafan er að mest 4 % fínefni skuli vera í efninu.

Efri hluti burðarlags mælist með á bilinu 2,8-5,6 % fínefni en krafan er að mest 5 % fínefni skuli vera í efninu. Sandhlutfall (< 4 mm) mælist á bilinu 11,7-29,7 % en þarf að vera að lágmarki u.þ.b. 29 % þannig að það vantar millistærðir í efnið.

Neðri hluti burðarlags mælist með 2,8 – 5,8 % fínefni sem er vel innan marka. Sandhlutfall mældist 9,6 – 30,3 % en þarf að vera að lágmarki u.þ.b. 19 %.

5.6.5 Hringvegur, Grafarkot - Hraunsnef.

Vegurinn var byggður á árunum 2007-2009.

Efnisgerðir og lagþykktir voru í samræmi við hönnun nema 0-100 mm efnid í styrktarlagi var lagt út í 400 mm lagþykkt en ekki 250 mm þykkt eins og útboðsgögn gerðu ráð fyrir. Allt efni í styrktarlag, burðarlag og klæðingar var unnið í bergnámunni Brekkunefi. Grænt leirlag / millilag kom víða fram í námunni og taka þurfti að tillit til þess við vinnslu efnis.

Á framleiðslustigi við Brekkunef voru gerðar sáldurgreiningar af 15 sýnum af 0-25 mm burðarlagsefni og 9 sýnum af 0-64 mm burðarlagsefni en einungis af 3 sýnum af 0-100 mm styrktarlagsefni. Fínefnahlutfall var að mestu innan marka í sýnunum nema að í þremur sýnum af 0-25 mm efni var hlutfall fínefna of hátt eða á bilinu 5,1 – 6,3%. Of lítið var af millistærðum (sandi) í 9 sýnum af 0-25 mm efni og var sandhlutfall (< 4 mm) á bilinu 15,4 – 40,6% en þarf að vera um 30%. Fjögur sýni af 0-64 mm efninu voru með of lágt hlutfall millistærða og var sandhlutfall á bilinu 4,7 – 26,4% en þarf að vera um 14%. Ekkert sýni af 0-64 mm burðarlagsefni náði efri flokkunarstærðinni þ.e. 64 mm. Engar rannsóknir aðrar en sáldurgreiningar voru gerðar á framleiðslustigi á steinefni við Brekkunef.

Umferðin fór um hjáleiðir meðan á verkinu stóð og því þurfti ekki að setja „mýkingarefni“ ofan á forbrotið efni í styrktarlagi til að halda vegi færum. Allt styrktarlag og burðarlag var lagt út með Jerseydreifara. Þjöppun var ekki mæld.

5.6.6 Djúpvegur, Eyri – Svansvík

Vegurinn var byggður á árunum 2007-2008.

Í þessu verki voru bergskæringar u.þ.b. 160.000 m³ og er vegurinn er að mestu gerður úr sprengdu bergi. Þar sem mikið grjót féll til úr skæringum var ljóst að sama efnið yrði notað í fyllingu og styrktarlag, nema hvað steinastærð fyllinga væri ívið meiri. Því var fljótlega ákveðið að fara beint upp í hæð efra borðs styrktarlags með sprengigrjóti án sérstakrar úttektar á sléttleika fyllingarlags. Almenn var grjót flokkað í rofvörn, fyllingu og styrktarlag og einnig sérstaklega í efra burðarlag og klæðingar þegar hæft grjót fannst. Reiknað var með í gögnum að mala klæðingarefni og efra burðarlag úr skæringu í kafla 27 stöð 8,35. Það var ekki gert. Fyrir neðan Bjarnastaði kafla 27 stöð 5,7 og á milli Eyrarfjalls og Eyrar kafla 27 stöð 1,0 fannst ágætt efni. Það var talið heppilegt bæði vegna þess að efnið þótti gott og vegna nálægðar við mölunarstað sem var við Svansvík.

Í útboðsgögnum var þess krafist að stærsta steinastærð yrði hvergi meiri en 50 % lagþykktarinnar en að verktaka væri heimilt að nýta grófara efni, en yrði þá að þykkja lagið í 650 mm eða meira og tryggja að stærstu steinar yrðu ekki stærri en svarar 2/3 af þeirri lagþykkt. Gætt var vel að því að nota ekki of stórt grjót og ekki heldur lagt of þykkt lag í einu þó heildarlagið hafi víðast verið þykkara en 650 mm þar sem því varð við komið því vissulega var sumsstaðar verið að hækka eldri veg lítilliga og þar af leiðandi ekki hægt að þykkja (nema með uppúrtekt, sem ekki var gert). Á þessum „þunnu stöðum“ þurfti sérstaklega að gæta að því að nota smátt grjót, en annars staðar var miðað við 0,5 m lög og ekki þykkari en 0,6 m lög í einu í fyllingu og síðan ekki stórt grjót í efsta lagið, þ.e. styrktarlagið.

Náma A Gervidalur er fast við veginn í stöð -450. Náman er í mel og er efnið nothæft í styrktarlag og gott til finni afréttinga á styrktarlagi úr sprengdu grjóti. Þetta var gert en hins vegar jókst bergskæring í vegstæði verulega og þar af leiðandi þótti það mjög gott að nota sprengigrjót í fyllingar og eru þær að lang mestu leyti úr sprengdu grjóti.

Sprengrjóti var tippað út með ýtu í um 50 mm yfirhæð. Síðan var þetta þjappað og eftir það var sett 50 mm afréttingarlag úr Gervidalsnámu (náma nr. 17707).

Þess var gætt að valtararnir völtuðu rækilega. Valtarar voru með þjöppumæli. Eftirlit fór reglulega yfir það með þeim og fylgdist með hvað mælirinn sýndi. Ekki eru til útprentanir frá völturum.

Það sem skiptir helst máli, að mati eftirlits, er að flokka grjótið vel og að vanir, upplýstir menn vinni við ámokstur og á tipp og síðan sé vel valtað. Einnig að menn hugi vel að sprengingum, stjórnri steinastærðum og geri áætlun miðaða við efnisþörf.

Þetta gekk vel að mati eftirlits sem trúir því að hér sé um sterkan veg að ræða sem muni endast vel; tíminn muni þó leiða það í ljós.

Einu rannsóknirnar á verktíma voru nokkrar sáldurgreiningar á klæðingarefni og burðarlags-efni.

Klæðingarefnið mælist með 3,6-4,1 % fínefni (<0,063) í 0-16 mm efni en krafan er að mest 4 % fínefni skuli vera í efninu.

Efri hluti burðarlags mælist með á bilinu 2,5 – 6,8 % fínefnum en krafan er að mest 5 % fínefni skuli vera í efninu. Sandhlutfall (< 4 mm) mælist á bilinu 22,5-41 % en þarf að vera að lágmarki u.þ.b. 29 %. Öll sýni nema tvö voru nokkuð undir þeim mörkum þannig að það vantar millistærðir í efnið. Ekkert sýni var til af neðri hluti burðarlags.

Árangurs- og eftirlitsdeild gerði úttekt á verkinu og eru helstu niðurstöður eftirfarandi:

- Engin gögn um efniseiginleika er að finna í útboðsgögnum og engar upplýsingar um það hvort og þá hvaða rannsóknir hafi verið gerðar á efni í námum.
- Engin fyrirmæli eru um það hvaða rannsóknir eigi að gera á verktíma og markalínur passa ekki fyrir 0-25 mm og 0-53 mm efni.
- Í vettvangsskoðun voru engar athugasemdir gerðar við yfirborð klæðingar.
- Eina athugasemdin um efnismál er að á köflum beri á nokkuð á lélegu grjóti í sjávarvörn og er hluti af grjótinu strax byrjað að molna.

5.6.7 Reykjanesbraut, Strandarheiði - Njarðvík

Lokið var við verkið árið 2008. Fyrri verktaki hafði orðið gjaldþrota og því var verkið boðið út aftur í mars 2008 með breyttum kröfum fyrir burðarlag sem tóku mið af leiðbeiningum Vega-gerðarinnar um efnisrannsóknir.

Efnisgerðir og lagþykktir voru að mestu í samræmi við útboðsgögn. Í fyllingu er óunnið berg og hraun. Ákvæði um steinastærð styrktarlags miðaðist í útboðsgögnum við 2/3 hluta lagþykktar en ákvörðun var tekin á verktíma um að vinna styrktarlag í stærðina 0-150 mm. Burðarlag er 0/63 mm efni í 200-250 mm þykku burðarlagi en þykktin hafði verið ákveðin 200 mm á hönnunarstigi. Ástæða fyrir því að lagið varð sumsstaðar þykkara er að fyrri verktaki skilaði styrktarlagi ekki í rétta hæð og var ákveðið að rétta veghæð af með burðarlagsefni. Efra lag malbiks er S1 16 mm úr Durasplitt steinefni og neðra lag BNL 16 úr steinefni frá Hólalbrú.

Innra eftirlit verktaka með verkinu var unnið á skipulegan hátt samkvæmt útgefnu gæðaskipulagi verksins sem fól m.a. í sér að gefnar væru út svonefndar frábrigðaskýrslur þ.e. þegar vara eða verk er ekki í samræmi við kröfur. Einnig var gerð gæðastýringaráætlun. Miðað við metnaðarfullt upplegg fyrir eftirlit virðast mjög fáar steinefnarannsóknir hafa verið framkvæmdar á steinefnum í burðarlag og nær engar á styrktarlagsefni. Engar rannsóknir eru til af kornalögun steinefna á framleiðslustigi. Engar frábrigðaskýrslur voru gefnar út vegna steinefna. Verktaki

sem tók við verkinu (Ístak) segir að rannsóknaniðurstöður fyrri verktaka hafi glatast eftir gjaldþrot hans.

Rannsóknir NMÍ á malbikssýnum sem tekin voru á kaflanum sýna háa holrýmd og mikið skrið í malbikinu. Eftirlit mældi einnig of háa holrýmd í malbiki.

Ýfímælingar sem gerðar voru á Reykjanesbraut sumarið 2007 sýna að yfirborð vegarins stenst vel kröfur fyrir bæði IRI gildin. Kröfurnar eru að 90/50 % yfirborðs vegarkafla skuli fullnægja kröfunni IRI 2,5/1,3 og eru 90 % kaflans undir gildinu 2,25 og 50 % kaflans undir gildinu 1,2.

Niðurstöður steinefnarannsókna fyrir burðarlag eru að kornadreifing er að mestu innan marka en þó er hlutfall sands einungis 9 % í einu sýni en krafan er 14 % og vantar því millistærðir í sýnið. Styrkur steinefna var mældur með „modified“ Bg og Los Angeles prófi og mælist annað sýnið frá Kúagerði með of lágan styrk í Bg prófi eða 12,9 % en krafan er ≤ 10 %.

Tafla 5.6.2. Rannsóknir á burðarlagsefni, 0/63 mm, á verk tíma.

Náma	Kornast. D' ₉₈ (mm)	Fínefni, % < 0,063 mm	Hlutfall sands % < 4 mm	Bg modified	LA gildi
Stapafell	112	0,7	13		
	90	2,2	17	16,2	35,6
Kúagerði	64 (D' ₈₃) ⁸	2,3	17,1	9,8	
	64	2,3	16	12,9	
	90	2,7	18,3		
	90	2,7	18		22,8
Kúagerði	100	1,0	9		

Eftirfarandi þjöppunarmælingar voru gerðar með plötuprófi og voru þær notaðar til að kvarða þjöppumæli á valta. Einnig var miðað við að valta þar til þjöppumælir stóð í stað milli umferða. Notaður var Dynapac 13 tonna valtari. Mæliblöð valta og tékkælingar á yfirborði hafa varðveist en eru ekki birt í þessu riti. Krafa til E₂ gildis, sem er mælikvarði á burðarþol, er að gildið skal ná 120 MPa. Tíu mæligildi af 16 standast þessa kröfu. Krafa til hlutfalls E gilda (E₂/E₁) er að hlutfallið sé lægra en 2,5. Aðeins 3 gildi af 16 eru yfir þessum mörkum. Reynt var að bæta úr þjöppun þar sem henni var ábótavant.

Tafla 5.6.3. Mælingar á þjöppun burðarlags (305 mm plata).

Númer mælipunkts	Efnisgerð	E ₂ (krafa > 120) MPa	E ₂ /E ₁ (krafa < 2,5)	Dagsetning
Mælipunktur 1	Bögglaberg	142	2,2	09.06. 2008
Mælipunktur 2	Bögglaberg	109	2,48	09.06. 2008
Mælipunktur 3	Bögglaberg	122	2,45	09.06. 2008
Mælipunktur 4	Bögglaberg	127	3,4	09.06. 2008
Mælipunktur 5	Bögglaberg	160	1,78	09.06. 2008
Mælipunktur 6	Bögglaberg	173	2,17	09.06. 2008
Mælipunktur 1	Bólstraberg	106	3,08	11.07. 2008
Mælipunktur 1 endurt.	Bólstraberg	126	1,47	11.07. 2008
Mælipunktur 2	Bólstraberg	121	1,96	11.07. 2008

⁸ Merkingin 64 (D'₈₃) táknar að 17 % efnisins er grófari en 64 mm.

Mælipunktur 3	Bólstraberg	124	2,77	11.07. 2008
Mælipunktur 1	Bólstraberg	66	2,43	29.08. 2008
Mælipunktur 2	Bólstraberg	108	1,98	29.08. 2008
Mælipunktur 3	Bólstraberg	122	1,64	29.08. 2008
Mælipunktur 4	Bólstraberg	119	1,62	29.08. 2008
Mælipunktur 5	Bólstraberg	126	1,75	29.08. 2008
Mælipunktur 1 aukarpunktur	Bólstraberg	89	2,35	29.08. 2008

5.7 Ályktanir um reynslu af byggingu vega úr sprengdu bergi

Það er mjög lærdómsríkt að skoða reynsluna af byggingu **Þverárfjallsvegar, Þverá - Skagavegur**. Vegurinn byrjaði að láta verulega á sjá ári eftir að hann var byggður og 7 árum síðar var hann mjög illa farinn.

Hönnun vegarins gerir ráð fyrir aðeins 50 mm þykku lagi í efri hluta burðarlags (0-25 mm efni) ofan á 150 mm þykku lagi í neðri hluta burðarlags (0-64 mm efni). Þar undir er óunnið berg í styrktarlagi og fyllingu. Rannsóknir sýna að efri hluti burðarlagsins var allt niður í 30 mm þykkur og neðri hluti burðarlagsins er mun grófara efni en hönnuðir gerðu ráð fyrir. Millistærðir vantar í bæði þessi lög og er sérstaklega mikil vöntun á sandstærðum í neðri hluti burðarlagsins auk þess sem efnið í báðum lögum er mjög flögótt. Styrktarlag er úr óunnu bergi en þar sem kornadreifing þess er ekki þekkt er ekki hægt að fullyrða að síukröfur hafi verið uppfylltar. Klæðingarefni virðist ekki hafa staðist kröfur um viðloðun enda voru steinar mjög fínefna-smurðir. Engar rannsóknir voru gerðar á verktíma á berggæðum efnisins sem er mjög bagalegt enda virðast steinefni vera af mjög misjöfnum gæðum. Einungis höfðu verið boraðar rannsóknarholur á hönnunarstigi en verktaka ætlað að framkvæma steinefnarannsóknir á verktíma. Nokkuð bar á aðskilnaði kornastærða í burðarlagsefni við útlögn þess og myndaðist fínefnaskán á yfirborði og reyndist ekki unnt að bæta úr þessu þar sem efri hluti burðarlagsins er of þunnur. Efnið var lagt út í miklum haustrigningum og var umferð á veginum sem enn jók á flokkun efnisins (aðskilnað kornastærða). Þetta olli því að bindiefni klæðingar tapaðist niður í gróf hreiður en á milli t.d. í hjólförum var burðarlagið þétt þannig að bindiefnið hélst á yfirborði til að bindast klæðingarefninu. Í grófu hreiðrunum var það hinsvegar burðarlagsefnið sem varð bikbundið. Þjöppun var ekki mæld í verkinu. Ýfimælingar sýna að vegurinn er mjög ósléttur.

Niðurstaðan er sú að margþættar ástæður séu fyrir því að illa tókst við byggingu Þverárfjallsvegar. Hönnun vegarins gerir ráð fyrir of þunnum burðarlögum og einnig hefði þurft að mala efni í hæfilegum stærðum í styrktarlag. Vinnslu steinefna var ábótavant og tókst ekki að framleiða burðarlagsefni með hagstæða kornadreifingu og kornalögum auk þess sem klæðingarefni náði ekki viðloðun. Engar steinefnarannsóknir voru gerðar á hönnunartíma og var ekki bætt úr því með rannsóknnum á verktíma. Eftirliti virðist hafa verið mjög ábótavant og brást eftirlit ekki við við þeim ágöllum sem komu fram á verktíma t.d. á efnisgæðum.

Ekki liggja fyrir mikil gögn um skemmdir á **Hringvegi, Gljúfurá – Brekka**. Mest áberandi virðist hafa verið missig á nokkrum stöðum. Umsjónarmaður Guðmundur Rafn Kristjánsson telur líklegt að missigið stafi fyrst og fremst af breytileika í undirstöðu á mýri þar sem byggt var á og við gamla veginn, þar sem byggt var yfir endilangan skurð og í þriðja lagi við ræsi. Hann nefnir einnig þann möguleika að frostkögglar hafi verið í efninu sem síðar hafi bráðnað, sem hafi valdið sigi. Uppbygging vegarins var með þeim hætti að líklegt er að síukröfur hafi verið uppfylltar. Kröfur til berggæða voru uppfylltar fyrir styrktarlag og burðarlag en önnur af tveimur slitþolsmælingum stenst ekki kröfur fyrir klæðingu og eitt sýni af þremur nær ekki nægjanlegri viðloðun. Eftirlitsmaður nefnir að efri hluti burðarlags hafi verið nokkuð opið eftir lög með

dreifara og því hafi verið erfitt að ná nægjanlegri þjöppun og sléttleika. Hann telur að hugsanlega hefði átt að dreifa millistærðum ofan í burðarlagið með dreifara.

Í minnisblaði Haraldar Sigursteinssonar og Þóris Ingasonar er talið líklegra að sigið sé í fyllingu og styrktarlagi og að hugsanlega hafi þessi lög verið þjöppuð með frostkögglum. Almennan ósléttleika vegarins rekja þeir til þess að í burðarlagsefnið vanti millistærðir auk þess sem það sé flögótt og hafi það gert jöfnun lagsins erfiða.

Lokið var við verkið **Vestfjarðavegur um Svínadal** árið 2006 og er því einungis komin fárra ára reynsla af endingu vegarins. Fyllingarefni er set og berg af lágum gæðum en styrktarlag er bæði forbrotið áreyrarset og berg úr skæringu með allt að 140 mm kornastærð. Burðarlag er unnið í 120 mm þykkun neðri hluta (0-53 mm efni) og í 80 mm þykkun efri hluta (0-25 mm efni). Burðarlagsefnið stenst allar kröfur nema að það vantar millistærðir í neðra hluta lagsins og í hluta af steinefni í efri hlutann. Klæðingarefni er of fínefnaríkt og náðist ekki viðloðun fyrr en eftir þvott efnisins. Í gæðaúttekt kemur fram að klæðing líti vel út en að sléttleika sé ábótavant og er það síðan staðfest með ýfímælingu.

Lokið var við verkið **Djúpvegur, Reykjanes – Hörtná** árið 2009 og liggja ekki fyrir nein gögn um ástand vegarins. Vegurinn er að mestu leyti byggður úr sprengdu bergi og er einungis burðarlagið malað berg. Neðri hluti burðarlags er 120 mm þykkt (0-53 mm efni) og efri hlutinn 80 mm þykkur (0-25 mm efni). Hluti sýna af efri hluta burðarlags mældist með of miklum fínefnum og nokkur sýni beggja laga mælast með of lítið af millistærðum í sáldurgreiningu. Það er áhyggjuefni að við hönnun og byggingu þessa vegar hafi e.t.v. ekki verið gætt nægilega vel að því að uppfylla síukröfur milli burðarlags (0-53 mm efni) og styrktarlags (óunnið berg). Hluti af klæðingarefninu mældist með of mikil fínefni. Engar rannsóknir voru gerðar á berggæðum og kornalögun efnisins hvorki á hönnunarstigi né á verktíma.

Lokið var við verkið **Hringvegur, Grafarkot - Hraunsnef** árið 2009 og liggja ekki fyrir nein gögn um ástand vegarins. Allt efni í klæðingu, burðarlag og styrktarlag er úr sprengdu og möluðu bergi. Neðra lag burðarlags er 150 mm þykkt (0-64 mm efni) og efra lagið 100 mm þykkt (0-25 mm efni). Gerðar voru sáldurgreiningar af efni í burðarlag og styrktarlag sem leiða m.a. í ljós að algengt er að það vanti millistærðir (sand) í burðarlagsefnið. Þrjú sýni af 0-25 mm burðarlagsefni reyndust vera með nokkuð hátt hlutfall fínefna. Engar rannsóknir voru gerðar á framleiðslustigi á berggæðum efnisins og kornalögun. Styrktarlagið var lagt út í einu 400 mm þykku lagi (0-100 mm efni). Allt burðarlag og styrktarlag var lagt út með dreifara.

Lokið var við verkið **Djúpvegur, Eyri - Svansvík** árið 2008 og lítil reynsla er komin á endingu vegarins. Vegurinn er að mestu leyti byggður úr sprengdu bergi og er einungis burðarlagið malað berg. Neðri hluti burðarlags er 120 mm þykkt (0-53 mm efni) og efri hlutinn 80 mm þykkt (0-25 mm efni). Grjótið var almennt flokkað í rofvörn og öll lög vegarins eftir gæðum samkvæmt sjónmati og eftir stærð og var einnig gætt vel að ákvæðum um hlutfall steinastærðar og lagþykktar. Eftirlitsmaður telur að þjöppun hafi verið vönduð og var fylgst vel með þjöppumælum á völtum. Engar rannsóknir voru gerðar á berggæðum og kornalögun efnisins hvorki á hönnunarstigi né á verktíma. Hluti sýna af burðarlagsefni mælist með of mikil fínefni og einnig vantar millistærðir í hluta sýna. Árangurs- og eftirlitsdeild gerir engar athugasemdir við yfirborð klæðingar en telur hluta af grjóti í rofvörn vera lélegt.

Lokið var við kaflann **Reykjanesbraut, Strandarheiði – Njarðvík** árið 2008. Fáar skemmdir hafa komið fram á kaflanum en reynsla af kaflanum nær yfir mjög stuttan tíma. Undantekning er að slitlag skemmdist á tveimur stöðum þar sem burðarlagsefni var tekið í námunni Vogaheiði við Grindavíkurfleggjara þar sem einungis var búið að leggja neðra malbikslagið. Skemmdirnar voru þar sem framhjálaupin voru við Voga og Grindavík (stöð 24.950-25.820 við Voga og stöð

28.530-29.090 við Grindavíkurvegamót) og var notað efni úr Vogaheiði þar sem ekki var komið leyfi til að hefja námuvinnslu í Kúagerðisnámu. Skemmdirnar voru raktar til niðurbrots í burðarluginu og var því alfarið horfið frá því að nota þetta efni og einungis notað burðarlagsefni frá Kúagerði. Ýfimælingar sýna að yfirborð kaflans er mjög gott. Rannsóknir NMÍ á malbiks-sýnum sem tekin voru á kaflanum sýna háa holrýmd og mikið skrið. Há holrýmd í malbikinu getur þýtt að þjöppun malbiksins hafi e.t.v. ekki verið nægilega góð. Rannsóknir eftirlits sýna einnig of háa holrýmd í malbiki.

Rannsóknir á steinefnum voru af mjög skornum skammti en burðarlagsefni stóðst að mestu kröfur um kornadreifingu og styrk en þó vantaði millistærðir í eitt sýni og eitt sýni mældist of veikt í Bg prófi. Engar rannsóknir voru gerðar á verk tíma á kornalögun. Engar rannsóknir voru gerðar á styrktarlagsefni á framleiðslustigi.

Vel virðist hafa verið staðið að þjöppun burðarlags og eftirlits með henni bæði með plötuprófi og með þjöppumæli í valta. Nokkuð erfiðlega gekk að ná tilskilinni þjöppun en hún náðist þó í meirihluta plötuprófa. Hæstu E_2 gildin og lægstu hlutföll E gilda benda til að auðvelt sé að uppfylla kröfur um þjöppun. Undirstaða vegar (vegbotninn) er nokkuð einsleit og með góða mótstöðu en ekki er vitað hver áhrif mismunandi hárra og mismunandi þjappaðra fyllinga kunna að vera við þjöppun burðarlags.

6. LEIÐBEININGAR UM VINNSLU OG NOTKUN SPRENGDS BERGS

6.1. Almenn

Í þessum kafla eru birtar leiðbeiningar um vinnslu og notkun sprengds bergs í vegagerð, einkum í fyllingu, styrktarlag og burðarlag. Megináherslan er lögð á vinnslu bergs til vegagerðar og kröfur til efnis, útlagnar og þjöppunar.

Á allra síðustu árum hefur notkun sprengds bergs til vegagerðar aukist úr 10 % í um 50 % af heildarefnisnotkun. Ástæður fyrir því að nota berg í auknum mæli til vegagerðar eru þær helstar að ná fram auknum og einsleitari gæðum steinefna en auk þess umhverfisástæður þar sem laus jarðlög eru verðmæt auðlind, sem endurnýjast mjög hægt.

Í langflestum tilfellum hentar sprengt berg, óunnið eða unnið (þ. e. malað og/eða flokkað) jafn vel eða betur til vegagerðar og laus setlög. Undantekningin er e.t.v. sandur og mól í steypu, en það kostar dýra vinnslu að ná fram þeim grunneiginleikum svo sem kornalögun og yfirborðsáferð sem henta best fyrir steypuefni. Í sumum tilfellum er berg miklu heppilegra vegagerðarefni en laus setlög, til dæmis sem fylliefni í bikbundin slitlög þar sem umferð er mikil og þung. Sömuleiðis eru burðarlög og styrktarlög úr sprengdu og muldu bergi að öðru jöfnu betri en samsvarandi lög úr mól; þau afvatna betur, hafa meira holrými til að taka við fínefni sem myndast með tímanum vegna slits, hlutfall fínefna er að jafnaði lægra og stöðugleiki og burðarþol meira [HS 2008, bls. 18]. Sprengt berg er þó oft vandmeðfarnara í vinnslu, útlögn og þjöppun en malarefni. Vegum með styrktar- og burðarlagi úr sprengdu bergi er hættara við ísingu en vegum sem eru byggðir upp úr fínefnaríku steinefni [SV 2000, bls. 22]. Ástæðan er sú að fínefnin binda vatn sem hefur mjög mikla varmarýmd sem hefur eins konar tregðuverandi áhrif á hitastigsbreytingar í veghlotinu.

Nokkur misbrestur hefur verið á því að berg, sem unnið er til vegagerðar, standist lágmarkskröfur og kemur þar fjölmargt til (sjá einnig kafla 5). Undirbúningsrannsóknir á hönnunarstigi eru í sumum tilfellum ófullnægjandi sem leiðir til þess að valdar eru bergnámur og/eða skæringar með óhæfu bergi til vinnslu í t.d. styrktarlag eða burðarlag. Ekki er alltaf gætt að því að fyrirskrifa lagskiptingu veghlotsins með þeim hætti að hægt sé að uppfylla síukröfur og kröfur um sléttleika á verkstað. Einnig eru jafnvel notaðar vinnsluaðferðir sem duga ekki til að framleiða steinefni í samræmi við kröfur. Aðferðir við haugsetningu, útlögn og þjöppun geta einnig verið ófullnægjandi auk þess sem eftirlit með framleiðslu og útlögn er oft ábótavant.

Íslenskt berg er að mörgu leyti erfitt í vinnslu, sérstaklega vegna þunnra berglaga, millilaga úr seti, sprungufyllinga og annarra óhreininda. Samt sem áður má fullyrða að með aukinni þekkingu og vönduðum vinnubrögðum megi vinna og nota íslenskt berg með góðum árangri.

Í kaflanum hér á eftir eru leiðbeiningar um það hvernig staðið skuli að uppbyggingu vega sem byggðir eru úr sprengdu bergi og hvernig haga skuli vinnslu bergsins og útlögn í veg.

6.2 Vinnsla bergs til vegagerðar

6.2.1 Inngangur

Í þessum kafla er fjallað um vinnslu bergs í öll lög vegarins en ekki um framleiðslu á rofvarnargrjóti. Í neðri lög vegarins er oft notað sprengt, ómalað berg/grjót, en grjót til nota í efri hluta og jafnvel neðri hluta styrktarlags, burðarlag og slitlag þarf að mala.

Vinnsla bergs til vegagerðar hefst með losun þess með sprengingum eða öðrum aðferðum í hæfilegar stærðir fyrir frekari vinnslu í mölunarsamstæðum. Mölun steinefna miðar að því að fá fram þær stærðir, kornadreifingu og kornalögun steinefnisins sem hæfir hinum ýmsu lögum vegarins. Vinnsla bergs breytir ekki grunneiginleikum bergsins, en með viðeigandi vinnslu-stýringu er hinsvegar hægt að hafa áhrif á kornadreifingu og lögun korna sem eru mikilvægir eiginleikar steinefnis hvað varðar burðarþol þess og þjöppunareiginleika í vegi.

Eiginleikar steinefna sem hafa áhrif á kornalögun eru kristalgrind, textúr, kleyfni og þéttleiki. Í meginatriðum verður hart og/eða stökkt berg flögulaga en veikara efni hefur frekar tilhneigingu til að fá teningslaga lögun. Veikt berg myndar auk þess meira af fínefnum þegar það er mulið.

Mikilvægustu eiginleikar hráefnisins, þ.e sprengds bergmulnings, sem hafa áhrif á afurð vinnslunnar eru:

- *Kornadreifing.* Við mokstur í matarann þarf að tryggja sem jafnasta blöndu af grjótmulningi (jöfn kornadreifing).
- *Rakainnihald.* (ráðlegt að raki sé ekki meiri en 3 % ef efnið er fínkorna).
- *Þéttleiki efnisins* (þ.e.kornarúmpýngd).
- *Brotþol efnisins.*
- *Slitþol efnisins.*
- *Hreinleiki/einsleitni.* Bergnámur eru misjafnar, allt frá einsleitum bergnámum þar sem breytingar eru litlar sem engar og upp í að vera mjög óreglulegar bæði hvaða varðar lagþykkir, berggerð, óæskileg millilög og sprungufyllingar.

Forsenda fyrir gæðum framleiðslunnar er að hafa góða stjórn á öllum þáttum vinnslunnar; efnisnámi, flokkun, hreinsun, mölun, blöndun og að lokum haugsetningu steinefnisins.

Í ritinu *Leiðbeiningar um vinnslu steinefna*, sem er í vinnslu, verður fjallað ýtarlegar um efni þessa kafla og því einungis stiklað á stóru um þetta efni hér.

6.2.2 Sprengitækni og forvinnsla grjóts

Hér verður ekki farið ýtarlega í sprengitækni en þó bent á nokkur atriði sem eru mikilvæg við losun bergs. Í grjótnámum ræður þéttleiki sprungna miklu um það í hvaða stærðir bergið hefur tilhneigingu til að springa. Í flestum tilfellum er hægt að smækka allar berggerðir þannig að ásættanlegt hlutfall náist af grjóti í hæfilegum stærðum fyrir forbrjót. Þegar mikið af grjóti springur í of stórar stærðir er hægt að smækka stærstu steinana með fleyg eða með því að láta stálkúlu falla á þá. Ef fínefnarík millilög eru í námunni getur verið nauðsynlegt að aðskilja fínefnin frá grjótinu og er oft hægt að gera það á einfaldan hátt með gröfu en í sumum tilfellum getur reynst nauðsynlegt að flokka slíkt efni frá, t.d. í matara forbrjóts eða með sjálfstæðri forhörpu.

Nokkrir þættir eru ráðandi varðandi stærð grjóts eftir losun með sprengingu. Í fyrsta lagi gerð og eiginleikar bergsins, í öðru lagi raða- og holubil og í þriðja lagi magn sprengiefna (grömm sprengiefnis á rúmmetra bergs). Aðstæður í námu skipta einnig máli, best er að taka fyrir í einni pallsprengingu stóra spildu djúpt inn frá námustáli (skáp). Skeifulaga náma (skápur) sem veitir gott

aðhald frá hliðunum gefur smærra grjót en ella (þvinguð losun). Sé hins vegar verið að losa úr snasa (nefi) þar sem sprengingin er án aðhalds má búast við stærra grjóti.

Bormynstur er háð nokkrum atriðum s.s gerð bergsins sem sprengja á, pallhæð og þvermáli holu. Við ákvörðun á bormynstri og stærð á hleðslu í óþekktri námu er nauðsynlegt að sprengja lítið prufuskot, t.d. 2-4 raðir með 10-20 holum, áður en farið er í stórt skot. Þegar fundin er hleðsla sem gefur viðunandi framkast á massanum gefur sú hleðsla grundvöll að hleðslu eftirfylgjandi skota.

Í 9 m borun eru 3 m í forhlað miðað við eina kveikju. Forhlaðið má aldrei vera minna en forsetningin (þ. e. bilið á milli holanna). Ef stálhæð er upp undir 10 m er nauðsynlegt að nota tvær kveikjur. Æskilegt magn sprengiefna er breytilegt eftir aðstæðum og fer eftir ýmsu, m.a. eftir gerð bergsins, innri spennu í berginu og í hvað á að nota bergið. Í hörðu og góðu bergi, eins og þóleiíti, er unnt að fá góða nýtingu á sprengiefni þar sem hleðslan er á bilinu 350-500 gr/m³. Í sprungnu, óþétu grágrýti (seigu bergi) þarf hinsvegar mun meiri hleðslu, eða allt að 700-1000 gr/m³. Í þannig bergi er ekki óalgengt að töluvert verði af yfirstærðum sem þarf þá að smækka. Í hraunklöpp er algengt að hleðsla fari yfir 1000 gr/m³.

6.2.3 Mölun grjóts - mölunarsamstæður og vinnsluaðferðir

Yfirlit. Í þessum kafla er gerð grein fyrir vinnslu og vinnsluaðferðum á sprengdu bergi til vegagerðar. Aðferðirnar eru ekki ólíkar annarri steinefnavinnslu en hér verður lögð sérstök áhersla á vandamál sem fylgja vinnslu á bergi.

Mölunarsamstæða samanstendur af nokkrum grunneiningum; matara, brjótum, hörpum og færíböndum til að tengja einingarnar saman. Einingarnar geta verið samstæður t.d. matari og forbrjótur eða eftirbrjótur og harpa. Einingarnar geta verði ein eða fleiri af hverri gerð eftir verkefnum.

Mölunarsamstæður eru ýmist fastar eða færanlegar. Fastar samstæður eru settar upp í námum þar sem vinnsla fer fram í efnismiklum jarðmyndunum á löngum tíma. Færanlegar samstæður eru notaðar við vinnslu á minna magni á breytilegum stöðum. Flestar þeirra eru á beltum, en einnig eru einingarnar á hjólum. Við vinnslu á burðarlags- og klæðingarefnum hérlendis er tveggja þrepa vinnsla algengust, þ.e. 2 brotstig (forbrjótur og eftirbrjótur). Við vinnslu á steinefnum í malbik er algengast að efnið sé unnið í þremur þrepum þ.e. forbrjótur, miðbrjótur/eftirbrjótur og lokabrjótur/fínbrjótur (tafla 6.2.1).

Brjótar. Eiginleikar brjóta eru mismunandi og þarf að velja þá með tilliti til hráefnisins sem notað er og hvaða hlutverki þeir eiga að gegna í vinnsluferlinu. Með vali á brjótum og vinnslustýringu er hægt að stýra kornadreifingu efnisins og bæta kornalögun efnis sem vegna berggerðar brotnar í óæskilega lögun (flögótt, ílöng). Þeir þættir sem hafa áhrif á kornalögun eru; berggerð, gerð brjóts, tæknilegir eiginleikar brjótsins þ.e. slag og hraði brjóts, brotstillingar, lögun brotrýmis og einnig brotafl og smækkunarhlutfall brjóts⁹.

Algengustu brjótar hér á landi sem notaðir eru til framleiðslu á efni til vegagerðar eru færanlegir kjaftbrjótar og kónbrjótar (tafla 6.2.2).

Við val á framleiðslutækjum eru nokkrir þættir sem ráða tækjavalinu fyrst og fremst; flytjanleiki, afkastageta, stofnkostnaður, orkukostnaður og viðhaldskostnaður.

Brjótum má almennt skipta upp í tvo aðal flokka (tafla 6.2.2):

Álagsbrjóta, sem pressa saman efnið uns það brotnar.

Kastbrjóta, sem nota snöggt högg til að brjóta efnið.

⁹ Smækkunarhlutfall er skilgreint sem hlutfall hráfnisstærðar og framleiðslustærðar (inn/út úr brjóti).

Kjaftbrjótur, kónbrjótur og hringbrjótur flokkast sem álagsbrjótur en láréttir hverfibrjótur (HSI¹⁰) og lóðréttir hverfibrjótur (VSI¹¹) brjótur flokkast sem kastbrjótur. Kastbrjótur skila mjög góðri kornalögun.

Tafla 6.2.1 Helstu gerðir brjóta sem eru notaðir á mismunandi vinnlustigum.

1. stig	Forbrjótur	Kjaftbrjótur Hringbrjótur (stór)
2. stig	Miðbrjótur/ eftirbrjótur	Hringbrjótur Kónbrjótur Kastbrjótur
3. stig	Lokabrjótur/ fínbrjótur	Kónbrjótur Kastbrjótur

Tafla 6.2.2 Yfirlit yfir helstu gerðir brjóta og eiginleika þeirra.

	Gerð brjóts	Algengt brotstig	Smækkunarhlutfall	Hlutfall fín-efna sem verða til	Teningslögun
Álagsbrjótur	Hringbrjótur	1. stig	4:1-7:1	Lágt	
	Kjaftbrjótur	1. stig	3:1-5:1	Lágt	
	Kónbrjótur	2. stig	3:1-5:1	Meðal/Lágt	
	Kónbrjótur	3. stig	3:1-5:1	Meðal/hátt	Góð
Kastbrjótur	Láréttur hverfibrjótur (HSI)	1. & 2. stig	5:1-15:1	Meðal/hátt	Góð
	Lóðréttur hverfibrjótur (VSI)	3. stig	2:1-5:1	Hátt	Mjög góð

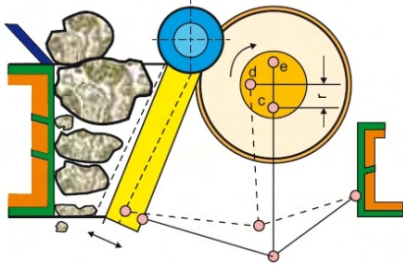
Við niðurbrot í mörgum stigum er nauðsynlegt að smækkunarhlutfallið verði ekki of hátt í lokastiginu. Berggerðir eru misjafnar hvað varðar t.d. styrk, slitþol og kleyfni en berggerðin hefur áhrif á smækkunarhlutfallið. Því harðara sem bergið er því minni verður smækkunin í hverju brotstigi fyrir sig. Mesta brotið (smækkunarhlutfallið) fer fram í kjaftbrjótunum. Dæmi um smækkunarhlutfall fyrir kjaftbrjót gæti verið 700 mm inn og 140 út, þ.e. smækkunarhlutfall 5:1. Einnig verður brotið betra með matara því innmötun verður jafnari. Ekki er gott að brjóta mikið niður á öðru brotstigi, því þá verða til steinar með innri sprungum sem brotna niður eftir slíkum veikari flötum.

¹⁰ HSI: Horizontal-shaft impactor.

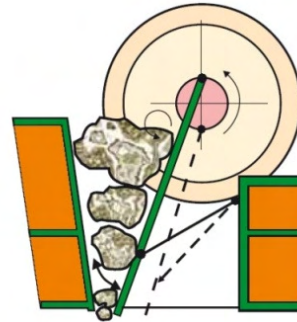
¹¹ VSI: Vertical-shaft impactor.

Álagsbrjótur.

Kjaftbrjótur (kjálkabriótur) eru forbrjótur og eru framleiddir í mörgum stærðum. Þeir eru mest notaðir á fyrsta brotstigi eins og nafnið gefur til kynna, þ.e. að mala efnið í hæfilegar stærðir til frekari vinnslu. Þessir brjótur eru einnig notaðir til vinnslu á grófum efnum, s.s. í styrktarlag.



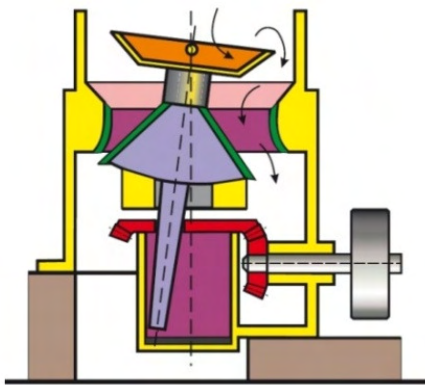
Mynd 6.2.1. Tveggja kefla kjaftbrjótur



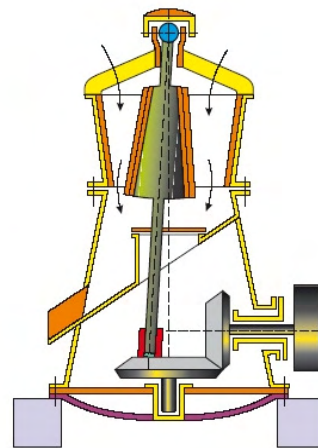
Mynd 6.2.2. Eins keflis kjaftbrjótur

Hér á landi er nánast alltaf notast við kjaftbrjót sem forbrjót. Stærstu kjaftbrjótur (hérlandis) ráða við steinastærðir allt að 1,5 m í þvermál en algengustu brjótarnir hér á landi taka steinastærðir bilinu 0,7-1 m í þvermál.

Kónbrjótur (keilubriótur) og *hringbrjótur* (gyratory) eru framleiddir í mörgum stærðum og er uppbygging þeirra svipuð. Munurinn er fyrst og fremst sá að keilan í hringbrjótum er mun brattari og lengri og slagið er mun stærra en í kónbrjót.

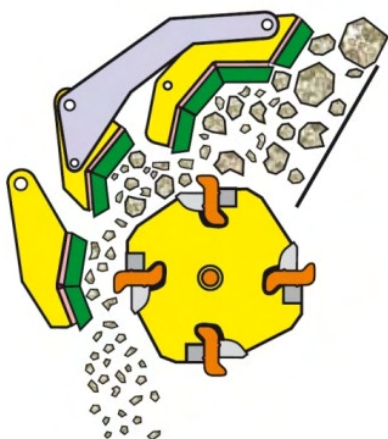


Mynd 6.2.3. Kónbrjótur



Mynd 6.2.4. Hringbrjótur

Við vinnslu steinefna í burðarlag og klæðingu við vegagerð á Íslandi er kónbrjótur algengasti eftirbrjóturinn. Hringbrjótur eru mikið notaðir sem forbrjótur í stórum námum erlendis en hafa ekki verið notaðir hér á landi.

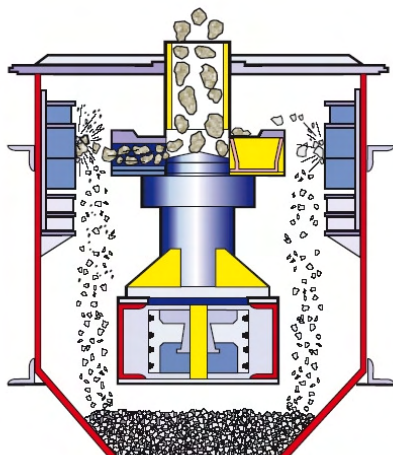
Kastbrjótur.

Tvær aðal gerðir kastbrjóta eru láréttur hverfibrjótur (HSI) og lóðréttur hverfibrjótur (VSI). Kastbrjótur bæta kornalögun og auka hlut sands og fínefna í framleiðslunni.

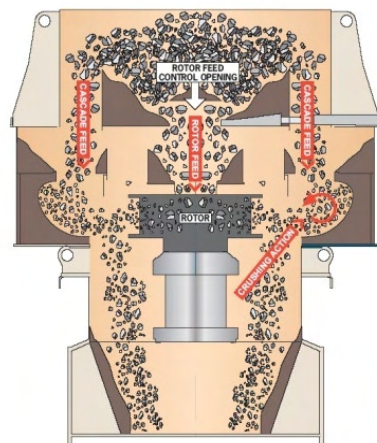
Láréttir hverfibrjótur (HSI). Slitþol HSI brjóta er minna en annarra brjóta. Þeir vinna vel á mjúku bergi en henta ekki eins vel fyrir sterkt berg. Þessir brjótur eru því frekar notaðir fyrir efni sem brotnar auðveldlega og slit verður því ekki óhóflegt. Hér á landi eru HSI brjótur notaðir þar sem þarf að bæta kornalögun og/eða auka hlut fínefna í framleiðslunni, s.s. efnis í malarslitlag og malbik.

Mynd 6.2.5. Láréttur hverfibrjótur (HSI).

Lóðréttir hverfibrjótur (VSI). VSI brjótur eru fyrst og fremst notaðir til að framleiða fíngert steinefni, eins og sand, með góða kornalögun, þ.e. teningslögun. Hér á landi eru VSI brjótur mest notaðir við framleiðslu steinefna í malbik og steinsteypu.



Mynd 6.2.6. Steinn-á-málm.



Mynd 6.2.7. Steinn-á-stein.

Margar gerðir eru til af VSI brjótum en tvær megin útfærslurnar eru:

- Steinn-á-málm: Efnið kastast á málmflöt og brotnar.
- Steinn-á-stein: Efnið kastast í efnið sjálft og brotnar.

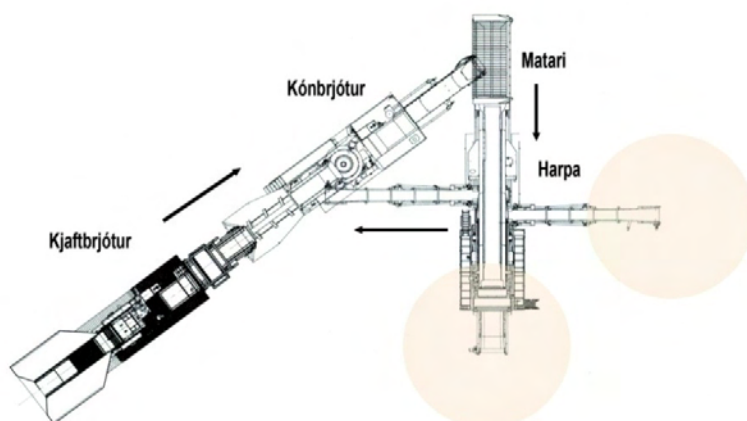
Algengast er að nota þessa brjóta sem fínbrjóta/eftirbrjóta t.d. á 3. brotstigi, en það stig ræður mestu um gæðin á lokaafurðinni. Smækkunarhlutfallið er lítið þar sem áherslan er fyrst og fremst á kornalögun. Þessir brjótur eru mjög öflugir til að auka hlut millistærða, þ.e. sands og fínefna og eru þess vegna oft kallaðir „sandframleiðsluvélar“ (sand-making machines). Dæmi um algenga VSI brjóta eru m.a. Duopactor og Rotopactor.

Vinnslusamstæður.

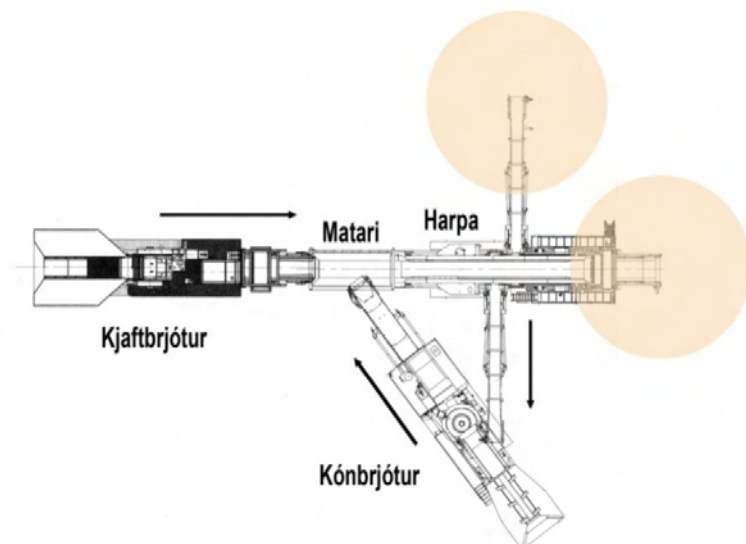
Mölnarsamstæður samanstanda af brjótum, möturum, hörpum og færíböndum, og eftir atvikum þvottabúnaði. Samstæður eru ýmist fastar eða færar og þær síðarnefndu eru algengari hér á landi.

Fastar mölnarsamstæður eru settar upp til lengri tíma og framleiða yfirleitt ákveðna staðlaða framleiðslulínu úr sama hráefninu (eða námunni).

Færar samstæður eru útbúnar þannig að auðvelt er að flytja þær á milli staða. Samsetning þeirra þarf að geta verið breytileg eftir því hvaða verkefni er um að ræða. Mikil þróun hefur verið í búnaði á liðnum árum hvað varðar „hreyfanleika“ og hæfni til að ráða við fjölbreytt verkefni.



Mynd 6.2.3.8. Færarleg samstæða frá Metso, kjaftrbrjótur (LT106), kónbrjótur (LT200HP), tveggja dekkja harpa með sambyggðum matara og færíbönd (ST352). Öll tækin eru á beltum. Myndin sýnir dæmi á uppsetningu á vinnslu með hringrás þar sem allt efnið er brotið a.m.k. tvisvar til að bæta kornalögum efnisins.



Mynd 6.2.3.9. Samskonar tæki eru á þessari mynd og á myndinni fyrir ofan en önnur uppstilling. Myndin sýnir dæmi um uppsetningu á vinnslu með hringrás sem er miðuð við hámarks afköst; hluti efnisins (yfirstærðir) fer í annað brotstig.

Vinnsluáðferðir.

Vinnsla grjóts til mismunandi nota. Vinnsluáðferðir ráðast af hráefninu (grjótinu), eiginleikum þess, samsetningu og þeim kröfum sem gerðar eru til framleiðslunnar. Kröfurnar eru mismunandi eftir því í hvað á að nota efnið og eru strangari eftir því sem ofar dregur í veghlotinu.

Forvinna. Fyrsta stig sem hér er tekið fyrir er meðhöndlun og mokstur grjóts í vinnslusamstæðuna. Gengið er út frá því að megin grunnefnið (hráefnið) standist kröfur til vinnslunnar.

Ef efnið er einsleitt er ekki þörf á sérstökum aðgerðum öðrum en að tryggja jafnt flæði í vinnslunni, sem er mjög mikilvægt hvað varðar virkni brjóta. Ef efnið er blandað öðrum efnum, s.s. leir, gjalli eða veikum bergtegundum sem eru óæskileg í framleiðsluna þarf að flokka þau efni frá. Sammerkt með þessum efnum er að þau brotna meira niður en sterkari efnin og eru því saman komin í fínni hluta massans sem gefur möguleika á að flokka þau frá. Hér eru nefnd nokkur dæmi um áðferðir:

- Flokka óæskilegt efni frá samhliða mokstri í samstæðuna (draga efnið til og flokka, eða nota sérstakan skóflubúnað sem flokkar).
- Taka fínasta hluta efnisins undan á matara forbrjóts.
- Taka fínasta hluta efnisins út á hörpu eftir forbrot.

Þegar grjóti er mokað í mölunarsamstæðu er mikilvægt að skilja lélegt efni frá, það getur sparað kostnaðarsamar áðgerðir við að hreinsa það úr að mölun lokinni. Athugull og vandvirkur gröfumaður getur gert gæfumuninn í þessu efni, en hann þarf stöðugt að vera á varðbergi. Þetta getur haft afgerandi áhrif á gæði framleiðslunnar.

Mölun. Við vinnslu úr bergi hér á landi er algengast að efnið sé unnið í tveimur brotstigum (tveimur brjótum). Í sumum tilfellum er nauðsynlegt að bæta þriðja brotstiginu við til að tryggja rétta kornadreifingu og kornalögun.

Í fyrsta brotstigi (forbrot) er algengast að nota kjaftbrjót. Kjaftbrjótar hér á landi eru oft með inntaksstærð á bilinu 0,7–1,0 m og eru þeir langoftast með sambyggðum matara sem skammtar hæfilegu magni inn í brjótinn. Forbrjótur skilar efninu óflokkuðu áfram inn á annað brotstig, sem í flestum tilfellum er kónbrjótur þó aðrar tegundir séu einnig notaðar. Ef brotstigin eru tvö þá er eftirbrjóturinn tengdur hörpu. Harpan stærðarflokkar efnið og sendir yfirstærðir til baka í eftirbrjótinn (hringrásar). Hringrás skiptir miklu máli fyrir gæðin á efninu. Markmiðið með hringrásarefninu (yfirstærðarefni) er að það fylli upp í holrúm á milli kornanna, loftrými verður minna í brothúsinu og fyllingin meiri. Núningur milli steinefnakorna hjálpar til við brotið, þ.e. lélegri steinar brotna við þetta, og steinarnir brjóta brúnir utan af hvorum öðrum sem leiðir til meiri teningslögunar korna. Þegar um er að ræða kónbrjót er heppilegt, bæði fyrir kornastærð og kornalögun, að smækka efnið ekki að fullu niður í framleiðslustærð í fyrstu umferð í gegnum brjótinn. Það er algengt þegar verið er að brjóta efni með kónbrjót, sem miklar kröfur eru gerðar til, að efni sem fer í hringrás (aðra umferð í gegnum brjótinn) sé allt að 20-30 % heildarmagnsins.

Harpa flokkar efnið í rétta stærð og skiptir því í stærðarflokka ef verið er að framleiða marga flokka.

Það er mjög mikilvægt að mokstur, mötun og flæði í vinnslulínunni sé jöfn og hæfi einstökum þrepum vinnslunnar. Brjótar þurfa að vera mataðir þannig að þeir séu ávallt fullir af efni (miðað við kónbrjót), en þannig fæst fram besta kornalögunin. Hörpur skipta miklu máli og þurfa að vera af réttri stærð og gerð og hæfa afköstum brjótanna.

Algeng vandamál varðandi vinnslu á burðarlagsefni úr bergi eru að ná fram nægilega háu hlutfalli af millistærðum þ.e. sandi og fínmöl og ná viðunandi kornalögun. Þar skiptir berggerðin

máli. Í meginatriðum verður hart og/eða stökkt berg flögulaga en veikara efni hefur tilhneigingu til að fá teningslaga lögun. Veikt berg myndar auk þess meira af millistærðum og fínefnum þegar það er mulið.

Vinnslu á bergi skal ávallt hefja með prufuvinnslu. Ef ekki er reynsla af vinnslu á efni úr námunni er lítið hægt að fullyrða um hvernig framleiðslan verður. Mikilvægt er að prufur séu teknar úr efni sem unnið er með áætluðum afköstum vinnslunnar (réttu flæði). Eftir að niðurstöður á kornadreifingu og kornalögun liggur fyrir eru gerðar breytingar ef ástæða er til.

Nokkur atriði sem bæta kornalögun:

- Víkka eftirbrjótinn (miðað við kónbrjót) og auka hringrás á efninu. Þetta eykur fyllingu efnisins í brjótnum sem bætir kornalögun en minnkar afköst.
- Fullmata (kokmata) eftirbrjótinn (miðað við kónbrjót). Passa að nóg efni sé í brjótnum, þannig að efnið brjóti sig sjálft.
- Stilla slaglengd (minna slag, betri kornalögun)¹².
- Uppröðun á netum í hörpu.
- Hraði innmötunar.
- Breyta um lögun á keilu.
- Önnur gerð af brjót.
- Fjölga brotstigum, bæta við kastbrjót eða kónbrjót.

Nokkur atriði sem bæta kornadreifingu:

- Þrengja eftirbrjótinn (miðað við kónbrjót) og minnka hringrás á efninu. Þetta eykur hlutfall sands og fínmöl. Jafnframt eykur þetta hlutfall fínefna sem getur þurft að bregðast við. Kornalögun getur versnað. Aukin afköst.
- Fullmata (kokmata) eftirbrjótinn (miðað við kónbrjót).
- Stilla slaglengd (auka slaglengd).
- Uppröðun á netum í hörpu.
- Hraði innmötunar.
- Breyta um lögun á keilu.
- Önnur gerð af brjót.
- Fjölga brotstigum, bæta við kastbrjót eða kónbrjót.

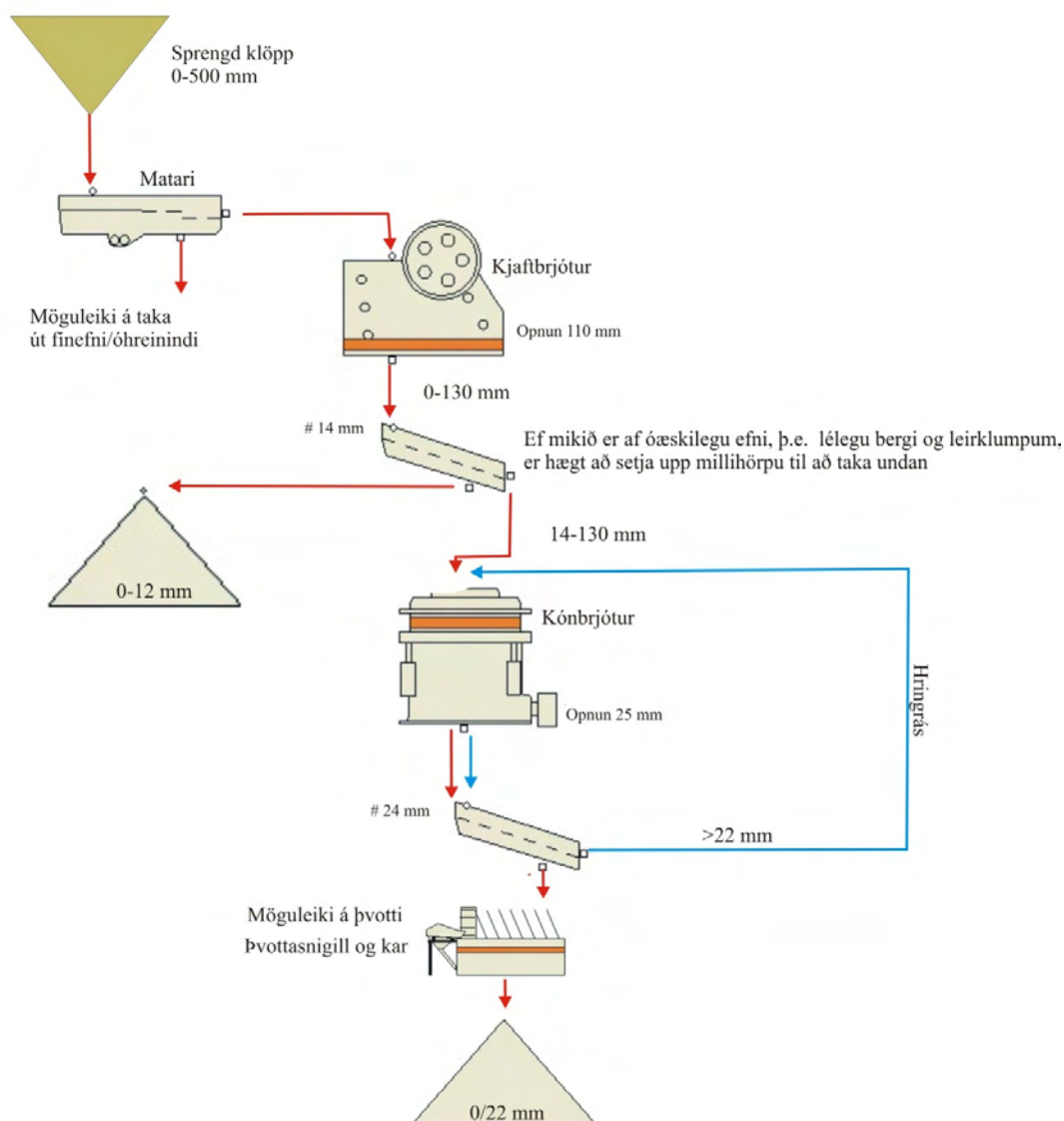
Nokkur atriði sem lækka hlutfall fínefna:

- Flokka óæskilegt efni frá samhliða mokstri í samstæðuna (draga efnið til og flokka, eða nota sérstakan skóflubúnað sem flokkar).
- Taka fínasta hluta efnisins undan á matara forbrjóts.
- Taka fínasta hluta efnisins út á hörpu eftir forbrot.
- Taka fínefni út eftir annað brotstig.
- Þvo efnið á hörpu með úðurum og/eða í þvottasigli.

¹² Að stilla slag á brjótnum er töluverð aðgerð, þar sem að rífa þarf brjótinn í sundur. Á allra nýjustu brjótnum sem eru á markaðnum er hægt að stilla slagið á fljótlegan hátt.

Framleiðsluferlar.

Næstu tvær myndir sýna framleiðsluferla fyrir tvenns konar efni; burðarlag og klæðingu. Báðar myndirnar sýna tveggja þrepa vinnslu.



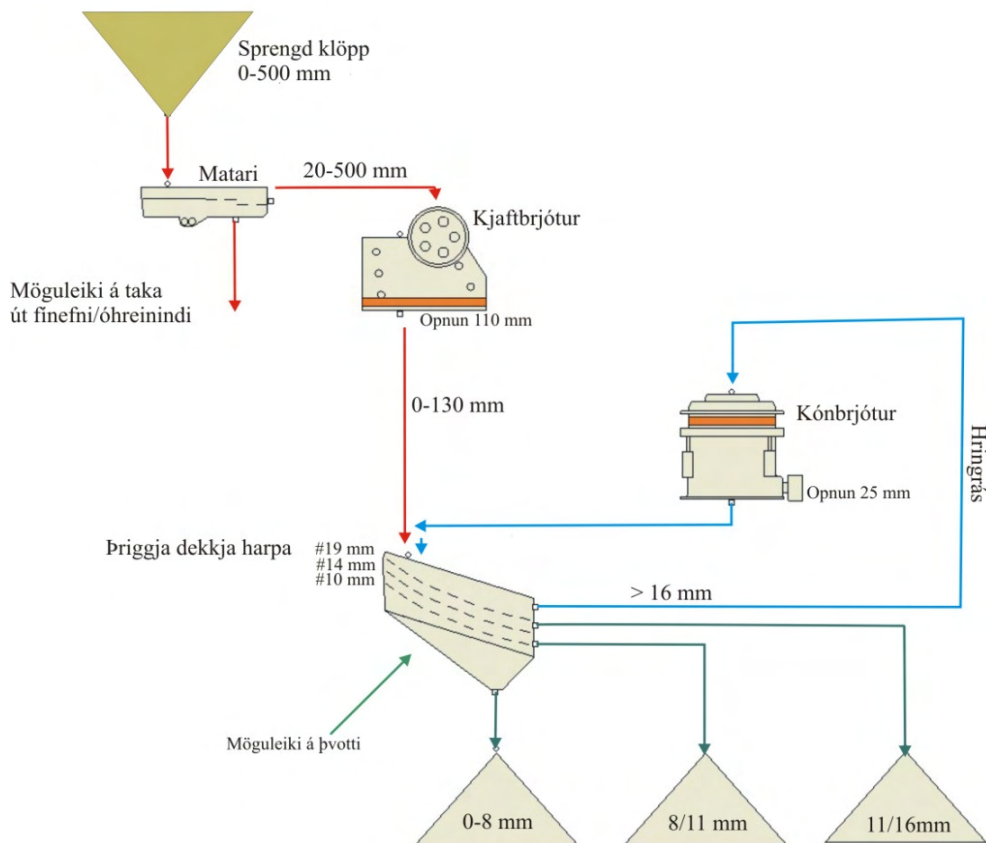
Mynd 6.2.10 Dæmi um framleiðsluferil fyrir burðarlagsefni 0/22 mm¹³.

Á mynd 6.2.10 er sett upp dæmi um framleiðsluferil fyrir burðarlagsefni 0/22 mm. Hér er gert ráð fyrir að bergið sé misgott með lélegu bergi og óæskilegum fíniefnum sem nauðsynlegt er að losna við. Í mataranum er rist sem flokkar frá fíniefni. Matarinn skammtar efni inn á forbrjót

¹³ Uppsetningin gildir einnig fyrir stærðarflokka 0/32 mm, 0/45 mm og 0/63 mm en með öðrum netum og stillingum.

(kjaftbrjót). Möguleiki er að hreinsa efnið enn frekar (taka undan fínefni) á millihörpu (dæmið sýnir hörpu með 14 mm sigti). Möguleiki að þvo efnið á millihörpunni. Af millihörpu fer efnið yfir á kónbrjót (eftirbrjót). Opnunin á kónbrjótinum er stillt á 25 mm en hugsanlega þarf að opna meira eða þrengja. Það fer allt eftir efninu. Úr kónbrjót fer efnið inn á hörpu sem skilur frá yfirstærð sem fer aftur inn á brjótinn, þ.e. í hringrás. Möskvarnir á sigtum eru yfirleitt hafðir 2-3 mm stærri en hámarks Kornastærðin.

Ef efnið er óhreint getur reynst nauðsynlegt að þvo efnið sem er hægt að gera á hörpunni. Þá er röragrind með spíssum fest ofan á hörpuna. Undir hörpunni er þró sem leiðir skolvatn og fínefni í burtu og leiðir það yfir í 2-3 settjarnir. Þumalputtareglan er 2,0-2,5 m³ af vatni per m³ af mól. Það er ekki alltaf nauðsynlegt að þvo á hörpu. Þvotturinn getur einnig farið fram einungis í þvottasigli.



Mynd 6.2.11. Dæmi um framleiðsluferil fyrir flokkað klæðingarefni.

Á mynd 6.2.11 er sett upp dæmi um framleiðsluferil fyrir flokkað klæðingarefni í þrjár stærðir. Hér er gert ráð fyrir að bergið sé nokkuð einsleitt. Í mataranum er möguleiki á að taka út fínefni. Matarinn skammtar efni inn á forbrjót (kjaftbrjót) og þaðan fer það inn á hörpu sem flokkar efnið í 3 flokka. Hluti efnisins fer beint út í haug en yfirstærðir (> 16 mm) fara í kónbrjótinn (eftirbrjótinn).

Framleiðsla ólíkra efnisgerða.

Styrktarlag. Við framleiðslu á efni í styrktarlag úr bergi er oftast notaður kjaftrbrjótur. Þó eru til bergmyndanir sem brotna það smátt við losun með sprengingum að hægt er að nota efnið án mölunar. Kjaftrbrjótur, sem eru einnig notaðir sem forbrjótur fyrir fínni vinnslu, eru oft á beltum og samanstanda af matara með einfaldri hörpu sem býður upp á undantekt á fínni efnum. Ekki er möguleiki á að hafa stjórn á kornadreifingu og ráðast hámarksstærðir af opi brjótsins. Hámarksstærð steina getur orðið allt að tvöföld opnun brjótsins ef efnið brotnar í flögur. Gerðar eru kröfur til kornadreifingar og berggæða styrktarlagsefna en ekki sérstakar kröfur um kornalögun.

Burðarlag. Við framleiðslu á efni í burðarlag þarf að nota a.m.k. tvö brotstig og viðeigandi hörpur.

Við framleiðslu á efni í neðri hluta burðarlags (0/45 eða 0/63) og í efri hluta burðarlags (0/22 eða 0/32) eru gerðar kröfur til kornadreifingar, kornalögunar og fínefnainnihalds ($< 0,063\text{mm}$) efnisins auk krafna um berggæði.

Eftir gæðum hráefnisins getur reynst nauðsynlegt að bæta inn viðbótarbúnaði í vinnslurásina, t.d. búnaði til að hreinsa, þvo eða flokka óæskileg efni úr framleiðslunni, eða bæta inn brjóti (þriðja brotstigi) til að bæta kornalögun eða bæta kornadreifingu efnisins.

Klæðingarefni. Klæðingarefni eru ýmist flokkuð eða óflokkuð. Algengast er að nota flokkuð efni í klæðingar. Kröfur til klæðingarefna sem tengjast vinnslunni sjálfri eru kornadreifing (stærðarflokkun), kornalögun og viðloðun (hreinleiki) en auk þess eru gerðar kröfur til berggæða.

Við framleiðslu á flokkuðu klæðingarefni úr bergi gilda sömu grunnreglur og nefndar hafa verið hér að framan, þ.e. að framleiðslan innihaldi ekki óæskileg efni s.s. lélegar bergtegundir því talsvert strangar kröfur eru gerðar til berggæða s.s. frostþols, styrkleika og slitþols. Óhreinindi í efninu draga úr viðloðun. Almenn tæknifærni gengið vel að framleiða flokkað klæðingarefni með tveimur brotstigum. Mikilvægt er að hafa öflugan hörpu sem ræður vel við að flokka efnið í þrjú flokka. Algengir stærðarflokkar eru 8/11 mm, 11/16 mm og 0/8 mm sem er afgangsstærð. Erlendis hefur stærðarflokkurinn 4/8 mm verið notaður í klæðingar.

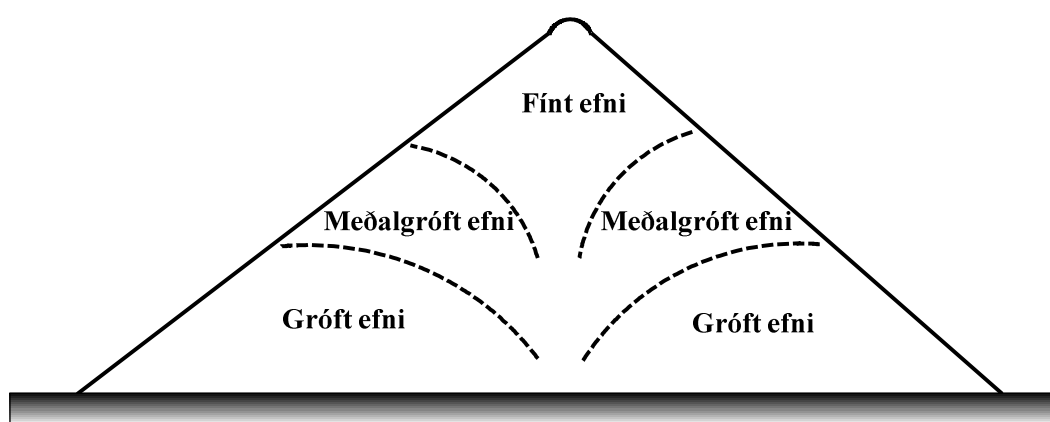
Óflokkað steinefni í klæðningu er enn notað og þá fyrst og fremst í neðra lag klæðingar á nýbyggingar en einnig í yfirlagnir. Ókostur við óflokkað klæðingarefni er mikið ryk og fínefni, sem eru frek á bindiefni. Sum þeirra, sérstaklega þjál fínefni, eyðileggja viðloðunina.

Steinefni í malbik. Steinefni í malbik eru nær alltaf flokkuð í tvo eða fleiri flokka. Algengir flokkar eru 0/5 mm, 5/8 mm, 8/11 mm og 11/16 mm. Efnið er síðan blandað í réttum hlutföllum samhliða framleiðslu malbiksins. Þetta er gert til að hafa betri stjórn á kornadreifingunni. Við framleiðslu á steinefni í malbik eru gerðar auknar kröfur til kornalögunar. Til að ná þessum kröfum þarf að hafa þrjú brotstig og hringrás. Algengt er að vera með lóðréttan hverfibrjót (VSI brjót) sem 3. stigs brjót í vinnslulínu fyrir steinefni í malbik m.a. til að auka hlut sands og fínefna (filler).

Meðhöndlun og haugsetning malaðs bergs.

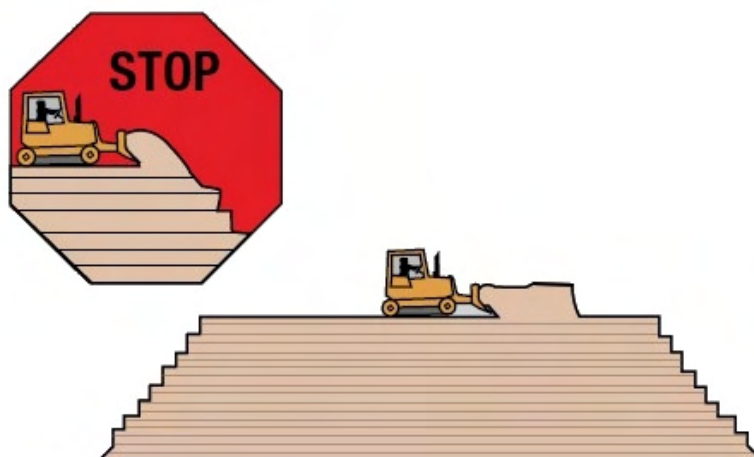
Aðskilnaður verður við meðhöndlun á öllu efni sem er ekki einskorna. Flokkað efni, eins og 11/16 mm, er ekki líklegt að aðskiljast. Vandamálin eru fyrst og fremst tengd meðhöndlun á óflokkuðu efni með breiðu kornastærðabili, eins og til dæmis 0/32 og 0/63 mm

Mikil hættu er á aðskilnaði í keilulaga haugum, sér í lagi þar sem steinefni kastast fram af færibaldi og hrynur niður eftir efniskeilunni sem myndast framan við færibaldið (mynd 6.212). Hraðgeng færibönd hafa tilhneigingu til að kasta grófara efninu lengra frá sér en fínefninu, sem fellur nokkurn veginn lóðrétt niður af færibandinu. Einnig getur sterkur vindur feykt fínefnum úr efninu. Hægt er að setja stálplötu framan við færibaldið til að tryggja að efnið falli beint niður og ef vindur er mikill, að byggja skjól fyrir efnið. Gott verklag við mokstur undan bandi er að hafa hauginn sem jafnastan að stærð og moka alltaf úr sama skóflufarinu.



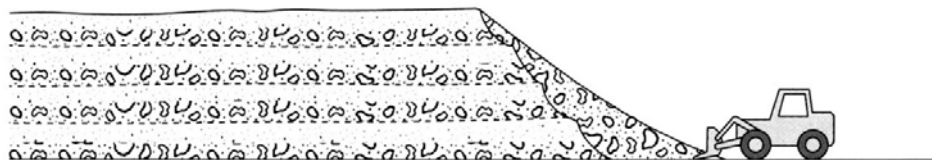
Mynd 6.2.12. Skýringarmynd af aðskilnaði í keilulaga haug undir færibaldi.

Verklag við haugsetningu getur skipt miklu máli fyrir aðskilnað. Mynd 6.2.13 undirstrikar nauðsyn þess að forðast að ýta efni fram af haugbrúninni þegar haugur er jafnaður að ofan. Að öðrum kosti er hættu á aðskilnaði svipuðum þeim sem mynd 6.2.12 sýnir.



Mynd 6.2.13. Aðvörðun: Ekki ýta efni fram af haugbrún.

Þegar efni er haugsett þarf að velja lagþykkir í haugnum í samræmi við stærðir til að forðast aðskilnað. Til dæmis er heppilegt að takmarka lagþykkir fyrir burðarlagsefni (0/63 mm) við 2 m. Efninu á að hlaða upp þannig að grófari hluti úr efri lögum hrynji ekki niður hlíðar haugsins og orsaki þar með aðskilnað. Þegar mokað er úr þykkum haugum er heppilegt að moka upp lagi ofan af þeim, síðri kostur en þó viðunandi er að moka úr haugfætinum eins og mynd 6.2.14 sýnir.



Myndir 6.2.14. Til að forðast aðskilnað í flokkuðu efni er mikilvægt að haugsetja það í hæfilega þykkum lögum og hlaða efninu þannig upp að grófari hluti úr efri lögum hrynji ekki niður hlíðar haugsins og orsaki þar með aðskilnað í efninu.

Framleiðslueftirlit.

Á vinnlustað skal vera aðstaða til að rannsaka kornadreifingu steinefnisins og bera hana saman við kröfur. Æskilegt er að einnig sé til staðar stafasigti til að fylgjast með kornalögum efnisins. Í ritinu „Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun framleiðslu og framkvæmd“ eru settar fram kröfur til steinefna og um tíðni framleiðsluprófana.

Eftirfarandi klausur úr verklýsingum áréttu mikilvæg atriði í framleiðslueftirliti:

- Verktaki ber ábyrgð á að framleitt efni uppfylli kröfur sem settar eru fram í útboðsgögnum og að framleiðsluprófanir séu gerðar því til staðfestingar.
- Leiði rannsóknir á einhverjum tíma í ljós að efnið fullnægi ekki settum kröfum, skal verktaki þegar í stað vinna tvö ný sýni til frekari áréttingar og jafnframt aðgæta, að hann sé að vinna það efni í námunni, sem ákveðið hafði verið. Verði verktaki var við breytingu í námu, skal hann strax taka sýni til vinnslu, óháð almennum fyrirmælum um tíðni prófa.
- Náist ekki fyrirhuguð efnisgæði, þrátt fyrir breyttar vinnsluáferðir og frekari prófanir, skal það tilkynnt verkkaupa tafarlaust.
- Ef verkkaupi og verktaki eru ósammála um efnisgæði skal senda sýni til viðurkenndrar rannsóknarstofu.

Ámokstur, flutningur og útlögn.

Almennt er verkum í vegagerð skipti í nokkra áfanga. Við ákveðna áfanga er mikilvægt að fylgjast með gæðum verksins. Þegar um er að ræða efri hluta veghlotsins, þar sem mestar kröfur eru gerða til efnis- og verk-gæða, er rétt að fylgjast með verklagi og efnisgæðum við eftirfarandi áfanga; námuvinnslu, efnisvinnslu, útlögn og frágang í vegi.

Að efnisvinnslu lokinni ætti að liggja fyrir staðfesting um að efnið uppfylli kröfur. Við ámokstur, flutning og útlögn er nauðsynlegt að fylgjast vel með að efnið haldi gæðum sínum alla leið út í veg. Þegar hér er komið er fyrst og fremst um að ræða efni í styrktarlags- og burðarlagsefni og að þau haldi réttari kornadreifingu alla leið. Hér á eftir verður reynt að gera grein fyrir þeim þáttum sem skipta máli í meðhöndlun efnisins allt frá mokstri úr efnishaug og að fullfrágengnu efni í vegi.

Ámökstur. Við ámökstur á bíla er mikilvægt að skóflumaðurinn hafi gott auga með efninu. Efnið á að vera einsleitt. Fylgjast þarf með hvort efnið hafi aðskilist við haugsetninguna, sem getur komið fyrir, einnig hvort efni sem er að hrynja niður úr haugnum aðskilur sig. Búast má við að jaðrar efnihaugans verði grófari en annars. Þegar merki sjást um aðskilnað í efnishaugum er nauðsynlegt að blanda efninu saman nokkrum sinnum með skóflunni áður en því er mokað á bíl.

Útlögn. Ekki er talin þörf á að fjalla um flutning á efninu út í veg en aftur á móti er útlögnin vandasöm og ef ekki er rétt að henni staðið þá getur efnið aðskilist og misst þá eiginleika sem til er ætlast.

Við útlögn á styrktarlagi, sérstaklega óunnu, er algengast að efninu sé tippað beint af bíl og því jafnað út með ýtu. Góð aðferð til að tryggja betur yfirborðsáferð á viðkomandi lagi er að tippa hlassinu ofan á lagið og ýta því „fram af“. Þetta leggur stærri staka steina neðst í lagið og fínni hluta efnisins ofar. Við útlögn á unnu (möluðu) styrktarlagi eru fleiri möguleikar fyrir hendi; þeir sömu og er getið hér að ofan, að bíllinn dragi úr hlassinu (þar er þekkt aðferð að nota gafl pallsins til að skammta þykktina) og jafna síðan með veghefli, eða nota malardreifara.

Þegar komið er að útlögn á burðarlagi hefur í flestum tilvikum verið gerð krafa um útlögn efnisins með malardreifara. Dreifari tryggir góða og jafna dreifingu efnisins, bæði hvað varðar þykkt, breidd og sléttleika. Auk þess er aðferðin líklega hagkvæm þar sem ekki þarf að jafna efnið sérstaklega (sparar tippvél) fyrir þjöppun og umferð.

Eftir útlögn þarf að passa að efnið spillist ekki af umferð, efnið þarf að leggjast og liggja kyrrt. Nauðsynlegt getur reynst að halda efninu röku, annars er hætta á að fínefni tapist úr því og efnið brotni upp og aðskiljist.

Frágangur yfirborðs á burðarlagi.

Frágangur yfirborðs er líkleg sú einstaka aðgerð sem krefst mestrar reynslu vélamanns. Vélum og búnaði hefur fleygt mikið fram á seinni árum, sjálfvirk stýring á þverhalla kom fyrst og nú er búnaður oft tengdur GPS merkjum sem stýra staðsetningu í fleti og hæð. Allur þessi búnaður léttir mikið vinnuna, en eins og oft er sagt „veldur hver á heldur“, það þarf einnig hug og hönd til að nýta sér þessa tækni. Efni sem ekki er meðhöndlað rétt við frágang yfirborðs getur spillst og orðið ónothæft.

Hér eru nokkur atriði sem hafa þarf í huga þegar komið er að frágangi yfirborðs á burðarlagi:

- Ef umferð er um veginn þarf að halda efninu röku, annars er hætta á að fínefni tapist úr efninu og það aðskiljist. Efnið þarf að liggja kyrrt.
- Lagþykktir þurfa að vera nægilegar til að hægt sé að „taka vel á“ við upprif ef þörf krefur.
- Til að forðast aðskilnað þarf að vera nægilega mikið af efni fyrir tönninni við upprif og afréttingu.
- Ekki er ráðlegt að „taka lítið á“ því þá eykst hætta á aðskilnaði. Þetta er háð eiginleikum efnisins og er gróft efni almennt vandmeðfarnara.

Þegar frágangur yfirborðs er að verða „réttur“ er ráðlegt að fara síðustu ferðirnar án sjálfvirkrar stjórnunar (nema þverhalla). Það gefur besta „fína“ sléttleika (ýfi) þar sem búnaðurinn er ekki að svara einhverjum smávægilegum skekkjum í hæð sem ekki skipta máli.

Heimildir.

Við samningu þessa kafla var stuðst við ýmsar heimildir. Þær eru (nánari tilvísanir í heimildalista í lok skýrslunnar): *Crushing and Screening* [KR 2007], *Crushing and Screening Handbook* [JE 2008], *Crushing Process Planning* [JE 2008], *Efnisvinnsla - verktækni og þekking* [BW 1999],

Liner selection for the Gyrasphere cone crusher [DS án ártals], *Námur - efnisgæði og umhverfi* [BW 1999], *Steinmaterialer til vegeg-flyplasser-jernbaner* [SV 2000], *Stockpile Segregation* [JN 2008] og *Wills' Mineral Processing Technology* [BW 2006].

6.3 Hönnun vega úr sprengdu bergi

Hvað burðarþol snertir eru vegir hannaðir í samræmi við gildandi leiðbeiningar Vegagerðinnar um hönnun vega [HS 2008]. Leiðbeiningarnar eru að hluta til byggðar á norskum verklýsingum [VB 2005] en staðfærðar með hliðsjón af íslenskum aðstæðum. Þykktarhönnun er byggð á burðargildisaðferðinni¹⁴. Hún er kynnt í mjög stuttu máli í viðauka I. Þar eru einnig tekin dæmi sem sýna meðal annars hvernig má spara efni með því að nota sprengt berg í staðinn fyrir laus setlög í uppbyggingu vegarins. Í töflu 6.3.1 eru sýndir álagsdreifistuðlar fyrir nokkur algeng vegagerðarefni.

Tafla 6.3.1. Álagsdreifistuðlar nokkurra efna sem eru algeng í yfirbyggingu vega¹⁵.

Sandur, möl, $C_u < 10$	0,75
Sandur, möl, $C_u \geq 10$	1,0
Sprengt berg (óunnið):	
$D_{\max} < \frac{1}{2}$ lagþykktin	1,0
Púkkmulningur ($C_u \geq 15$):	
Úr sterku bergi	1,35
Mulin möl	1,25
Mulið berg	1,35
Malbik	3,0

Af töflunni má ráða að efnisval geti haft talsverð áhrif á lagþykktir. Til dæmis jafngildir 300 mm styrktarlag úr muldu bergi um 400 mm styrktarlagi úr sandi eða möl með dreifðum sáldurferli ($C_u \geq 10$), hvað burðarþol snertir.

Fleiri dæmi um notkun burðargildisaðferðarinnar er að finna í áður nefndum leiðbeiningum Vegagerðarinnar. Þess má geta að á netinu [GR án ártals] er aðgengilegt lipurt forrit til að finna hæfilega uppbyggingu í samræmi við áður nefndar norskar verklýsingar.

¹⁴ *Burðargildisaðferð*; á norsku: *indexmetode*.

¹⁵ C_u , sem kemur fyrir í töflunni táknar stærðadreifingarstuðul efnisins, nánar skilgreint sem d_{60}/d_{10} . d_x táknar möskvastærðina sem x % af efninu smjúga við sigtun.

6.4 Leiðbeiningar um notkun bergs

Í þessum kafla eru m. a. settar fram kröfur til sprengds bergs sem er notað í vegagerð, þó takmarkaðar við óbundin lög. Ennfremur er gerð grein fyrir verklagsreglum. Efnid er að hluta til sótt í norskar og sænskar verklýsingar, en staðfært eftir þörfum í samræmi við reynslu hér á landi og samræmt leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur [VG 2010].

Í Alverk '95 er birt tafla yfir stærðaflokkun steinefna [VG 1995, bls. 21] og þar er gert ráð fyrir yfir- og undirstærðum. Þrátt fyrir það hefur fram til þessa tíðkast hér á landi að tákna efnisstærðaflokk með d-D, þar sem d táknar möskvastærð í sigti sem smæsta efnid í flokknum situr á en D táknar möskvastærð í sigti sem allt efnid smýgur; með öðrum orðum leyfi þessi ritháttur engar yfir- eða undirstærðir. Dæmi um slíka framsetningu er steinefni í klæðingar, til dæmis er stærðaflokkurinn 11-16 mm nánast hreinsigtaður á þessum sigtum.

Tafla 6.4.1. Ákvæði um yfir- og undirstærðir steinefna sem eru einkennd með d/D stærðaflokkun samkvæmt staðli ÍST EN 13242.

Gerð steinefnis ^d	Stærð mm	Sáldur, % af þyngd					Kröfuflokkur G
		2 D ^a	1,4 D	D	d ^c	d/2	
Flokkað efni	D > 4 og d ≥ 1	100	100	90-99	0-10	0-2	G _C 90/10
		100	98-100	90-99	0-15	0-5	G _C 90/15
		100	98-100	85-99 ^b	0-15	0-5	G _C 85/15
		100	98-100	85-99 ^b	0-20	0-5	G _C 85/20
		100	98-100	80-99	0-20	0-5	G _C 80/20
		100	98-100	85-99 ^b	0-15	0-2	G _{CA} 85/15
Óflokkað efni	d = 0 og D > 4	100	98-100	90-99	-	-	G _A 90
		100	98-100	85-99	-	-	G _A 85
		100	98-100	80-99	-	-	G _A 80
		100		75-99			G _A 75

Skýringar við töfluna:

^a Steinefni með D > 63 mm (t.d. 90 mm) er undanþegið ákvæðinu um sáldur á sigti með möskvastærð 2D, þar sem sigtaröð ISO 565/R20 takmarkast að ofan við 125 mm sigti. Ákvæðið varðandi 1,4D gildir hinsvegar.

^b Ef hlutfallið D/d er minna en 2 (flokkað efni) og kröfuflokkurinn er G_C 85/15, G_C 85/20 eða G_{CA} 85/15 má minnka hlutfallið sem smýgur sigti með möskvastærðina D um 5 %, að teknu tilliti til fyrirhugaðrar notkunar steinefnisins.

^c Mörkunum fyrir þann hluta steinefnanna sem smjúga sigti með möskvastærð d má breyta og tilgreina í staðinn tölu á bilinu 1-15 fyrir G_C 85/15 og á bilinu 1-20 fyrir G_C 80/20, ef það er nauðsynlegt til að tryggja heppilega stærðadreifingu steinefnisins.

^d Flokkað efni er nefnt „Coarse“ í staðlinum (sbr. merkinguna _C í G_C). Óflokkað efni er nefnt „All-in“ í staðlinum (sbr. merkinguna _A í G_A).

Með gildistöku nýrra staðla (staðlaröðin ÍST EN) hefur orðið breyting á. Staðlar ÍST EN 13285 og ÍST EN 13242 fjalla meðal annars um það hvernig skuli setja fram stærðadreifingu á steinefnum. Hana má tilgreina sem d/D þar sem d táknar neðri flokkunarstærð og D efri flokkunarstærð steinefnisins, hvorutveggja í mm. Um leið eru gefnir möguleikar á yfirstærðum og undirstærðum innan vissra marka, með öðrum orðum má tiltekinn hluti efnisins smjúga sigti með möskvastærðina d og sömuleiðis má tiltekinn hluti efnisins sitja á sigti með möskvastærðina D, sjá töflu 6.4.1. Hlutfall yfir- og undirstærða er tilgreint með vali úr nokkrum kröfuflokkum sem eru skilgreindir í staðli ÍST EN 13242. Í staðli ÍST EN 13285 eru einnig sett fram ákvæði um markalínur fyrir fyrir óflokkað efni (d = 0) og um hámark og lágmark fínefna. Möskvastærðir í sigtum eru tilgreindar í samræmi við ISO 565, sigtaröð R20/3 meðan hún endist, en fyrir ofan

125 mm sigti er gert ráð fyrir að margfeldisstuðull milli möskvastærða sé $\sqrt{2}$ [ISO 1990a]. Í töflu 6.4.1 eru sýndar kröfur um yfir- og undirstærðir samkvæmt staðli ÍST EN 13242.

Þegar flokkað efni á í hlut og $D/d > 2$ gerir staðallinn enn fremur kröfu um að sáldurferillinn fari um tiltekið hlið sem liggur á milli efri (D) og neðri (d) flokkunarstærðar og ákvarðast af millisigti. Staðsetning hliðsins og breidd þess er sýnd í töflu 6.4.2.

Tafla 6.4.2. Ákvæði um sáldurdreifingu millistærða.

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

Ef flokkað efni, 22/125 ($D/d \geq 4$), er tekið sem dæmi sýnir taflan að minnst 20 % og mest 70 % efnisins skulu smjúga 63 mm sigti (D/2).

Í þessu riti eru efnisstærðaflokkar ýmist táknaðir með d/D eða með markalínum. Kröfur til yfir- og undirstærða eru tilgreindar í töflu 6.4.1 sem er tekin (og stytt) úr ÍST EN 13242. Með flokkuðu efni er átt við steinefni með neðri flokkunarstærð ($d \geq 1$ en efri flokkunarstærð ($D \geq 4$), og efnisflokkurinn getur verið hvort heldur er ein tiltekin stærð (single size) eða margar slíkar settar saman. Með óflokkuðu efni er hins vegar átt við blandað steinefni með $d=0$ og $D > 4$.

Leyfileg stærðadreifing steinefna fyrir burðarlög (kafla 6.4.4) og fyllingar (kafla 6.4.1) er í þessu riti bæði tilgreind með og án markalína, en fyrir styrktarlagsefni eru ekki gefnar upp markalínur. Nöfn á stærðaflokkum eru í samræmi við tillögu Gunnars Bjarnasonar (sjá viðauka V) að stærðaflokkun steinefna [GBj 2007].

Þegar undir- og yfirstærðir eru tilgreindar er hægt að velja um nokkra kosti fyrir flokkað efni, sbr. töflu 6.4.1. Í töflunni tákna $G_C X/Y$ að minnst X % efnisins eiga að smjúga grófara sigtið (efri flokkunarstærð), mest Y % mega smjúga það fínna (neðri flokkunarstærð) og allt efnið á að smjúga sigti með möskvastærð 2D. Auk þess þarf sáldurferillinn að fara í gegnum tiltekin hlið fyrir sigtastærðirnar 1,4 D og d/2.

Sem dæmi má taka flokkað efni 22/125 þ.e. $d = 22$ og $D = 125$. Ef valinn er kröfuflokkur $G_C 85/15$ þá mega 0-15% af efninu smjúga 22 mm sigti (d) og 85-99 % af efninu mega smjúga 125 mm sigti (D). Þannig verður að lágmarki 1 % af efninu að sitja á 125 mm sigtinu sem er mikilvægt til að tryggja að efnið nái þeirri efri flokkunarstærð (þ.e. $D = 125$). Samkvæmt kröfuflokki $G_C 85/15$ mega 0-5% af efninu smjúga 11 mm sigti ($d/2 = 11$) og 98-100 % verða að smjúga 175 mm sigti ($1,4D = 175$). Að lokum verður allt efnið að smjúga 250 mm sigti ($2D = 250$).

Fyrir óflokkað efni er ekki um neinar undirstærðir að ræða þar sem neðri flokkunarstærð er 0. Yfirstærðir er hægt að velja úr fjórum flokkum, $G_A 90$, $G_A 85$, $G_A 80$ og $G_A 75$ (síðastnefndi flokkurinn er ekki notaður í þessu riti) þar sem $G_A X$ tákna að minnst X % eiga að smjúga sigti sem svarar til efri flokkunarstærðar. Allt efnið á að smjúga sigti með möskvastærð 2D og minnst 98 % sigti með möskvastærð 1,4D [ÍST EN 13242].

Sem dæmi má taka óflokkað efni 0/90 þ.e. $d = 0$ og $D = 90$. Ef valinn er kröfuflokkur $G_A 80$ þá mega 80-99 % af efninu smjúga 90 mm sigti (D) og eins og í dæminu hér fyrir ofan verður að lágmarki 1 % af efninu að sitja á 90 mm sigtinu. Á bilinu 98-100 verða að smjúga 125 mm sigti ($1,4D = 125$). Að lokum verður allt efnið að smjúga 180 mm sigti ($2D = 180$).

ÍST EN 13285 tilgreinir leyfða stærðardreifingu steinefna einnig með markalínum og sú aðferð er m.a. notuð fyrir burðarlagsefni, sjá kafla 6.4.4 í þessum leiðbeiningum, í stærðaflokkum 0/X með D (efri flokkunarstærð) allt að 90 mm.

Fyrir styrktarlag eru ekki gefnar upp markalínur en í kafla 6.4.1 eru gefnar upp markalínur fyrir grjót í fyllingar.

6.4.1 Fylling

Inngangur. Sprengt berg í fyllingar er fengið úr klapparskæringum, frá jarðgangagerð eða úr námum. Heppilegast er að efnið sé teningslaga grjót með jafnri stærðadreifingu en laust við verulega mylsnu (þ.e. fínefni smærra en 0,063 mm). Að jafnaði eru efnisgæði sprengds bergs viðunandi til notkunar í fyllingar en mjög ummyndað berg getur þó verið óheppilegt við vissar aðstæður. Sprengt berg úr jarðgöngum inniheldur oft talsverða mylsnu, sem getur þurft að sigta frá ef nota á efnið við erfiðar aðstæður, t.d. í brattlendi og þar sem góðrar afvötnunar er krafist.

Notkun bergs í fyllingar er ekki líkleg til að valda vandræðum, nema hvað þjöppun á mjög grófu efni getur verið erfiðleikum bundin.

Efnisgerð og lagþykktir. Í fyllingu úr sprengdu bergi fer D'_{98} ¹⁶ annars vegar eftir lagþykktinni, hins vegar eftir staðsetningu í fyllingunni. Í fyllingarefni má D'_{98} vera allt að 2/3 af lagþykktinni. Þegar krafist er þjöppunar í þunnum lögum skal minnka D'_{98} í samræmi við lagþykkt.

Í þeim hluta fyllingar sem lendir ofar en 1500 mm undir vegyfirborði skulu steinar sem eru stærri en hnullungar (500 mm í þvermál) ekki vera nær yfirborði vegfyllingar en sem nemur 1,5 × þvermál steinanna. Í fyllingu úr sprengdu bergi skal efsti 1 m fyllingarinnar vera úr efni sem er nægilega lekt og yfirborð undirbyggingar á að vera nægilega opið til að vatn safnist ekki fyrir á yfirborði hennar. Hvað fínefnainnihald varðar í þessum hluta skal fylgja sömu reglum og um styrktarlag (sjá kafla 6.4.3).

Á milli fyllingar úr sprengdu bergi og burðarlags skal koma minnst 0,2 m þykkt styrktarlag til afréttingar sem jafnframt þarf að uppfylla kröfur til síulags ef þörf er á síulagi [sbr. VB 2005, bls. 77]¹⁷. Styrktarlaginu má sleppa ef fyllingin er úr muldu bergi og efnið uppfyllir að öðru leyti kröfur til styrktarlags.

Útlögn. Fyllingu skal leggja í lögum og þykkt hvers lags ákvarðast af kröfum til stöðugleika fyllingar og búnaði til þjöppunar. Hvert lag fyllingar skal ná yfir alla breidd hennar. Ekki skal hefja útlögn styrktarlags fyrr en gerð undirbyggingar hefur verið tekin formlega út og samþykkt.

Fyllingarefni úr sprengdu bergi, sem ætlast er til að ná fullum stöðugleika um leið og þjöppun er lokið, skal leggja út og þjappa í 0,5 – 2 m þykkum lögum og þjappa hvert lag í samræmi við töflu 6.4.3. Ef grjótstærðir leyfa er æskilegt að þjappa í þynnri lögum og gropið hraunefni skal leggja í mest 0,75 m þykkum lögum. Efsta lag fyllingar úr grjóti skal þjappa í mest 0,8 m þykku lagi með $D'_{98} \leq 400$ mm. Útlögn skal hagað þannig að undirlagið skaðist ekki, og þegar fyllt er á mjúkt undirlag (mýri) skal fyrst leggja út 0,2 m þykkt verndarlag úr frostfrírri mól til að forðast að steinarnir brjóti upp yfirborð mýrarinnar og sökkvi í hana. Í sama tilgangi má nota síudúk.

¹⁶ D'_{98} táknar möskvastærð (mm) í sigti sem minnst 98 % steinefnisins smjúga. Sé annað ekki tekið fram er $D'_{98}=1,4D$ þar sem D er efri flokkunarstærð steinefnisins. D'_{98} er hentugt mat á stærð stærstu steina í efninu.

¹⁷ Í norskum verklýsingum er talað um að efstu 0,2 m fyllingarinnar skuli vera úr efni sem uppfyllir kröfur til styrktarlags. Eðlilegra er að kalla þennan hluta styrktarlag þótt hann sé ætlaður til afréttingar á fyllingunni.

Ef fyllingin er lægri en 6 m og engar sérstakar kröfur gerðar til sigs, má leggja fyllingarefnið í einu lagi frá tipp og ýta því fram af brún hans, allt upp að 0,8 m undir yfirborði fyllingar. Þegar fyllingin er komin í þessa hæð þarf að þjappa hana í samræmi við töflu 6.4.3. Það sem á vantar (0,8 m) er lagt í einu lagi úr efni með $D'_{98} \leq 400$ mm. Yfirborð þess er rétt af og þjappað með samskonar valta, minnst 5 umferðir. Þjöppunin þarf nauðsynlega að ná alveg út að brún fyllingarinnar. Sig í fyllingum eins og hér er lýst getur orðið um það bil 1 % af þykktinni og má reikna með að það þurfi minnst 6 mánuði til að ganga yfir.

Ef fyllingin er hærri en 6 m og engar sérstakar kröfur gerðar til sigs er heppilegt að leggja hana í 1-3 m þykum lögum og þjappa hvert lag í samræmi við töflu 6.4.3. Þessi aðferð hentar líka fyrir lægri fyllingar ef ætlunin er að halda eftirþjöppun í lágmarki. Eftirþjöppun í svona fyllingum getur orðið allt að 0,5 % af fyllingarþykktinni og er að jafnaði afstaðin eftir 6 mánuði frá útlögn [SV 1993, bls. 65].

Flái á fyllingum úr sprengdu bergi má ekki vera brattari en 1:1,5.

Ef nauðsynlegt reynist, skal kíla og þetta yfirborð undirbyggingarinnar til að uppfylla kröfur um frávik í hæð og eins til að loka meiriháttar holrúmum í yfirborðinu. Efni til kílingar skal standast kröfur til styrktarlags. Kílingar- og afréttingarefni á að valta með titurvalta (með minnst 30 kN/m línuálagi) og minnst fjórum umferðum. Í undirbyggingunni má ekki fyrirfinnast snjór eða ís.

Þjöppun. Við upphaf verks skal leggja fram áætlun um þjöppun, byggða á þeim gerðum valta, sem nota á til verksins og áætlun um hvernig mælingum á þjöppun verður háttað í verkinu.

Fyllingu úr sprengdu bergi skal þjappa þar til þjöppun er fullnægjandi. Ávalt skal nota titurvalta sem búinn er þjöppumæli. Tafla 6.4.3 sýnir lágmarksfjölda yfirferða með valta. Æskilegt er að valtar séu búnir tölvubúnaði sem tengdur er við GPS staðsetningarbúnað þegar umferðir valta eru taldar. Slíkur búnaður eykur verulega líkur á því að allt yfirborð vegarins hafi verið þjappað með fullnægjandi hætti.

Tafla 6.4.3. Lágmarksfjöldi yfirferða við þjöppun á fyllingu úr sprengdu bergi.

Tæki	Línuálag ¹⁸ [kN/m]	Heildarþyngd [tonn]	Lagþykkt [mm]	Fjöldi yfirferða
Dreginn titurvalti	>45	>10	2000-6000	≥10
Ekinn titurvalti	>45	>10	1000-2000	≥10
	>30	>5	500-1000	≥5

Til þjöppunar á efsta lagi fyllingar skal nota titurvalta með línuálag minnst 30 kN/m, en minnst 45 kN/m fyrir þann hluta sem lagður er frá tipp.

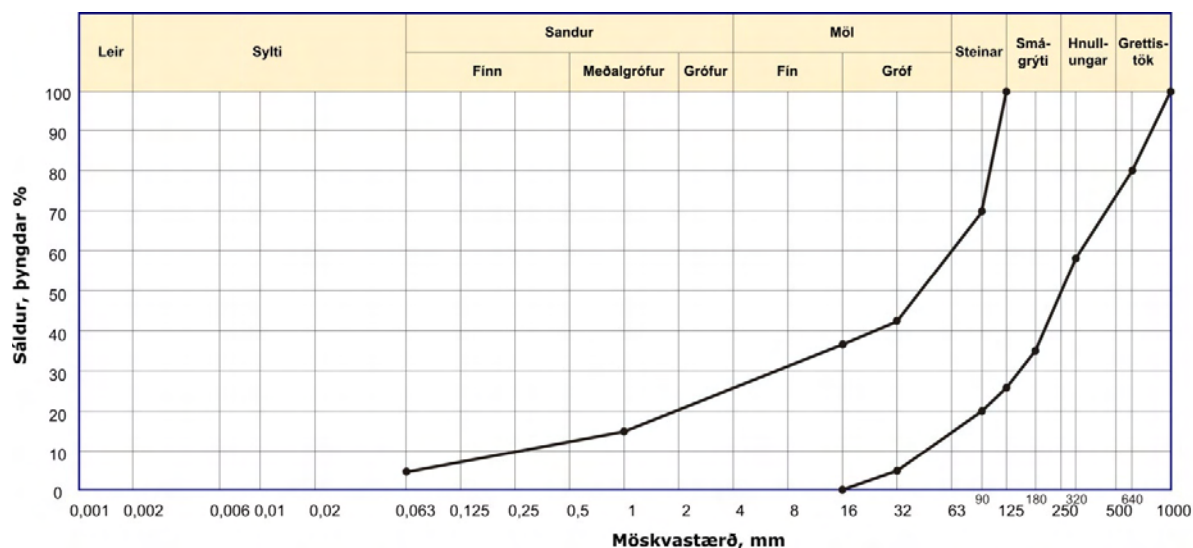
Ef undirbyggingin hefur mengast af lausum jarðefnum, eða efnið í henni hefur molnað niður vegna efnisflutninga þarf að fjarlægja efni sem hefur spillst áður en fyllingin er þjöppuð [VV 205, bls. E55]. Fyrir niðurlögn á styrktarlagi skal sléttun og þjöppun fyllingar vera að fullu lokið.

Kröfur. Lágmarkskröfur til fyllingarefna eru að hlutur lífrænna efna (mælt með glæðitapi) skal ekki vera meiri en 3 % (af öllu efninu) og í því mega ekki vera ísklumpar eða snjór. Að öðru leyti er notkunarhæfi fyllingarefnis metið með jarðtæknilegri hönnun og er þá tekið mið af efnisgæðum og aðstæðum þar sem nota á efnið.

Sprengt berg til notkunar í fyllingar getur verið þrenns konar [VV 2005 bls. E53-55]:

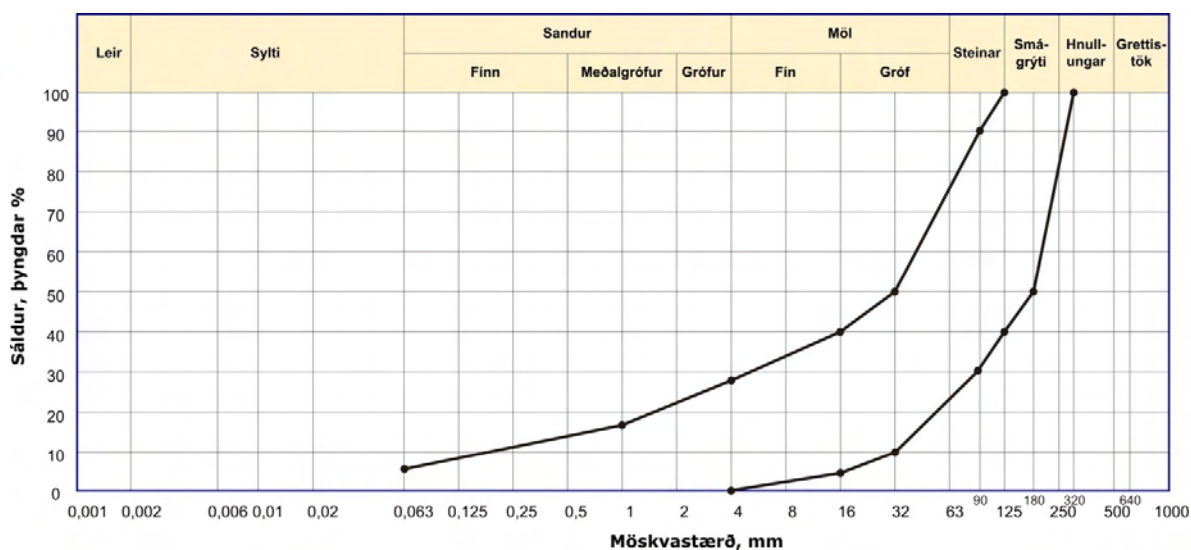
¹⁸ Línuálag (valta): Þyngd valta (í kyrstöðu og án titrunar) deilt með lengd tromlu.

- Í fyllingu sem er 1500 mm eða meira undir vegyfirborði má nota óunnið sprengt berg. D'98 takmarkast af lagþykkt en aðrar kröfur eru ekki gerðar til sáldurferils.
- Í fyllingu sem er ofan við 1500 mm undir vegyfirborði má nota sprengt og flokkað berg með efri flokkunarstærð ≤ 640 mm og 20 % yfirstærðir (G_A 80). Þykkt slíkrar fyllingar þarf að vera minnst 800 mm. D'98 má ekki vera meiri en 2/3 lagþykktar. Kröfur til sáldurferils eru sýndar á mynd 6.4.1.



Mynd 6.4.1. Markalínur fyrir efni í fyllingar úr sprengdu og flokkuðu bergi [VV 2005, bls. E54].

- Í fyllingu sem er ofan við 1500 mm undir vegyfirborði má einnig nota sprengt og mulið berg með efri flokkunarstærð ≤ 250 mm og 20 % yfirstærðir (G_A 80). Lagþykkt skal vera minnst 1000 mm. D'98 má ekki vera meiri en 2/3 lagþykktar. Kröfur til sáldurferils eru sýndar á mynd 6.4.2.



Mynd 6.4.2. Markalínur fyrir efni í fyllingar úr sprengdu og muldu bergi [VV 2005, bls. E55].

Kröfur um þjöppun samkvæmt plötuprófi eru birtar í töflu 6.4.4 Þær gilda þó aðeins ef fyllingarefnið er smærra en 150 mm. Að jafnaði er þjöppun á fyllingum ekki prófuð með plötuprófi, enda er þess ekki krafist í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um fyllingar (VG 2010), en gildin í töflunni má nota til að kvarða þjöppumæla í völtum. Kröfurnar í töflunni eru teknar úr norskri heimild [VB 2005, bls. 203]. Þessar kröfur eru strangar og er krafan fyrir efstu 3 m fyllingar sambærileg við kröfur Alverks 95 fyrir burðarlag.

Tafla 6.4.4. Kröfur til þjöppunar á fyllingu úr sprengdu bergi, mæling með plötuprófi.

Lag	E_2/E_1	E_2 , MPa
Fylling, efstu 3 m	$\leq 3,5$	>120
Fylling, undir 3 m	$\leq 3,5$	>90

Ekki er hægt að nota plötupróf á grófara efni en 150 mm og/eða ekki grófara efni en þriðjung af þvermáli plötu. Heimilt er að nota aðrar aðferðir, svo sem þjöppunarmæli í valta, fjölda yfirferða með valta og hæðarbreytingar á fyllingu, til að meta þjöppun en þær skulu vera kvarðaðar á mótí plötuprófi. Ef aðrar aðferðir en plötupróf eru notaðar til að meta þjöppun á fyllingu úr sprengdu bergi, skal lágmarksfjöldi yfirferða eftir gerð valta og lagþykkt vera samkvæmt töflu 6.4.3.

Um nákvæmni í hæðarlegu gilda kröfur í töflu 6.4.5. Þær gilda einungis fyrir fyllingar úr grjóti, um fyllingar úr öðrum efnum gilda kröfur í leiðbeiningum Vegagerðarinnar [VG 2010].

Tafla 6.4.5. Kröfur um nákvæmni í hæðarlegu á yfirborði fyllingar úr sprengdu bergi. Tölurnar gilda fyrir 500 m kafla á tveggja akreina vegi eða 1000 m á einni akrein.

	Fjöldi þungra ökutækja, ADU_b		
	≥ 400	≥ 100	< 100
Mesta frávik frá hönnuðu yfirborði, stakar mælingar (mm)	+100 -100	+100 -100	+100 -100
Mesta frávik frá hönnuðu yfirborði, meðaltal mælinga (mm)	+30 -30	+30 -30	+30 -50

6.4.2 Síulag

Inngangur. Ef mikill munur er á sáldurferlum tveggja óbundinna laga sem liggja saman í veghlotinu getur verið nauðsynlegt að skjóta inn síulagi á milli þeirra. Síulagið á að [VV 2005, bls. 23]:

- varna því að fínefni komist í gegnum lagið og valdi skemmdum á næsta lagi fyrir ofan
- varna því að fingert efni úr burðarlagi eða styrktarlagi sáldrist ofan í næsta lag fyrir neðan
- vera nægilega gisið til að vatn safnist ekki saman í eða við lagið
- hafa heppilegan sáldurferil þannig að það blandist ekki efni úr næsta lagi
- hafa lagþykkt þannig að kröfur um stæðni séu uppfylltar

Við aðstæður þar sem reikna má með að hæð grunnvatnsborðs geti verið flöktandi eða vatn geti borið fínefni milli laga getur síulag komið að góðu gagni.

Þörf á síulagi má kanna með því að bera sáldurferla laganna saman við síukröfurnar hér á eftir. Algengast er að síulags sé þörf á milli fyllingar og styrktarlags eða fyllingar og vegbotns. Einnig getur verið þörf á síulagi milli styrktarlags og burðarlags.

Í stað síulags má nota síudúk og af honum eru margar gerðir á boðstólum. Erlendis er algengt að nota síudúk sem þá er valinn með hliðsjón af aðstæðum [VB 2005, bls. 205-208]. Fram til þessa hefur síudúkur lítið verið notaður hérlandis, einna helst ofan á blautar mýrar þar sem hætta er á jarðvegsbrotri í vegstæðinu, til að taka upp lárétta krafta og til að varna því að fínefni komist upp í veghlotið.

Styrktarlag úr grófpúkki eða sprengdu bergi getur verið mjög gisið og þá getur verið þörf á malarkenndu síulagi með vel dreifðan sáldurferil ($C_u \geq 10$) ef næsta lag fyrir neðan er úr mjög smágerðu efni [VT 1974, bls. 34].

Efnisgerð og lagþykktir. Síulag er yfirleitt úr sendinni mól eða grófum sandi. Sé síulag lagt á slétt undirlag þarf það að vera minnst 150 mm þykkt en algengar lagþykktir eru 200-400 mm. Lagþykktin verður að vera minnst tvisvar sinnum D'_{98} . Þar sem þörf er á tvískiptu síulagi er neðri hlutinn gjarna hafður 150 mm þykkur en sá efri 100 mm.

Kröfur. Síulag úr sandi og mól skal uppfylla síukröfur bæði gagnvart laginu fyrir neðan og laginu fyrir ofan. Efni í síulag þarf að uppfylla eftirfarandi skilyrði [VT 1974, bls. 34]¹⁹:

$$a) \frac{d_{15G}}{d_{85S}} \leq 5$$

$$b) \frac{d_{50G}}{d_{50S}} \leq 25$$

Þessi tvö skilyrði tryggja að fínefni úr aðliggjandi lagi spilli ekki síulaginu.

$$c) \frac{d_{15G}}{d_{15S}} \geq 5$$

Þetta þriðja skilyrði tryggir að síulagið framræsi vatn til muna betur en smágerðara lagið af þeim tveim sem liggja að síulaginu. Að jafnaði þarf að uppfylla öll skilyrðin en það fyrsta er mikilvægast.

Ef síulagið á að þjóna sem hluti af styrktarlagi má sá hluti efnisins sem smýgur 63 mm sigti mest innihalda 7 % fínefni (smærra en 0,063 mm).

Dæmi um notkun síulagskraftnanna er að finna í viðauka IV.

Þjöppun. Þjöppun síulags skal vera minnst 95 % af „modified“ Proctor þjöppun.

6.4.3 Styrktarlag

Inngangur. Að jafnaði er styrktarlagið efnisfrekasta lagið í yfirbyggingunni. Þess vegna getur borgað sig að leggja vinnu í að velja það af kostgæfni. Þúkk, grófpúkk og malað, sprengt berg eru allt efnisgerðir með heppilega eiginleika hvað varðar afvötnun, burðarþol og stæðni og henta

¹⁹ G (með hnéletri í síulagsskilyrðunum) vísar til grófara lagsins af þeim tveim sem liggja saman, en S (einnig með hnéletri) vísar til smágerðara lagsins, þess sem síulaginu er teft gegn. Venjulega er síulagið efra og grófara lagið, en neðra lagið (sem getur verið jarðbyrði, vegbotn eða fylling úr smágerðu efni, t.d. sylti) smærra og fínefnarikara. Í undantekningartilfellum getur þetta snúist við, þannig að smágerðara lagið sé ofan á en grófara efni undir, t.d. fylling úr sprengdu bergi.

Þess vegna vel í styrktarlag. Sprengt og malað berg og púkk er því heppilegt efni í styrktarlag sérstaklega á svæðum þar sem úrkoma er mikil.

Styrktarlag úr sprengdu bergi getur þurft að rétta af með smærra efni til að uppfylla kröfur um hæðarlegu og eins til að varna því að smærra efni úr næsta lagi fyrir ofan hrynji ofan í styrktarlagið, sbr. kröfur um síulag. Sömuleiðis getur þurft að tryggja stæðni í efsta hlutanum til að auðvelda útlögn og þjöppun burðarlagsins. Efni í styrktarlag þarf að velja með þetta í huga og með hliðsjón af aðgengilegu efni til afréttingar.

Þegar óflokkað, sprengt berg er notað í styrktarlag getur þurft að auka lagþykktir vegna ákvæða um hlutfall lagþykktar og hámark steinastærðar. Þá getur reynst hagstæðara að grófmala efnið eða flokka það fremur en að auka lagþykktina, auk þess sem styrktarlagið verður einsleitara. Sprengt, óunnið berg er fremur ódýrt efni í styrktarlag ef flutningsleiðin er stutt, en það þarf að rétta af með mulningi, t.d. 22/125 mm eða 0/90 mm [SV 2000, bls. 23].

Óflokkuðu, sprengdu bergi hættir til aðskilnaðar við uppmokstur, flutning og útlögn. Þá geta myndast hreiður af grófu efni annars vegar og flekkir með miklu fínefni hins vegar í styrktarlaginu. Þetta ber að forðast eins og kostur er með verktilhögun. Þegar svona stendur á getur þurft að grófmala efnið og sigta fínefnið frá til að tryggja að styrktarlagið verði ekki frostnæmt [VT 1974, bls 37]. Einnig ber við að í bergi séu millilög úr lélegu efni, sem verður að mylsnu sem getur verið nauðsynlegt að sigta frá.

Efnisgerð og lagþykktir. Sprengt berg sem er notað í efri hluta styrktarlags skal vera malað eða flokkað, nema því aðeins að það springi nægilega smátt til að uppfylla kröfur um D'_{98} , og sömuleiðis kröfu um hlutfall D'_{98} og lagþykktar.

Í óflokkuðu, sprengdu bergi eru oft steinar sem eru stærri en svo að efnið henti í fyrirhugaða lagþykkt. Þá getur komið til álita og verið hagkvæmt að auka lagþykktina meira en hönnunar-kröfur um lagþykkt segja til um [VT 1974, bls 37-38].

Fyrir óunnið og óflokkað efni getur verið hentugt að miða lagþykktir við D'_{98} . Í styrktarlagi úr sprengdu bergi má D'_{98} mest vera 2/3 af lagþykktinni. Fyrir malað eða flokkað efni er æskilegt að miða við efri flokkunarstærð (D) og skal hún ekki vera meiri en helmingur af lagþykktinni. Ef styrktarlag er úr púkki eða grófpúkki má D'_{98} heldur ekki vera meiri en 250 mm. Ef styrktarlaginu er skipt í efri og neðri hluta styrktarlags verður efra lagið að vera minnst 150 mm þykkt. Í efri hluta styrktarlags skal efri flokkunarstærð efnis (D) ekki vera meiri en 150 mm.

Tafla 6.4.6 sýnir algengustu stærðaflokka efnis úr sprengdu bergi sem notað er í styrktarlag. Burðargetan eykst nokkuð með efri flokkunarstærð.

Tafla 6.4.6. Algengir stærðaflokkar efnis sem unnið er úr sprengdu bergi í styrktarlag.

Óflokkað efni [mm]	Flokkað efni [mm]
0/90	22/90
0/125	22/125
0/180	22/180
0/250	

Undantekt smærra efnis en 22 mm stuðlar að góðum afvötnunareiginleikum og kemur í veg fyrir vatnsnæmi en getur hinsvegar dregið úr burðarþoli og stæðni efnisins.

Flokkað efni t.d. 22/90 og 22/125 er dýrara í framleiðslu en stærðaflokkar með dreifðum sáldurferli t.d. 0/180 og 0/250. Fyrirnefndu flokkarnir eru hinsvegar auðveldari í útlögn og auðveldara að uppfylla gæðakröfur.

Stærðaflokkurinn 0/250 er ódýr í framleiðslu en efnið getur reynst vatnsnæmt vegna þess að holrýmið er tiltölulega lítið og fyllist fljótar af fínefni en holrýmin í þrengri stærðaflokkum. Þar að auki hættir fínefninu til að safnast saman vegna aðskilnaðar. Vegna grófleikans getur verið erfitt að leggja efnið út í rétta hæð og þá getur þurft að leggja efri hluta styrktarlagsins sem afréttingarlag. Af þessum ástæðum getur þessi stærðaflokkur verið óheppilegur í styrktarlag [SV 2000, bls. 23].

Púkk og grófpúkk má nota sem styrktarlag án takmörkunar á umferð. Sprengt berg má nota í neðri hluta styrktarlags án takmarkana á umferð og í efri hluta styrktarlags fyrir umferð allt að 6500^{20} ÁDU (650 ÁDU_p) en þá er ætlast að styrktarlagið sé rétt af með minnst 100 mm þykku lagi af púkki eða grófpúkki [SV 2000, bls 26; VB 2005, bls. 173]. Einnig má sameina afréttinguna neðri hluta burðarlagsins þannig að efri hluti styrktarlagsins og neðri hluti burðarlagsins sé úr sama efni en þá þarf efnið að uppfylla kröfur til neðri hluta burðarlags. Dæmigerðir stærðaflokkar til þessara nota eru 0/63 mm lagt ofan á lag af 0/90 – 0/125 mm eða 22/90 - 22/125 mm.

Efsta eins m lag fyllingar úr sprengdu bergi má skoða sem styrktarlag ef efnið í þessum hluta fyllingarinnar uppfyllir kröfur til efnis í styrktarlag.

Sé styrktarlag rétt af eru að lágmarki gerðar sömu kröfur til efnis í afréttingarlagið og til efnis í efri hluta styrktarlags. Ef fylling er gerð úr frostfríu, sprengdu bergi dugar 200 mm þykkt styrktarlag.

Útlögn. Styrktarlag má leggja í tveim lögum, efri og neðri hluta styrktarlags, úr efnnum af mismunandi gæðum, til að nýta efniseiginleikana til fullnustu. Ef D'_{98} í efni í styrktarlag er 90 mm eða minna er æskilegt að leggja styrktarlag út með púkkdreifara. D'_{98} má ekki vera meiri en $2/3$ lagþykktarinnar. Einnig er hægt að miða við efri flokkunarstærð og skal hún ekki vera meiri en hálf lagþykkt. Styrktarlagsefni úr grjóti má tippa á sléttað yfirborð og ýta út. Að útlögn lokinni á styrktarlagið að hafa slétt yfirborð. Ef nauðsyn krefur er yfirborðið þétt með púkki til að fá góðan flöt til að þjappa burðarlagið á.

Þegar styrktarlag er lagt úr sprengdu bergi getur reynst erfitt að uppfylla kröfur um hæðarlegu og sléttleika. Þá getur þurft að rétta styrktarlagið af. Efnið sem notað er til afréttingar þarf að lágmarki að uppfylla kröfur til efri hluta styrktarlags og til burðarlags ef umferðin er meiri en 1000 ÁDU. Auk þess þurfa síukröfur að vera uppfylltar.

Þjöppun. Við upphaf verks skal leggja fram áætlun um þjöppun, byggða á þeim gerðum valta, sem nota á til verksins og áætlun um hvernig mælingum á þjöppun verður háttáð í verkinu.

Tæki til þjöppunar þarf að velja þannig að efnið í styrktarlaginu molni ekki svo mikið niður að fínefni fari upp fyrir leyft hámark. Til þjöppunar á sprengdu bergi má nota dreginn (>5 tonna) eða ekinn (>10 tonna) titurvalta. Litlar sveifluvíddir (á titurvalta) eru notaðar fyrir lagþykktir undir 400 mm þykkt, annars stórar sveifluvíddir, þó þannig að síðustu umferðirnar eru farnar með minni sveifluvídd og tvær þær síðustu án titrunar til að losa ekki um efni í yfirborðinu.

²⁰ Réttara er að miða við fjölda 10 tonna jafngildisöxla á hverri akrein en þessa tölu má nota sem nálgun. Hún er miðuð við tveggja akreina veg sem er hannaður til 20 ára; að árleg umferðaraukning sé 4 % og að hluti þungar umferðar sé 10 %.

Tveggja tromlu valtar henta ekki til völtunar á styrktarlagi [VB 2005, bls. 203], eru að jafnaði ekki nógu öflugir.

Í töflu 6.4.7 er tilgreindur lágmarksfjöldi yfirferða þegar styrktarlag er valtað [VG 2010, bls. 4-14].

Tafla 6.4.7. Lágmarksfjöldi yfirferða við þjöppun á styrktarlagi úr bergi.

Gerð valta	Línuálag [kN/m]	Heildarþyngd [tonn]	Lagþykkt [mm]	Bólstraberg, grófpúkk púkk	Hraun og sprengt berg			
				Lágmarksfjöldi yfirferða	Lágmarksfjöldi yfirferða			
Dreginn titurvalti	15-25	3-5	≤ 400	7				
			25-35	5-8	≤400	5	6	
					500	6	7	
	>35	>8	600		7			
			≤ 400	4	4			
			500	5	5			
	Ekinn titurvalti	15-25	6-8	≤400	8			
				25-35	9-10	≤400	7	
						500	8	
35-45		10-13	≤400	5	4			
			500	6	6			
			600		7			
>45		>13	≤ 400	3	3			
			500	4	4			
			600		4			

Æskilegt er að valtar séu búnir tölvubúnaði sem tengdur er við GPS staðsetningarbúnað þegar umferðir valta eru taldar. Slíkur búnaður eykur verulega líkur á því að allt yfirborð vegarins hafi verið þjappað með fullnægjandi hætti. Allir valtar skulu vera útbúnir með þjöppumæli og skal nota hann við alla völtun og skal skrá mæliaflestur. Hraði valta skal vera milli 3 og 6 km/klst. Stjórnandi valta skal halda dagbækur um völtun, þar sem fram kemur dagsetning, gerð og stærð valta, þyngd og breidd tromlu, hvaða vegstæði var valtað, hvaða lag í vegi, lagþykkt, hraði valta og fjöldi yfirferða. Viðmiðunargildi þjöppumælis skal ákveða út frá niðurstöðum plötuprófsmælinga við upphaf verks og skal miða við $E_2 > 110$ MPa (100 MPa fyrir hraun) og hlutfall E-gilda í töflu 6.4.10. Framkvæma skal minnst 3 plötupróf hverju sinni og skal velja staði á veginum sem mælast með lakasta þjöppun samkvæmt þjöppumæli. Halda skal skrá yfir lokaþjöppun þar sem er skráð stöð og hvaða lag er valtað. Gera má ráð fyrir að 5 – 10 % viðbótarþjöppun mælist milli síðustu yfirferða á styrktarlagi. Endurtaka skal viðmiðunarmælingu með plötuprófi á minnst 2 mánaða fresti eða eftir hverja 20.000 m² sem unnir hafa verið. Mælingar þjöppumælis sýna þjöppunarstig og hve mikið þjöppun eykst í % fyrir eina viðbótarumferð. Völtun telst fullnægjandi þegar þjöppun er yfir þeim gildum sem ákveðin voru með hliðsjón af niðurstöðum plötuprófana.

Þess skal gætt að yfirborð hafi verið hreinsað vel af óhreindum, jafnað, þjappað og frágengið áður en útlögn burðarlags hefst. Eftir að gengið hefur verið frá yfirborði má engin

vinnuferð vera á því. Forðast skal aðskilnað kornastærða efnisins og bæta úr á fullnægjandi hátt, t.d. með djúpheflun, þar sem aðskilnaður verður.

Útlögn burðarlags má ekki hefjast fyrr en gerð styrktarlags hefur verið tekin formlega út og samþykkt.

Kröfur. Sprengt berg sem notað er í efri hluta styrktarlags skal að öðru jöfnu vera malað eða flokkað. Að öðru leyti eru kröfur til efnis í styrktarlag úr sprengdu bergi birtar í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur [VG 2010]. Ágrip þeirra er birt hér til hægðarauka.

Minnst fjögur sýni af hverjum fimm (20 %) skulu uppfylla tilgreindar kröfur en frávikið má þó ekki vera meira en 10 % af tölugildi kröfuflokksins í átt til lakari efnisgæða. Til dæmis má mest eitt sýni af fimm mælast með LA gildi yfir 20, þó ekki hærra en 22, ef kröfuflokkurinn er LA₂₀.

Sáldurferill. Tafla 6.4.8 sýnir kröfur til grófleikatölu fyrir efni í styrktarlag. Ennfremur skal fínefni (smærra en 0,063 mm) ekki vera meira en 7 %, reiknað sem hlutfall af efni undir 63 mm. Í efri hluta styrktarlags skal hlutfall efnis undir 4 mm ekki vera meira en 45 %.

Stundum er kornadreifingu í sprengdu bergi eða öðru grófu efni þannig háttáð að grófari hluti efnisins myndar burðargrind þar sem fínefnið flýtur á milli steinanna án þess að verða áberandi á yfirborði lagsins. Þegar þannig háttar til skal magn fínefna minna en 0,063 mm, miðað við efni í flokki 0/63 mm, ekki vera meira en 12 %.

Tafla 6.4.8. Kröfur til grófleikatölu fyrir efni í styrktarlag.

Grófleikatala (C _u)* í:	Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	
	≥100	<100
Efri hluti styrktarlags	≥15	≥10
Neðri hluti styrktarlags	≥5	

*C_u=D₆₀/D₁₀, þar sem D_{xx} er möskvastærð sigtis sem xx % af efninu smjúga.

Kröfur til yfir- og undirstærða flokkaðs efnis (þ.e. d ≥ 1) skulu vera samkvæmt töflu 6.4.1 t.d. G_C 85-15. Kröfur til yfirstærða óflokkaðs efnis má velja úr sömu töflu t.d. G_A 85.

Styrkleiki. Efni í styrktarlag skal standast leiðbeinandi kröfur um niðurstöður berggreiningar. Þó má nota efnið ef það fullnægir styrkleikakröfum í töflu 6.4.9 eftir prófun skv. ÍST EN 1097-2 [ÍST 1998].

Tafla 6.4.9. Kröfur til styrkleika fyrir efni í styrktarlag.

Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	LA flokkun skv. ÍST EN 13242:2002	
	Ef 3. flokks efni er mjög ummyndað	Ef 3. flokks efni er ferskt og fínblöðrótt
≥400	LA ₂₀	LA ₃₅
≥100	LA ₂₅	LA ₄₀
≥10	LA ₃₀	LA ₄₅
<10	LA ₃₅	LA ₅₀

Plötupróf má nota til að mæla þjöppun á styrktarlagi en því aðeins að stærstu steinar í yfirborði fyllingarinnar séu smærri en fjórðungur af þvermáli plötunnar. Stærstu steinar í laginu

mega ekki vera stærri en 150 mm og/eða þriðjungur af þvermáli plötu. Plötuprófið má líka nota til að kvarða völtunarmæla. Sé plötupróf notað til að meta þjöppun skulu niðurstöður prófsins uppfylla kröfur í töflu 6.4.10. Þessar kröfur eru teknar úr Alverk 95 en gildandi norskar kröfur eru mun strangari.

Tafla 6.4.10. Kröfur um burðarþol og hlutfall E gilda í styrktarlagi skv. plötuprófi.

Fjöldi þungra ökutækja, $\dot{A}DU_p$	E_2 [MPa]	E_2/E_1
≥ 400	>110 (100)	$\leq 2,5$
≥ 100	>110 (100)	$\leq 3,0$
<100	>110 (100)	$\leq 3,5$

Kröfur innan sviga gilda fyrir hraun.

Um nákvæmni í hæðarlegu gilda kröfur í töflu 6.4.11.

Tafla 6.4.11. Kröfur um nákvæmni í hæðarlegu á yfirborði styrktarlags úr púkki, gróf-púkki eða sprengdu bergi. Tölurnar gilda fyrir 500 m kafla á tveggja akreina vegi eða 1000 m á einni akrein.

	Fjöldi þungra ökutækja, $\dot{A}DU_p$			
	≥ 100		< 100	
	Einstök mæling	Meðaltal	Einstök mæling	Meðaltal
Hámarksfrávik frá hönnuðu yfirborði [mm]	+25/-35	+7/-15	+50/-50	+20/-25
Hámarksfrávik frá hannaðri lagþykkt [%]	+20/-15	/-5	+30/-20	/-10

6.4.4 Burðarlag

Inngangur. Sprengt og mulið berg í burðarlag hefur marga kosti fram yfir mulda möl. Helstu kostir malaðs bergs eru hátt brothlutfall, hagstæð kornalögun og einsleit berggæði. Óbundin, mulin möl er ekki talin heppileg í burðarlög stofnvega. Burðarlag úr mulinni möl skal einungis nota í vegi með lítilli umferð, $\dot{A}DU < 300$, en mulda möl má þó nota í neðri hluta burðarlags í vegum með $\dot{A}DU < 1500$ [HS 2008, bls. 18]. Eins og fram kemur hér á eftir er heimilt að nota sprengt og mulið berg í burðarlag fyrir mun meiri umferð. Það getur einnig verið erfitt að uppfylla kröfur til sáldurferils og brothlutfalls í mulinni möl og burðargeta hennar er viðkvæm fyrir breytingum á sáldurferli. Sprengt og mulið berg er að jafnaði heppilegra, hefur að jafnaði meiri stæðni og oft minna fínefni og hætta á burðartapi á þáartíma er minni. Erlend reynsla af burðarlagi úr púkki og fleyguðu púkki sýnir að viðhald á slitlagi er minna en þegar mulin möl og einkum þó óunnin möl er notuð í burðarlag [SV 2000, bls. 22].

Óbundið burðarlagsefni þarf að innihalda minnst 2 % af fínefni (smærra en 63 μm) til að stæðnin verði nægileg, þó ekki meira en kröfur til sáldurferils leyfa, annars er hætta á að burðarþolið skerðist ef efnið blotnar [VT 1974, bls.41]. Þó eru ekki eru gerðar kröfur um lágmark fínefna í púkki og flokkuðu efni. Við mölun á sprengdu bergi getur þó verið vandamál að ná nægilega dreifðum sáldurferli og sérstaklega hefur kornadreifing bergs með mikinn styrk

og slitþol tilhneigingu til að vera nokkuð einskorna. Með viðeigandi mólunaraðferðum má þó ráða bót á þessum vanda.

Útlögn á kíldu þúkki er vinnufrekari en útlögn á öðrum gerðum af óbundnum burðarlögum og henni fylgja meiri truflanir á umferð sem ekki er beint um hjáleiðir.

Efnisgerð og lagþykktir. Sprengt og mulið berg má nota í efri hluta burðarlags vega þar sem umferð er 2000 ÁDU (200 ÁDU_p) eða minni og í neðri hluta burðarlags þar sem umferð er 6500 ÁDU (650 ÁDU_p) eða minni [VB2005, bls. 172]. Kílt þúkk má nota í efri hluta burðarlags vega þar sem umferð er 3500 ÁDU (350 ÁDU_p) eða minni og í neðri hluta burðarlags fyrir umferð sem er 6500 ÁDU (650 ÁDU_p) eða minni. Fari umferðin yfir þessi mörk verður að nota (bik- eða sements-) bundið burðarlag²¹. Ef samanlögð þykkt slitlags og bindilags úr malbiki er meiri en 50-80 mm (háð umferð) má líta á þann hluta sem er umfram þessa þykkt sem bikbundið burðarlag.

Þegar stærðaflokkur efnis í burðarlag er valinn koma nokkur atriði til álitá. Gróft steinefni er ódýrara í framleiðslu en smærra efni og hefur að jafnaði betri stæðni. Því hættir hins vegar fremur við aðskilnaði og þar með eykst hættan á að útlagt burðarlag þurfi að taka upp og blanda að nýju vegna aðskilnaðar. Sömuleiðis er erfiðara að uppfylla kröfur um ýfi ef efnið er grófmalað. Ef nauðsynlegt er að fínjafna yfirborð burðarlagsins með veghefli er æskilegt að efri flokkunarstærð sé ekki meiri en 22 mm, m.ö.o. að D₉₈ fari ekki yfir 32 mm [VB 2005, bls. 213; VT 1974, bls. 41]. Það hefur reynst erfiðara að ná hagstæðri kornalögun eftir því sem efnið er malað grófara t.d. við framleiðslu á 0/63 mm efni en við framleiðslu á 0/22 mm efni og þarf að taka tillit til þess þegar framleiðsluáðferðir eru valdar.

Algengir stærðaflokkar fyrir sprengt og mulið berg í burðarlag eru 0/22 og 0/32 fyrir efri hlutann en 0/45 og 0/63 mm fyrir neðri hlutann.

Dæmigerðir stærðaflokkar fyrir þúkk í burðarlag eru 16/45 mm, 22/63 mm og 22/90 mm, allt miðað við G_C 80-20²² (samkvæmt staðli ÍST EN 13242). Þúkk er ýmist lagt í einu eða tveim lögum. Um val á stærðum og kílingarefni, sem fall af lagþykkt, sjá töflu 6.4.12.

Tafla 6.4.12. Efnisval og lagþykktir fyrir kílt þúkk.

Efnishluti	Lagþykkt		
	90 mm	125 mm	150 mm
Þúkk, flokkunarstærð	16/45	22/63	22/90
Undir- og yfirstærðir	G _C 80-20	G _C 80-20	G _C 80-20
Kílingarefni, flokkunarstærð	8/11	8/16	16/22
Undir- og yfirstærðir	G _C 80-20	G _C 80-20	G _C 80-20

Efri flokkunarstærð burðarlagefna skal að hámarki vera hálf lagþykktin og æskilegt er að hún sé ekki minni en fjórðungur lagþykktar. Ef notað er flokkað eða harpað þúkk (t.d. 0/90 mm) í neðri hluta burðarlags getur komið til greina að miða við D₉₈ sem má mest vera 2/3 af lagþykktinni.

Æskilegt er að á vegum með mikinn umferðarþunga, sem byggðir eru úr möluðu bergi, sé heildarþykkt burðarlags 250 mm og skiptist í tvö lög neðri hluta 150 mm þykkann og efri hluta 100 mm þykkann.

²¹ Umferðartölurnar sem hér eru tilgreindar eru miðaðar við umferð á tveim akreinum, þar sem umferðin vex um 4 % á ári, hlutur þungra bíla er 10 % og að vegurinn sé hannaður til 20 ára.

²² G_x-y tákna að minnst x % efnisins eiga að smjúga grófara sigtið af þeim tveim sem tilgreina stærðaflokkinn og mest y % eiga að smjúga það finna.

Útlögn. Óbundið burðarlagsefni, sem er blanda af fíngerðu og grófu efni, getur verið nokkuð vandmeðfarið. Ef efnið er haugsett á að leggja það í lárétt lög sem ekki eru meira en 2 m á þykkt til að forðast aðskilnað. Við útlögn þarf að halda aðskilnaði kornastærða í skefjum eins og kostur er og þá er til bóta að halda efninu röku, hæfilegur raki er 1-2 prósentustigum undir kjörraka samkvæmt „modified“ Proctorprófi. Burðarlag skal að jafnaði lagt út með dreifara. Ef aðskilnaður kemur í ljós í útlögðu burðarlagi úr sprengdu og muldu bergi og lagið er laust við flekki með of miklu fínefni, má lagfæra gróf hreiður með því að strá í þau þunnu lagi af miðlungsgrófum sandi sem síðan er valtaður niður á milli með titurvalta. Að öðrum kosti þarf að blanda efninu saman og leggja út að nýju [PK1 2007, bls. 140; VT 1974, bls. 39]. Einnig er hægt að djúphefla efri hluta burðarlags niður á 70 – 80 mm dýpi til að blanda efninu vel saman en til að það sé hægt er æskilegt að lagþykktin sé 100 mm.

Púkk má leggja með veghefli eða púkkdreifara. Einskorna púkk getur verið erfitt að leggja með hefli og erlend reynsla sýnir að útlagning með púkkdreifara getur verið heppilegur kostur. Hvert lag fyrir sig er þjappað og eftir atvikum kílt.

Til þess að kíla púkk má nota ýmis efni, smátt púkk, bikað púkk, bikaða mól eða fræsikurl úr malbiki. Kílingarefnið er valið í samræmi við stærðaflokk púkkisins. Dæmigerðir stærðaflokkar fyrir kílingarefni eru 8/11 mm, 8/16 mm og 16/22 mm, sjá töflu 6.4.12. Kílingarefni sem ekki er blandað biki á að vera teningslaga eftir því sem kostur er, skarpkantað og hrjúft svo að það nái góðri festu [VT 1974, bls. 43]. Það er valtað niður í púkkið og magn af kílingarefni þarf að vera nægilega mikið til að fylla holrými á yfirborðinu en ekki svo mikið að laust efni verði afgangssvo teljandi sé að þjöppun lokinni [VB 2005, bls. 217].

Ef þess er nokkur kostur skal ekki leyfa aðra umferð á efri hluta burðarlags en þá umferð sem er nauðsynleg vegna útlagnar þess. Við útlögn burðarlagsins skal byrja fjærst efnishaugum hverju sinni til að halda vinnuumferð í lágmarki á efra burðarlaginu. Haga skal vinnu við útlögn burðarlags þannig, að ekki berist skaðleg efni eins og leir og mold inn á burðarlagið.

Þjöppun. Við upphaf verks skal leggja fram áætlun um þjöppun, byggða á þeim gerðum valta, sem nota á til verksins og áætlun um hvernig mælingum á þjöppun verður háttáð í verkinu. Burðarlag úr púkki, fleyguðu púkki eða sprengdu og muldu bergi skal þjappa þar til þjöppun er fullnægjandi. Til þjöppunar á að nota titurvalta eða gúmmíhjólavalta. Valta þarf að velja og nota þannig að hann mylji burðarlagið ekki niður til skaða. Gúmmíhjólavalta skal aðeins nota við völtun á kíldu púkki. Við val á valta og fjölda yfirferða skal hafa hliðsjón af töflu 6.4.13.

Tafla 6.4.13. Leiðbeiningar um val á valta og fjölda yfirferða fyrir óbundin burðarlög.

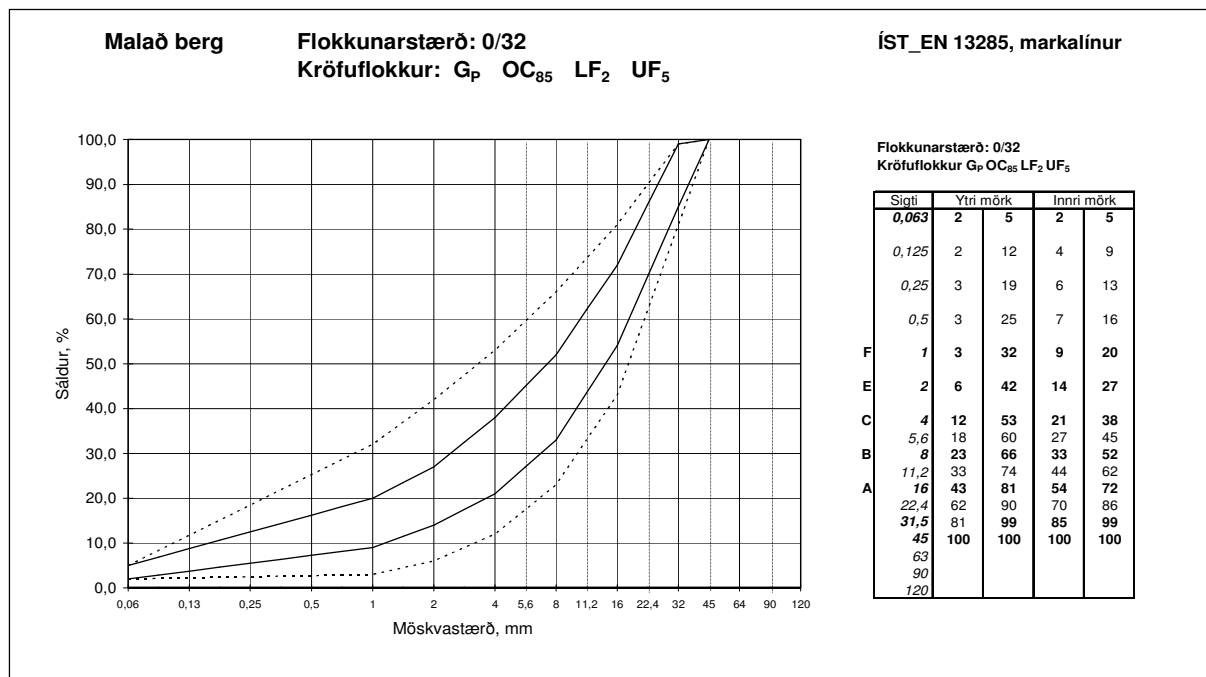
				Sprengt og malað berg	Púkk
Gerð valta	Heildarþyngd [tonn]	Línuálag [kN/m]	Lagþykkt [mm]	Fjöldi yfirferða (minnst)	Fjöldi yfirferða (minnst-mest)
Dreginn titurvalti	3-5	15-25	200-250	5	3-6
	5-8	25-35	200-250	4	3-6
	>8	>35	200-250	3	
Akandi titurvalti	6-8	15-25	200-250	5	3-6
	8-10	25-35	200-250	4	3-5
	10-13	35-45	200-250	4	

Tveggja tromlu titurvalti	2-4	<5-25	200-250	7	3-10
	4-8	<5-25	200-250	5	3-6
	8-13	25-35	200-250	4	3-5
Gúmmíhjóla- valti	12-18		200-250		6-8
	18-25		200-250		6-8
	25-32		200-250		6-8
	>32		200-250		6-8

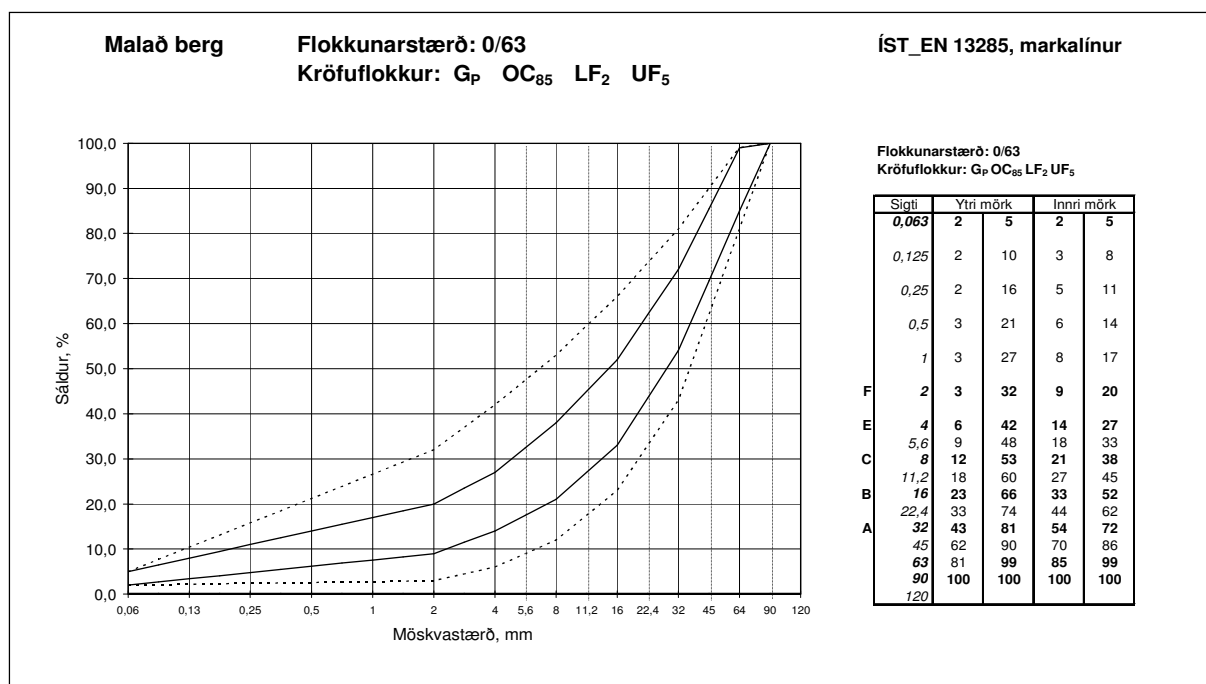
Æskilegt er að valtar séu búnir tölvubúnaði sem tengdur er við GPS staðsetningabúnað þegar umferðir valta eru taldar. Slíkur búnaður eykur verulega líkur á því að allt yfirborð vegarins hafi verið þjappað með fullnægjandi hætti. Allir valtar skulu vera útbúnir með þjöppumæli og skal nota hann við alla völtun og skrá mæliaflestur. Hraði valta skal vera milli 3 og 6 km/klst. Stjórnandi valta skal halda dagbækur um völtun, þar sem fram kemur dagsetning, gerð og stærð valta, þyngd og breidd tromlu, hvaða vegstæði var valtað, hvaða lag í vegi, lagþykkt, hraði valta og fjöldi yfirferða. Viðmiðunargildi þjöppumælis skal ákveða út frá niðurstöðum plötuprófsmælinga á við upphaf verks og skal miða við $E_2 > 120$ MPa (100 MPa fyrir hraun) og hlutfall E gilda í töflu 6.4.15. Framkvæma skal minnst 3 plötupróf hverju sinni og skal velja staði á veginum sem mælast hafa lakasta þjöppun samkvæmt þjöppumæli. Halda skal skrá yfir lokaþjöppun þar sem er skráð stöð og hvaða lag er valtað. Gera má ráð fyrir að 5 % viðbótarþjöppun mælist milli síðustu yfirferða á burðarlagi. Endurtaka skal viðmiðunarmælingu með plötuprófi á minnst 2 mánaða fresti eða eftir hverja 15.000 m² sem unnir hafa verið. Mælingar sýna þjöppunarstig og hve mikið þjöppun eykst í % fyrir eina viðbótarumferð. Völtun telst fullnægjandi þegar þjöppun er undir þeim gildum þjöppumælis sem ákveðin voru með hliðsjón af niðurstöðum plötuprófs.

Kröfur. Sprengt og mulið berg til nota í burðarlag þarf að uppfylla margvíslegar kröfur um berggreiningu, gerð fínefna, sáldurferil, kornalögun og styrkleika. Á grundvelli berggreiningar getur einnig verið nauðsynlegt að gera frostþolspróf. Auk þess eru gerðar kröfur til þjöppunar, lagþykktar og ýfis. Hér á eftir eru tekin dæmi um mikilvægar kröfur til burðarlagsefnis úr sprengdu og möluðu bergi. Kröfurnar eru birtar í heild í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um burðarlag [VG 2010] og þar má einnig finna nánari skýringar við kröfurnar.

Dæmi um kröfur til sáldurferils þ.e. fyrir 0/32 og 0/63 mm burðarlagsefni úr sprengdu bergi eru sýndar á myndum 6.4.3 og 6.4.4.



Mynd 6.4.3. Markalínur fyrir burðarlágsefni úr sprengdu og möluðu bergi með 32 mm efri flokkunarstærð.



Mynd 6.4.4. Markalínur fyrir burðarlágsefni úr sprengdu og möluðu bergi með 63 mm efri flokkunarstærð.

Kröfur til yfir- og undirstærða flokkaðs efnis skulu vera í samræmi við töflu 6.4.1.

Kröfur til kornalögunar steinefna í burðarlög eru sýndar í töflu 6.4.14. Flokkunin er í samræmi við ÍST EN 13242:2002.

Minnst fjögur sýni af hverjum fimm (20 %) skulu uppfylla tilgreindar kröfur en frávikið má þó ekki vera meira en 10 % af tölugildi kröfuflokksins í átt til lakari efnisgæða. Til dæmis má mest eitt sýni af fimm mælast með FI gildi yfir 20, þó ekki hærra en 22, ef kröfuflokkurinn er FI₂₀.

Tafla 6.4.14. Kröfur til kornalögunar efnis í burðarlög.

Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	Flokkur
≥400	FI ₂₀
≥100	FI ₂₀
≥10	FI ₃₅
<10	FI ₅₀

Kröfur um burðarþol samkvæmt plötuprófi eru birtar í töflu 6.4.15 og kröfur um þjöppun skv. „modified“ Proctorprófi í töflu 6.4.16. Kröfur fyrir E-gildi eru teknar úr Alverk 95 en gildandi norskar kröfur eru mun strangari (>150 MPa).

Þjöppun er því aðeins hægt að mæla með proctorprófi að efnið sé smærra en 63 mm. Þegar þjöppunarmælir í valta er notaður til að meta þjöppun skulu niðurstöður vera kvarðaðar fyrir viðkomandi efni á móti plötuprófi.

Tafla 6.4.15. Kröfur um burðarþol skv. plötuprófi.

Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	E2 [MPa]	E2/E1
≥400	>120 (100)	≤ 2,5
≥100	>120 (100)	≤ 3,0
<100	>120 (100)	≤ 3,5

Kröfur innan sviga gilda fyrir hraun.

Tafla 6.4.16. Kröfur um þjöppun á burðarlagi skv. „modified“ Proctorprófi [VB 2005, bls 202].

Hönnunarkrafa	Fimm sýni eða fleiri		Fjögur sýni eða færri
	Meðaltal	Stök sýni	Stök sýni
98 %	99 %	94 %	97 %

Um nákvæmni í hæðarlegu gilda kröfur í töflu 6.4.17.

Tafla 6.4.17. Kröfur um nákvæmni í hæðarlegu á yfirborði burðarlags úr muldu bergi, púkki eða grófpúkki, ennfremur kröfur lagþykktar. Tölurnar gilda fyrir 500 m kafla á tveggja akreina vegi eða 1000 m á einni akrein.

	Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _b	
	≥100	<100
Mesta leyft vik frá hönnuðu yfirborði, stakar mælingar [mm]	+20 -30	+30 -30
Mesta leyft vik frá hönnuðu yfirborði, meðaltal mælinga [mm]	+5 -10	+10 -15
Mesta leyft vik frá 3 m réttsskeið, langsum eða þversum [mm]*	10	15
Mesta leyft vik frá hannaðri lagþykkt, stakar mælingar [%]	+20 -10	+30 -15
Mesta leyft vik frá hannaðri lagþykkt, meðaltal mælinga [%]	/-5	/-10

* Hámarksbil milli réttsskeiðar og yfirborðs, ekki mælt undir útkrögun.

6.4.5 Slitlag

Inngangur. Sprengt og mulið berg er stundum notað í óbundin slitlög og í stórum stíl í bundin slitlög. Laus óunnin jarðefni, fyrst og fremst sandur er notaður í bundin slitlög. Mulin mül er mikið notuð í klæðingar og óbundin slitlög en einnig nokkuð í malbik. Um sprengt og mulið berg í bundin slitlög er ekki fjallað frekar í þessum kafla.

Sprengt og mulið berg hentar í malarslitlag á tengivegi með ÁDU < 100 og héraðsvegi með ÁDU < 300. Ef umferðin er meiri er líklegt að viðhaldið verði tiltölulega kostnaðarsamt. Slitlag úr sprengdu og möluðu bergi reynist oft betur en slitlag úr mulinni mül.

Efnisgerð og lagþykktir. Óbundið malarslitlag, hvort heldur það er úr sprengdu og muldu bergi eða mulinni mül, þarf að vera blandað með leirkenndum efnum þannig að blandan verði lítið eitt plastísk [VB 2008, bls. 281-283]. Stundum þarf einnig að blanda það með sandi.

Í malarslitlag úr sprengdu bergi er m.a. notaður stærðaflokkurinn 0/16. Stærri steinar en ≈20 mm geta skapað hættu af grjótkasti. Lagþykktin þarf að vera minnst 50 mm [VB 2008, bls. 281-284].

Útlögn. Malarslitlag skal leggja með dreifara. Við útlögn er heppilegt að efnið sé rakt til að draga úr hættu á aðskilnaði.

Þjöppun. Slitlag úr sprengdu og muldu bergi skal þjappa við rakainnihald sem er 1-2 prósentustigum undir kjörraka við „modified“ Proctor þjöppun, þar til þjöppun er fullnægjandi. Leiðbeiningar um val á valta og lágmarksfjölda umferða er að finna í töflu 6.4.18.

Tafla 6.4.18. Leiðbeiningar um val á valta og fjölda yfirferða fyrir malarslitlög úr sprengdu og muldu bergi [VG 2010, bls. 6-13].

Gerð	Valti		Sprengt og mulið berg	
	Heildarþyngd [tonn]	Línuálag [kN/m]	Lagþykkt [mm]	Lágmarksfjöldi yfirferða
Dreginn titurvalti	3-5	15-25	≤ 100	4
	5-8	25-35	≤ 100	3
	>8	>35	≤ 100	2
Ekinn titurvalti	6-8	15-25	≤ 100	4
	8-10	25-35	≤ 100	3
	10-13	35-45	≤ 100	3
Tveggja tromlu valti	2-4	15-25	≤ 100	6
	4-8	15-25	≤ 100	4
	8-13	25-35	≤ 100	3

Kröfur. Kröfur til efnis og frágangs á malarslitlagi er að finna í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um malarslitlag [VG 2010].

HEIMILDIR

- [AD 2009]. Dawson, A. R. (editor). *Water in road structures : movement, drainage and effects*. Ritroð: Geotechnical, geological, and earthquake engineering : 5. Springer, Dordrecht.
- [AI 2001]. The Asphalt Institute. *Superpave Mix Design*. Superpave Series No. 2 (SP-2). Third Edition, Lexington.
- [ÁK 1974]. Kézdi, Á. *Handbook of Soil Mechanics. Volume 1. Soil physics*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- [BJ 2008]. Björgun hf. *Efnistaka af hafsbotni í Kollafirði, Faxaflóa. Mat á umhverfisáhrifum*. Matsskýrsla. Mannvit verkfræðistofa, Jarðfræðistofa Kjartans Thors. [http://www.skipulag.is/focal/webguard.nsf/5ed2a07393fec5fa002569b300397c5a/7a1270f4b53fd110025746d004d9320/\\$FILE/Efnistaka%20af%20hafsbotni%20%C3%AD%20Kollafir%C3%B0i.pdf](http://www.skipulag.is/focal/webguard.nsf/5ed2a07393fec5fa002569b300397c5a/7a1270f4b53fd110025746d004d9320/$FILE/Efnistaka%20af%20hafsbotni%20%C3%AD%20Kollafir%C3%B0i.pdf) Sótt 2009-04-02.
- [BUSL 1999]. Børge J. Wigum og Jón Haukur Steingrímsson. *Efnisvinnsla – verktækni og þekking*. BUSL Efnisgæðanefnd, skýrsla E-35. Reykjavík.
- [BUSL 2000]. Jón Skúlason o. fl. *Tillaga að endurskoðun á kafla 5 um burðarlög í Alverk 95*. BUSL Burðarlaganefnd., Skýrsla B-29.
- [BW 2006]. Wills, B.A., T.J. Napier-Munn. *Wills' Mineral Processing Technology*. Elsevier Science & Technology Books. Seventh edition, London.
- [BW 1999]. Børge J. Wigum, Þorbjörg Hólmgeirsdóttir og Viktoría Gilsdóttir. *Námur – efnisgæði og umhverfi. 2. hluti: Endurskoðun vinnslu í steinefnanámum – Kornalögun*. Skýrsla nr. 99-11. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.
- [CO 1982]. Oglesby, Clarkson H., R. Gary Hicks. *Highway Engineering*, 4th ed. John Wiley & Sons, New York.
- [DS án ártals]. Schaal, D. *Liner selection for the Gyrasphere cone crusher*. Technical paper TE-101. <http://www.telsmith.com/downloads/LinerSelectionLR.pdf>
- [EP 2007]. Orðanefnd byggingaverkfræðinga, ritstj. Einar B. Pálsson. *Umhverfistækni : Íðorðabók*. Háskólaútgáfan, Reykjavík.
- [ER 1988]. Eymundur Runólfsson, Hreinn Haraldsson o.fl. *Nokkur orðtök um jarðgöng og sprengingar*. Handrit. Vegagerðin, Reykjavík.
- [FIJ 1976]. Utvalg for frost í jord. *Sikring mot teleskader*. Frost i jord nr. 17. Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd og Statens vegvesen. Oslo.
- [GBj 2002]. Gunnar Bjarnason, Björn Stefánsson, Halldóra Hreggviðsdóttir o.fl. *Námur. Efnistaka og frágangur*. Vegagerðin, Landsvirkjun o. fl. Reykjavík. http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Namur_1-75.pdf
- [GBj 2007]. Gunnar Bjarnason. *Stærðarflokkun steinefna/* Reykjavík 17.07.2007 GBj. Vegagerðin.
- [GR án ártals]. <http://www.geir.be/dim018.htm> Sótt 2009-07-01.
- [HS 2008]. Haraldur Sigursteinsson (umsjón). *Leiðbeiningar um burðarþolshönnun. 2 Uppbygging vega*. Vegagerðin.
- [ISO 1990a]. *ISO 565. Test Sieves – Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet – Nominal sizes of openings* Third edition. International Organization for Standardization, Geneva.
- [ISO 1990b]. *ISO 3310-1. Test Sieves – Technical requirements and testing – Part 1: Test sieves of metal wire cloth*. Third edition. International Organization for Standardization, Geneva.

- [ÍST 1998]. ÍST EN 1097-2:1998. *Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation*. Staðlaráð Íslands.
- [ÍST 2002]. ÍST EN 13285:2002. *Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction*. Staðlaráð Íslands.
- [ÍST 2003]. ÍST EN 13242: 2003. *Unbound mixtures – Specifications*. Staðlaráð Íslands.
- [ÍST 2010]. ÍST EN 13242:2010. *Aggregates for unbound an hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction*. Staðlaráð Íslands.
- [JE 2008]. Eloranta, J. (editor). *Crushing and Screening Handbook*. Third edition. Metso Minerals, Tampere.
- [JE 2008]. Eloranta, J. *Crushing Process Planning*.
www.metso.com/.../mm...nsf/.../Crushing%20Process%20Planning.pdf
- [JN 2008]. Nohl, J., B. Domnick. *Stockpile Segregation*. Superior Technical Bulletin. LLC.T-102. Superior Industries. Morris Minnesota.
- [KR 2007]. Rothery, K., S. Mellor. *Crushing and Screening*. The Institute of Quarrying. Nottingham.
- [LF 1981]. Forssblad, L. *Vibratory soil and rock fill compaction*. Dynapac Maskin, Solna.
- [NA 1995]. Norsk Asfaltforening. *Asfalt*. Retningslinjer. Norsk Teknisk Forlag.
- [NGU 2008a]. *Grus og pukk som byggeråstoff*. <http://www.ngu.no/no/hm/Georessurser/Sand-grus-og-pukk/Grus--og-pukkdatabasen/> Sótt 2009-04-02.
- [NGU 2008b]. Neeb P.-R. o.fl. *Mineralressurser i Norge. Mineralstatistikk og bergindustriberetning 2007*. Publikation nr. 1, 2008.
http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/mineralressurser_statistikk_no_2007.pdf Sótt 2009-04-02.
- [NJ 1970]. Janbu, N. *Grunnlag i geoteknikk*. Tapir forlag, Trondheim.
- [OB 1987]. Orðanefnd byggingarverkfræðinga. *Drög að vegorðasafni*. Reykjavík.
- [OB án ártals]. Orðanefnd byggingarverkfræðinga, form. Einar B. Pálsson. *Orðasafn um jarðfræði*. Lausblöðungar, fylgirit með Vegamál 1989-1996. Reykjavík.
- [OF 1993]. Statens vegvesen. *Oppbygging av fyllinger. Veiledning*. Håndbok 176. Vegdirektoratet. Oslo.
- [PG 2006]. Samarbeidsutvalget for Trondheimsregionen/Sør-Trøndelag fylkeskommune. *Pukk og grus i Trondheimsregionen. Del 1. Status og problemstillinger*. Sótt 2008-07-12 á <http://www.stfk.no/upload/epubimport/documents/Internett/Tjenester/Plan%20og%20milj/P&G1%20VEDTATT%2027.09.2006.pdf>
- [PK1 2007]. Statens vegvesen. *Prosesskode 1. Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter*. Håndbok 025. Sótt 2008-06-19 á:
<http://www.vegvesen.no/cs/Satellite?blobcol=urlpdf&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=SVVvedlegg&blobwhere=1195738099177&ssbinary=true>
- [RB 1980]. Bates, R.L., Julia A. Jackson. *Glossary of geology*. 2nd edition. American Geological Institute, Falls Church, Va.
- [RTT 1973]. Rådet for teknisk terminologi. *Ordbok for veg- og trafikkteknikk*. RTT 31. Universitetsforlaget, Oslo.
- [SC 1993]. Smith & Collis (eds). *Aggregates. Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes*. 2nd edition. The Geological Society, London.
- [SGU 2008]. Sveriges geologiska undersökning. *Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2007*. Uppsala.
- [ST án ártals]. Makadam. <http://www.sydsten.se/default.asp?id=44> Sótt 2009-10-17.

-
- [SV 1997]. Statens vegvesen. *Feltundersøkelser*. Håndbok 015. Statens vegvesen. Oslo.
- [SV 2000]. Statens vegvesen. *Steinmaterialer til vege-flyplasser-jernbaner*. Håndbok 223. Statens vegvesen. Oslo.
- [TR 2002]. Transport Research Cost 337. *Unbound Granular Materials for Road Pavements*. Final Report.
- [VB 1999]. Statens vegvesen. *Vegbygging*. Håndbok 018. Vegdirektoratet. Oslo.
- [VB 2005]. Statens vegvesen. *Vegbygging*. Håndbok 018. Vegdirektoratet. Oslo. Sótt 2008-07-01 á: http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/018/hb_018_web.pdf
- [VB 2008]. Statens vegvesen. *Tillegg til håndbok 018*. Vegdirektoratet. Oslo. Sótt 2008-07-18 á: http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/018/Hb018_kap6_Vedl10_revJan08.pdf
- [VG 1995]. *Alverk '95. Almenn verklysing fyrir vega- og brúargerð*. Vegagerðin.
- [VG 2010]. *Leiðbeiningar um efnisrannsóknir og efniskröfur*. Vegagerðin.
- [VG 2008]. Matthildur B. Stefánsdóttir (ritstjórn). *Vegagerðin. Umhverfisskýrsla 2007*. [http://vgwww.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Umhverfissk%c3%bdrsla%20%202007/\\$file/Umhverfissk%c3%bdrsla%20%202007.pdf](http://vgwww.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Umhverfissk%c3%bdrsla%20%202007/$file/Umhverfissk%c3%bdrsla%20%202007.pdf) Sótt 2009-04-02.
- [VM 1975]. *Vejbygning. Materialer · Befæstelser · Belægninger*. AS Phönix, Danmörku.
- [VT 1974]. Eirum, R. o. fl. *Vegbyggingsteknikk. Overbygning*. Universitetsforlaget, Oslo.
- [VV 1993]. Vägverket. *Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning*. VVMB 606. Publication 1993:19. http://publikationswebbutik.vv.se/shopping/ShowItem_3328.aspx
- [VV 2005]. Vägverket. *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion*. <http://www.vv.se/Startsida-foretag/Vagarna/Tekniska-dokument/ATB-Allmanna-tekniska-beskrivningar/Vagteknik/Aldre-versioner/ATB-Vag-2005/> Sótt 2009-03-31.
- [VV 2007]. *VVTBT Obundna lager*. Vägverket, publikation 2007:117. http://publikationswebbutik.vv.se/upload/3775/2008_vvtbt_obundna_lager_publ_2007_117m2.pdf Sótt 2009-04-05.
- [VV 2008a]. *VVTK Väg*. Vägverket, publikation 2008:78. http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4167/2008_78_vvtk_vag.pdf Sótt 2009-04-05.
- [VV 2008b]. *VVTK Geo*. Vägverket, publikation 2008:80. http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4169/2008_80_vvtk_geo.pdf Sótt 2009-04-05.
- [VV 2008c]. *VVTR Väg*. Vägverket, publikation 2008:116. http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4336/2008_116_vvtr_vag.pdf Sótt 2009-04-05.

VIÐAUKI I. UM ÞYKKTARHÖNNUN EFTIR ÁLAGSDREIFISTUÐLUM

Burðargildisaðferðin (indeksmetoden) er ein af mörgum aðferðum sem má nota til að ákvarða lagþykktir í veghloti. Vegagerðin notar þessa aðferð við hönnun vega [HS 2008]. Hér er henni lýst í örstuttu máli til að varpa ljósi á það hvernig sprengt berg getur sparað efni í uppbyggingu vegarins í samanburði við uppbyggingu úr lausum setlögum.

Meginforsendur aðferðarinnar eru vitneskja um:

- Gerð undirstöðu eða undirbyggingar.
- Gerð slitlags, burðarlags og styrktarlags.
- Vegtegund.
- Umferð (ÁDU, árlega umferðaraukningu og hlutfall þungra bíla).

Aðferðin byggist á því að sérhverri efnisgerð er gefinn álagsdreifistuðull (lastfordelingskoeffisient) sem endurspeglar burðargetu efnisins. Margfeldið af lagþykkt og álagsdreifistuðli efnisins í laginu er mælikvarði á burðargildi (index) lagsins. Síðan eru gerðar kröfur um burðargildi veghlotsins í heild eða einstakra laga þess, sem ákvarðast af umferðinni, eða öllu heldur fjölda 10 tónna öxulígilda sem ætla má að fari um kaflann á hönnunartímanum (sem venjulega er 20 ár). Burðargildi n efstu laganna í veghlotinu má reikna úr líkingunni:

$$S_i = \sum a_i \cdot h_i \quad i=1, \dots, n$$

þar sem:

S_i = burðargildið fyrir n efstu lögin í veghlotinu

a_i = álagsdreifistuðull efnisins í lagi nr. i

h_i = þykktin á lagi nr. i .

Taflan hér á eftir sýnir álagsdreifistuðla fyrir nokkur algeng efni í veghloti.

Álagsdreifistuðlar nokkurra efna sem oft eru notuð í yfirbyggingu vega²³ [HS 2008, bls. 11].

Sandur, möl, $C_u < 10$	0,75
Sandur, möl, $C_u \geq 10$	1,0
Sprengt berg (óunnið):	
$D_{max} < \frac{1}{2}$ lagþykktin	1,0
$D_{max} > \frac{1}{2}$ lagþykktin	0,75
Þúkkmulningur ²⁴ ($C_u \geq 15$):	
Úr sterku bergi	1,35
Úr veiku bergi	1,25
Mulin möl	1,25
Fleygað þúkk	1,25
Mulið berg	1,35
Malbik (nema drenmalbik)	3,0

²³ C_u , sem kemur fyrir í töflunni táknar stærðadreifingarstuðul efnisins, nánar skilgreint sem d_{60}/d_{10} . d_{xx} táknar möskvastærðina sem xx % af efninu smjúga við sigtun.

²⁴ Þúkkmulningur; samheiti fyrir efni sem er m.a. mikið notað á höfuðborgarsvæðinu og er yfirleitt malað bólstra-berg, kubbaberg eða sprengt, þétt berg.

Hér á eftir eru tekin nokkur dæmi um áhrif álagsdreifistuðuls (með öðrum orðum efnisvals) á nauðsynlegar lagþykktir í veghloti. Rétt er að taka fram að hönnunarfyrimæli gera kröfu um að álagsdreifistuðull burðarlagsefnis sé minnst 1,35 og álagsdreifistuðull styrktarlagsefnis sé minnst 1,0.

Sé litið til jafngildis einstakra laga í uppbygginunni ber fyrst að athuga lágmarkskröfu fyrir viðkomandi efnislag, en síðan er hugsanlegt að minnka lagþykktir með vali á burðarmeira efni. Taflan yfir álagsdreifistuðlana gefur til kynna að sé mulið berg notaði staðinn fyrir mulda mól megi minnka lagþykktina um tæp 10 %. Einnig má sjá að þykkt lags úr púkkmulningi úr sterku bergi þurfi aðeins að vera um 75 % af þykkt lags úr mól með $C_u \geq 10$. Þetta hlutfall lækkar enn (í 55 %) ef síðarnefnda lagið hefur $C_u < 10$. Af þessu má sjá að með notkun sprengds og mulins bergs megi, að öðrum skilyrðum uppfylltum, þynna einstök lög í veghlotinu án þess að það komi niður á burðarþoli.

Hér á eftir eru sýnd tvö dæmi um uppbyggingu vegar þar sem gerður er samanburður á lagþykktum úr sprengdu bergi annars vegar og lausum setlögum hins vegar.

A. Gert er ráð fyrir tveggja akreina stofnvegi, hönnuðum til 20 ára og að leyfilegur áspungi sé 10 tonn. Einnig er reiknað með að umferðin sé 2000 ÁDU á opunarári, hlutfall þungra bíla sé 10 % og umferðin aukist um 2 % á ári.

a) Fylling úr efni í burðarþolsflokki 4 og frostflokki 3 (mól, sandur, jökulurð), styrktarlag úr sandi eða mól með $C_u < 10$:

Styrktarlag: 670 mm + 100 mm viðbót vegna stofnvegar; samanlagt 770 mm.

Burðarlag: 200 mm malað, sprengt berg.

b) Fylling úr efni í burðarþolsflokki 3 og frostflokki 2 (sprengt berg), styrktarlag úr sprengdu bergi:

Styrktarlag: 200 mm + 100 mm viðbót vegna stofnvegar; samanlagt 300 mm.

Burðarlag: 200 mm malað, sprengt berg.

Þetta dæmi er ef til vill langsótt en sýnir talsverðan sparnað í efnismagni (um 5000 m³ á hvern km vegar). Á móti kemur kostnaður vegna hærri framleiðslukostnaðar við vinnslu bergs.

B. Gert er ráð fyrir tveggja akreina stofnvegi, hönnuðum til 20 ára og að leyfilegur áspungi sé 10 tonn. Einnig er reiknað með að umferðin sé 4000 ÁDU á opunarári, hlutfall þungra bíla sé 10 % og umferðin aukist um 2 % á ári.

a) Fylling úr efni í burðarþolsflokki 4 og frostflokki 3 (mól, sandur, jökulurð), styrktarlag úr sandi eða mól með $C_u < 10$:

Styrktarlag: 800 mm + 100 mm viðbót vegna stofnvegar; samanlagt 900 mm.

Burðarlag: 70 mm burðarlagsmalbik +100 mm malað, sprengt berg.

b) Fylling úr efni í burðarþolsflokki 3 og frostflokki 2 (sprengt berg), styrktarlag úr sprengdu bergi:

Styrktarlag: 200 mm + 100 mm viðbót vegna stofnvegar; samanlagt 300 mm.

Burðarlag: 70 mm burðarlagsmalbik +100 mm malað, sprengt berg.

Þetta dæmi er einnig langsótt en sýnir að sparnaður í efnismagni getur orðið talsverður (um 6000 m³ á hvern km vegar). Á móti kemur kostnaður vegna hærri framleiðslukostnaðar við vinnslu bergs.

Ef efstu 200 mm fyllingarinnar eru úr efni í burðarþolsflokki 1 eða 2 og uppfylla kröfur til styrktarlags, getur eftir atvikum komið til greina að sleppa styrktarlaginu. Fylling úr sprengdu bergi í stað lausra setlaga getur eftir atvikum sparað efni sem annars færi í styrktarlagið.

VIÐAUKI II. UM EFTIRLIT MEÐ ÞJÖPPUN

Nokkrar mismunandi aðferðir má nota til að fylgjast með því hvernig þjöppun vindur fram eða meta hvort hún er í samræmi við kröfur.

- Plötupróf.** Þessi aðferð er traust. Þvermál prófplötunnar setur takmörk á grófleika efnisins sem er prófað. Með plötu sem er 300 mm í þvermál má prófa efni sem er smærra en 150 mm eða svo, þó þannig að steinar sem eru stærri en sem svarar fjórðungi af þvermáli plötunnar séu aðeins í undantekningartilfellum í yfirborði lagsins [SV 2005, bls. 202; VV 1993, bls. 9; SV 1997, bls. 15.328]. Hægt er að prófa með stærri plötu (450 mm, 600 mm) og er það æskilegt þegar mælt er á grófum efnum.
- Hæðarmælingar.** Þessari aðferð er einkum beitt á grjótfyllingar og önnur þykk lög eða gróft efni, meðal annars til að setja upp völtunaráætlun fyrir lög úr grófum efnum. Hún hentar ekki á lög sem eru þynnri en 300 mm. Mæld eru nokkur (minnst fimm snið í hvern einsleitun vegarkafli), með tíu hæðarpunktum í hverju sniði. Oft er miðað við að þjöppun sé fullnægjandi þegar hæðarbreyting í síðustu völtunarmferð er orðin minni en 10 % af samanlagðri hæðarbreytingu meðan á völtun stóð [SV 2005, bls. 202].
- Rúmþyngdarmælingar.** Þessum aðferðum má beita á þunn lög úr smærra efni en 64 mm og niðurstaðan er borin saman við rúmþyngd í „modified“ Proctorprófi.
- Þjöppunarmælar í völtum.** Á síðari árum hafa þjöppunarmælar í völtum orðið algengir. Þeir henta vel til að fylgjast með því hvernig þjöppuninni miðar og hvort hún er jöfn frá einum stað til annars. Niðurstöður mælinganna eru háðar undirstöðu lagsins sem verið er að þjappa, efni lagsins, gerð mæla og valta og eru ekki nothæfir til eftirlits nema því aðeins að niðurstöður þjöppumæla hafi verið kvarðaðar gegn plötuprófi eða öðrum áreiðanlegum aðferðum á hverjum einsleitum kafla undirstöðu, lagþykktar og efnisgerðar.
- Fjöldi yfirferða.** Í verklýsingum má finna tillögur að fjölda yfirferða með valta sem fall af gerð valtans, þyngd hans eða línuálagi, lagþykkt og efnisgerð. Oft er fjöldi yfirferða gefinn upp sem lágmarksfjöldi (til að tryggja viðunandi þjöppun) og stöku sinnum er einnig gefinn upp hámarksfjöldi yfirferða (til að varna óhóflegu niðurbroti í efninu). Nauðsynlegan fjölda yfirferða má ákveða nánar með hliðsjón af niðurstöðum plötuprófs við sömu eða samskonar aðstæður. Með línuálagi er átt við kyrrstöðuþyngd valta á hvern lengdarmetra tromlu. Eftirfarandi tafla sýnir nokkurn veginn samhengi línuálags og þyngdar valta að teknu tilliti til gerðar valtans [VV 2005, bls. E41].

Gerð valta	Þyngd [tonn]	Línuálag [kN/m]
Dreginn titurvalti (einnar tromlu)	2	15
	6	30
	10	45
	15	60
Tveggja tromlu titurvalti, titrun á annarri tromlunni*	1	5
	2	10
	6	20
Þriggja tromlu titurvalti	10	30
		50

*Með titrun á báðum tromlum má fækka yfirferðum um þriðjung.

VIÐAUKI III. UM FROSTVARNAR- OG AFRÉTTINGARLÖG

FROSTVARNARLAG

Inngangur. Enda þótt vegur sé hannaður fyrir fullnægjandi burðarþol, er það ekki trygging gegn hugsanlegum frostlyftingum. Vegir hér á landi eru gjarnan byggðir úr frostfríu efni niður á 0,6 – 0,7 m dýpi. Þar sem svo háttar til að frostdýpi í vegum getur farið niður fyrir þetta dýpi og niður í frostnæmt efni getur verið hætt á frostlyftingum.

Þegar svona stendur á er að jafnaði nóg að þykkja styrktarlagið. Í sumum tilfellum þarf þó að hreinsa burtu frostnæmt efni í undirstöðu vegarins niður á ákveðið dýpi (sem fer eftir frostheildi²⁵ á staðnum) og setja frostfrítt efni, sem getur verið sandur, möl eða sprengt berg, í staðinn. Frostfría efnið getur í sumum tilfellum verið hluti af styrktarlagi. Yfirleitt er látið nægja að koma í veg fyrir miklar og sér í lagi ójafnar frostlyftingar, sér í lagi á vegum þar sem umferð er lítil eða hæg.

Erlendis tíðkast nokkuð að koma fyrir einangrun (lettklinker, skumglass, extrudert polystyren) í veghlotinu, á milli yfir- og undirbyggingar, en þessi aðferð hefur ekki náð fótfestu hér á landi. Vegum með einangrunarlagi er hættara við ísingu en vegum þar sem frostfrítt efni hefur verið sett í staðinn fyrir frostnæmt efni, einkum þó ef einangrunarlagið er skammt neðan við yfirborð vegarins.

Við gatnagerð í bæjum tíðkast að byggja aðalgötur úr frostfríu efni niður fyrir frost og einnig er mór og annað mjúkt efni í undirstöðu fjarlæggt til að koma í veg fyrir sig. Það sama gildir um vegi, sem byggðir eru með steypu slitlagi, enda þolir slíkt slitlag ekki hreyfingar vegna frostlyftinga eða sigs.

AFRÉTTINGARLAG

Inngangur. Stundum er þörf á þunnu lagi til afréttingar, einkum á fyllingu eða styrktarlagi úr sprengdu bergi, án þess þó að þörf sé á sérstöku síulagi. Þetta á einkum við þar sem annars yrði erfitt eða ógerlegt að uppfylla kröfur um yfirborðssléttleika eða hæðarlegu lagsins vegna þess að efnið í því er gróft. Afréttingum er haldið utan við burðarþolsreikninga, enda eru þær yfirleitt svo þunnar að þær bæta engu við burðarþol vegarins.

Efni í afréttingu þarf að lágmarki að uppfylla sömu gæðakröfur og efnið í laginu sem á að rétta af. Stundum eru gerðar sömu kröfur til efnis í afréttingu og til efnis í næsta lagi fyrir ofan. Efnið má ekki vera svo smátt að vatn geti skolað því niður í holrými í laginu sem á að rétta af. Í þessu tilliti getur verið skynsamlegt að taka mið af síukröfum.

Yfirborð fyllingar úr sprengdu bergi þarf stundum að kíla og þetta til að uppfylla kröfur um frávik í hæð og eins til að loka meiriháttar holrúmunum í yfirborðinu. Ef yfirborð fyllingarinnar er mjög gróft getur þurft að nota þúkk eða grófpúkk í afréttinguna.

Styrktarlag úr sprengdu bergi getur þurft að rétta af með smærra efni til að uppfylla kröfur um hæðarlegu en slík notkun getur einnig tryggt að síukröfur séu uppfylltar þ.e. efnið varnar því að smærra efni úr næsta lagi fyrir ofan hrynji ofan í styrktarlagið. Sömuleiðis getur þurft að tryggja stæðni í efsta hlutanum til að auðvelda útlögn og þjöppun burðarlagsins.

Stöku sinnum er burðarlag lagt á klöpp en þá þarf að setja afréttingarlag á milli, minnst 200 mm þykkt, úr efni sem fullnægir kröfum til styrktarlags.

²⁵ Frostheildi; uppsafnað margfeldi á einum vetri af hitastigi undir frostmarki og dagafjölda, stundum kallað frostgráðudagar.

VIÐAUKI IV. DÆMI UM NOTKUN SÍUKRAFNA

Milli laga veghlotsins kann að vera nauðsynlegt að koma fyrir síulagi. Á það við þegar hætta er á að fínefni úr einu lagi mengi efni í næsta lagi fyrir ofan eða neðan. Í stað síulags má einnig nota síudúk en hann þarf að velja með hliðsjón af aðstæðum á hverjum stað.

Síulag hefur fyrst og fremst tvenns konar hlutverk. Annað þeirra er að koma í veg fyrir að efni úr tveim samliggjandi lögum í veghlotinu blandist saman t.d. þannig að fínefni úr fyllingu eða jarðbyrði þrengr sé upp í styrktarlagið og minnki burðarþol þess eða valdi frostlyftingum, eða þá að efni úr burðarlagi sáldrist ofan í styrktarlagsefni. Hitt hlutverkið er að sjá vatni sem kann að leita upp úr fyllingu eða jarðbyrði fyrir heppilegum farvegi út úr veghlotinu svo að það valdi ekki skemmdum á yfirbygging-unni. Við aðstæður þar sem reikna má með að hæð grunnvatnsborðs geti verið flöktandi eða vatn geti borið fínefni milli laga, getur síulag komið að góðu gagni.

Minnst 50 % síuefnis skal vera grófara en 2 mm. Krafa til fínefnamagns ($< 0,063$ mm) er hin sama og til styrktarlagsefnis. Einnig er gerð krafa um að D'_{98} fyrir síulagið skuli vera minni en hálf lagþykktin og að síulagið sé að minnsta kosti 150 mm þykkt.

Þegar lagt er mat á það hvort þörf sé á síulagi eru síukröfur reiknaðar fyrir hver þau tvö samliggjandi lög sem hugsanlega þarf að skilja að með síulagi. Útreikningunum er lýst hér á eftir með dæmum. Hinsvegar er almennt ekki þörf fyrir sérstakt síulag ef þess er gætt að hæfilegur munur sé á kornadreifingu samliggjandi laga í veghlotinu. Gerð síuefnis ákvarðast af kornadreifingu í þeim efnunum sem það á að skilja að, samanber töflu IV.1. Í töflunni stendur „S“ fyrir smágerðara efnið en „G“ stendur fyrir það grófara. Ennfremur tákna d_{xx} möskvastærð í sigti sem xx % af efninu smjúga. Að öðru leyti skal síuefnið uppfylla sömu kröfur og efnin sem það er síuefni fyrir.

Tafla IV.1. Síukröfur fyrir allar vegtegundir og lög veghlotsins.

Stærðahlutfall Grófara (G) / Smágerðara (S)	Kröfur
d_{15G}/d_{85S}	< 5
d_{50G}/d_{50S}	< 25
d_{15G}/d_{15S}	> 5

Til dæmis getur smágerðara efnið (S) verið fyllingarefni og grófara efnið (G) verið styrktarlagsefni. Þegar reiknað er hlutfallið d_{15G}/d_{85S} tákna d_{15G} þá sigtastærð (mm) sem 15 % styrktarlagsefnisins smýgur í gegnum og d_{85S} tákna þá sigtastærð sem 85 % af fyllingarefninu smýgur í gegnum. Þetta hlutfall skal vera < 5 sbr. töflu IV.1. Ef hlutfallið er hærra, þarf að skjóta inn síulagi á milli þessara tveggja laga. Með sama hætti er reiknað hlutfallið d_{50G}/d_{50S} og d_{15G}/d_{15S} . Þessu getur líka verið öfugt farið þannig að smágerðara lagið sé ofan á því grófara, t. d. smágert styrktarlagsefni ofan á grófu fyllingarefni.

Nokkra hugmynd má fá um heppilegt síulag með því að reikna út svokallaða markapunkta fyrir sáldurferil síulagsins út frá síukröfunum og sáldurferlum laganna sem síulagið á að skilja að. Með því að nota skilyrðin sem eru sett fram í töflu IV.1 má finna markapunkta eða hlið sem sáldurferill síulagsins þarf að þræða til að síukröfurnar séu uppfylltar.

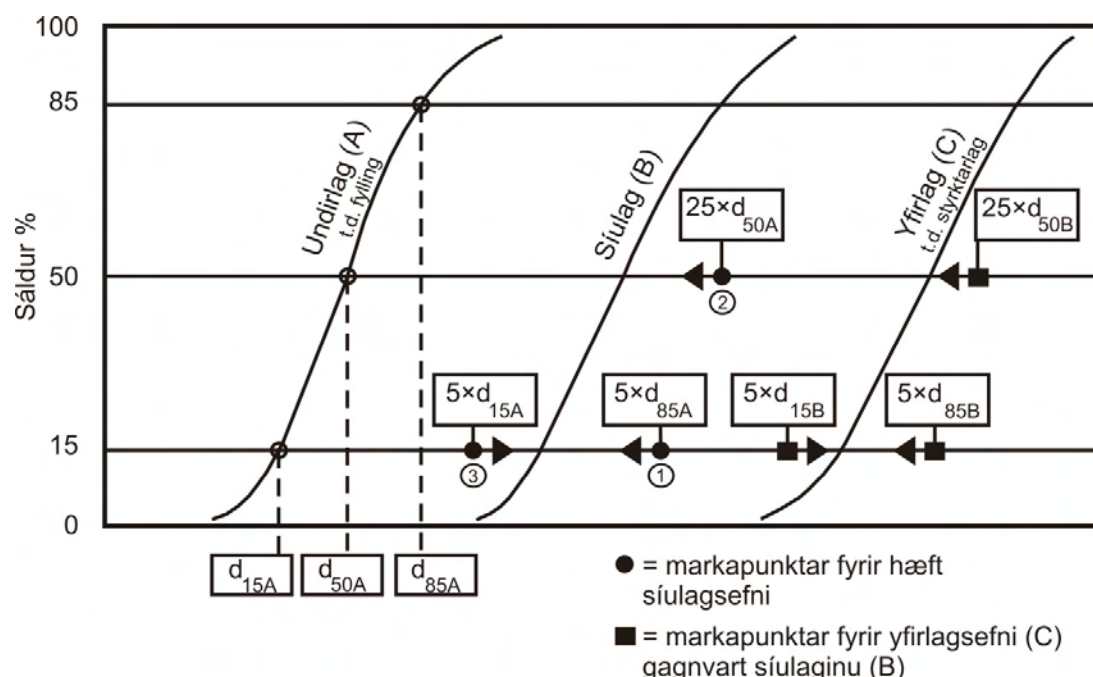
Fyrsta síukrafan segir að d_{15} fyrir síulagið (B) skuli mest vera $5 \times d_{85}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $5 \times d_{85}$ er merktur 1 á mynd IV.1 og sáldurferill síulagsins verður að koma vinstra megin við hann.

Önnur síukrafan segir að d_{50} fyrir síulagið (B) skuli mest vera $25 \times d_{50}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $25 \times d_{50}$ er merktur 2 á mynd IV.1 og sáldurferill síulagsins verður líka að koma vinstra megin við hann.

Þriðja síukrafan segir að d_{15} fyrir síulagið (B) skuli vera minnst $5 \times d_{15}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $5 \times d_{15}$ er merktur 3 á mynd IV.1 og sáldurferill síulagsins verður að koma hægra megin við hann. Sáldurferill síulagsins á sem sé að fara um hliðið sem markast af markapunktunum 1 og 3 og á auk þess að liggja vinstra megin við markapunktinn sem er merktur 2.

Samsvarandi reikninga er rétt að gera fyrir síulagið og yfirlagið (C) til að ganga úr skugga um að yfirlagið uppfylli síukröfur gagnvart síulaginu.

Ekki er raunhæft að draga markalínur milli markapunkta vegna þess að ef t.d. síulagið er fært til hægri að markapunktum $5 \times d_{85A}$ og $25 \times d_{50A}$ þá er óvíst að yfirlagið sé enn innan markapunkta og þarf því að reikna fyrir hvert einstakt tilvik.



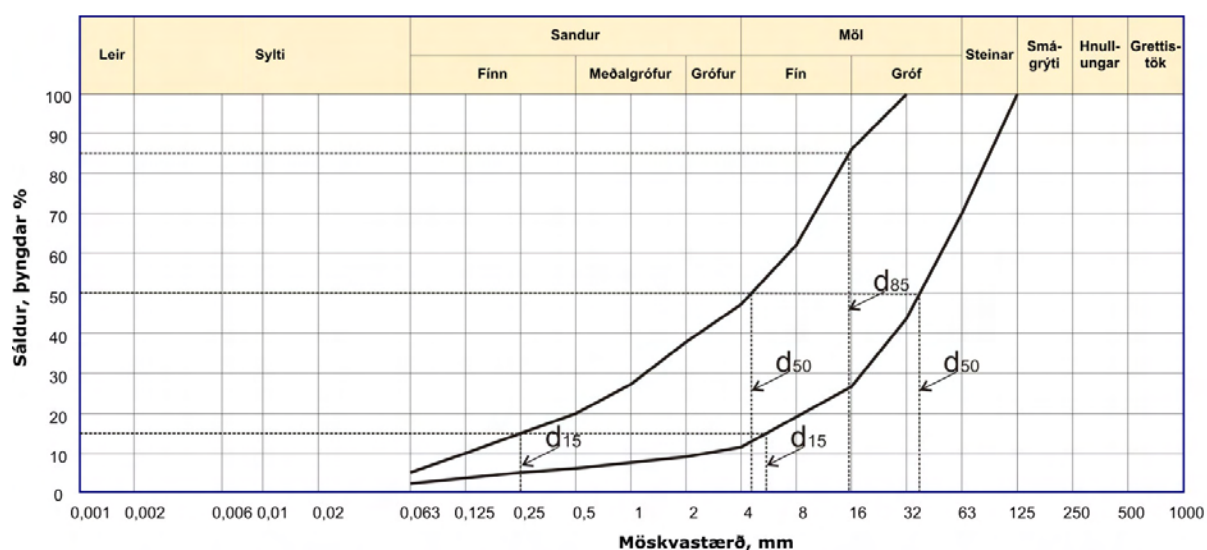
Mynd IV.1. Markapunktur fyrir síulagsefni, reiknaðir út frá sáldurferli aðliggjandi laga og síukröfum.

Ef styrktarlagið er úr sandi eða mól er að jafnaði ekki þörf á að leggja síulag á milli þess og undirbyggingar úr smágerðum jarðvegi. Styrktarlag úr grófmöluðu, sprengdu bergi er hins vegar oft svo opið að síulag er nauðsynlegt til að vernda það gegn fínefnum í fyllingu eða vegbotni. Þá getur verið þörf á síulagi með dreifðum sáldurferli, $C_u \geq 10$. Ef styrktarlagið er úr sprengdu bergi er æskilegt að minnst helmingur efnisins í síulaginu sé grófari en 2 mm, og hámarks steinstærð sé um 50 mm. Í undantekningartilfellum getur reynst nauðsynlegt að hafa síulagið tvöfalt, til dæmis milli fyllingar eða vegbotns úr mjög fíngræðu efni (sylti eða leir) og styrktarlags úr grófu, sprengdu bergi. Þá er efni í neðri hluta síulagsins valið með hliðsjón af síukröfum gagnvart laginu fyrir neðan, en efni í efri hluta síulagsins valið þannig að það uppfylli síukröfur gagnvart neðri hluta síulagsins og einnig styrktarlaginu fyrir ofan. Í síulag ofan á fyllingu á helst að nota efni sem ekki er frostnæmt, að öðrum kosti er það látið tilheyra fyllingunni við hönnun vegarins.

Talsverður munur þarf að vera á grófleika aðliggjandi laga til þess að síukröfur séu ekki uppfylltar. Til dæmis má taka að allar síukröfur eru uppfylltar þó að 0/22 mm burðarlagefni sé lagt beint ofan á 0/90 mm burðarlagefni (sjá markalínur í leiðbeiningum Vg 2010) en venjan er þó að neðri hluti burðarlags sé 0/63 mm efni.

Hér á eftir verða tekin dæmi um notkun síukrafna. Í dæmunum tákna G (með hnéletri) grófara efnið í tveim samliggjandi lögum en S (einnig með hnéletri) það smágerðara.

Mynd IV.2 sýnir sáldurferla tveggja laga úr sprengdu bergi. Sáldurferill efra lagsins fylgir efri markalínu fyrir 0/22 burðarlagefni úr möluðu bergi, er með öðrum orðum eins fíngert og kröfur til burðarlagefnis leyfa [VG 2010, bls. 5-27]. Sáldurferill neðra lagsins fylgir neðri markalínu fyrir 0/90 burðarlagefni úr möluðu bergi, er með öðrum orðum eins gróft og burðarlagefni má vera samkvæmt kröfum um sáldurferil [VG 2010, bls. 5-29].



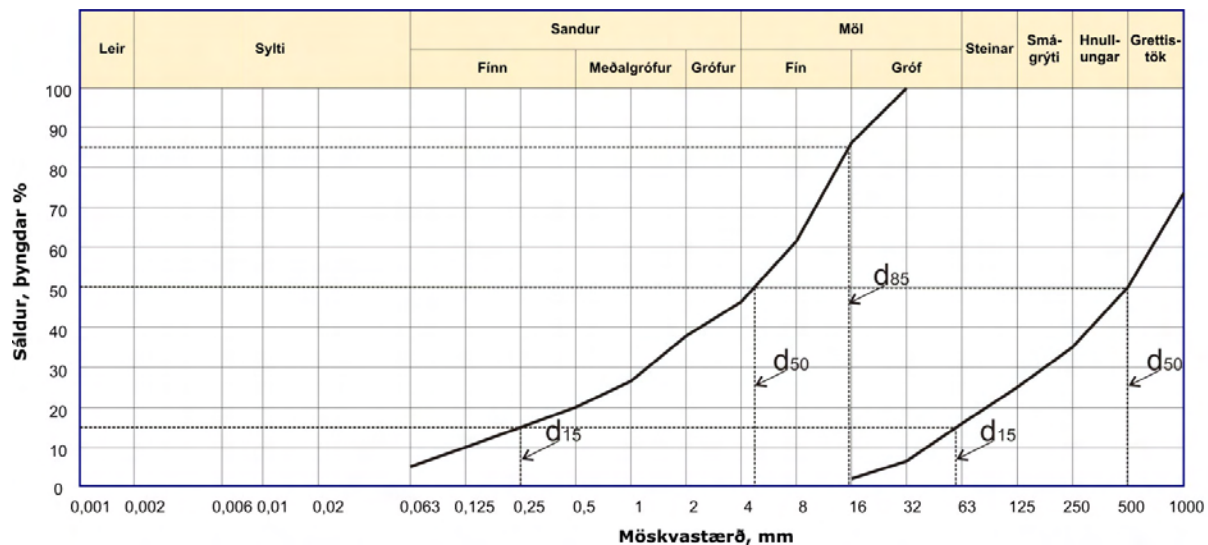
Mynd IV.2. Sáldurferlar fíngerðara (0/22 mm) lagsins (til vinstri) og grófara (0/90 mm) lagsins (til hægri). Samanburður við síukröfur sýnir að hér er ekki þörf á síulagi.

Samanturður við síukröfur gefur eftirfarandi niðurstöður:

- a) $d_{15G}/d_{85S} = 5/15 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 37/4 < 25$
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 5/0,25 > 5$

Síukröfur eru allar uppfylltar og engin þörf á síulagi.

Mynd IV.3 sýnir sáldurferla fyllingar úr sprengdu og flokkuðu bergi og burðarlags úr möluðu bergi, sem kemur ofan á fyllinguna. Sprengda og flokkaða bergið er eins og það má vera grófast til þessara nota og sáldurferill burðarlagefnisins fylgir efri markalínu fyrir burðarlagefni úr möluðu bergi í flokkunarstærðinni 0/22 mm, þ.e. er eins fíngert og burðarlagefni má vera [VG 2010 bls. 5-27].



Mynd IV.3. Sáldurferlar burðarlags úr sprengdu og möluðu bergi (til vinstri) og fyllingar úr grófflokkunni, sprengdu bergi (til hægri). Samanburður við síukröfur sýna að hér er þörf á síulagi.

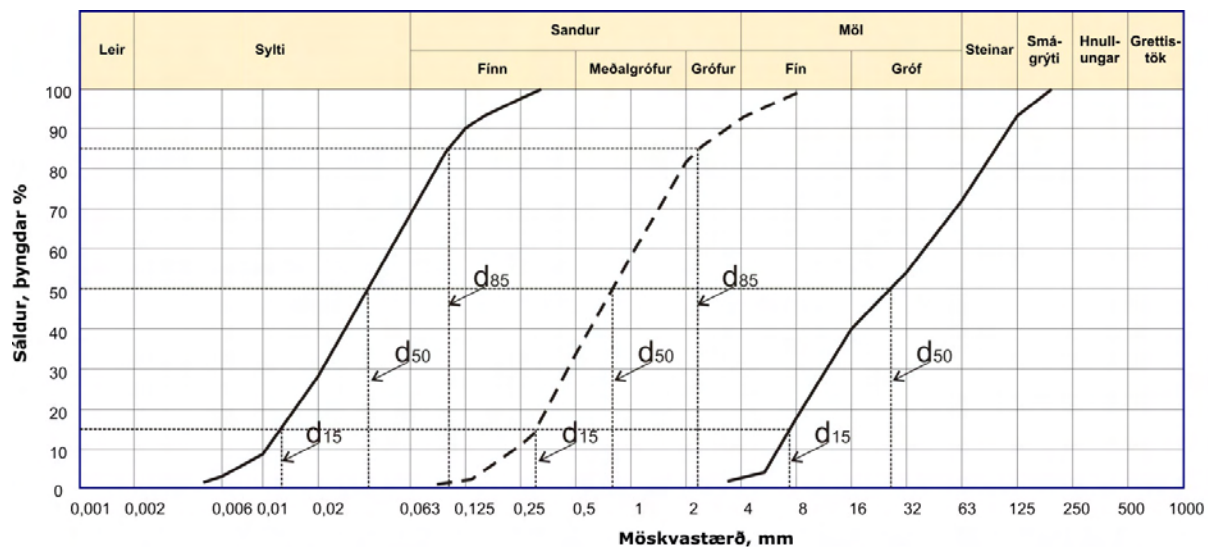
Samanturður við síukröfurnar gefur eftirfarandi niðurstöður:

- a) $d_{15G}/d_{85S} = 58/15 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 495/4 > 25$ (á að vera < 25 , krafan er ekki uppfyllt)
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 58/0,25 > 5$

Í þessu tilfalli eru aðeins tvær síukröfur uppfylltar af þremur og þess vegna er þörf á síulagi á milli fyllingarinnar og burðarlagsins.

Stundum er styrktarlagi úr sprengdu bergi ætlað að koma ofan á vegbotn úr fíngerðu efni, til dæmis fínefnaríkri jökulurð. Þá getur verið þörf á síulagi á milli.

Mynd IV.4 sýnir sáldurferla sýltarríks vegbotns (sem jafnframt er yfirborð undirbyggingar) og styrktarlags úr fremur grófu, sprengdu bergi. Í þessu tilfalli er hlutfallið d_{15G}/d_{85S} miklu stærra en 5 (um það bil 7,3/0,1), svo hér er ótvírætt þörf á síulagi. Á mynd IV.4 er sýnd tillaga að síulagi (með slitrótttri línu).



Mynd IV.4. Sáldurferlar syltarríks vegbotns (lengst til vinstri) og fremur grófs styrktarlags úr sprengdu bergi (lengst til hægri). Samanburður við síukröfur sýna að hér er þörf á síulagi. Sáldurferill nothæfs síulags er sýndur með slitróttri línu.

Samantburður við síukröfurnar gefur eftirfarandi niðurstöður:

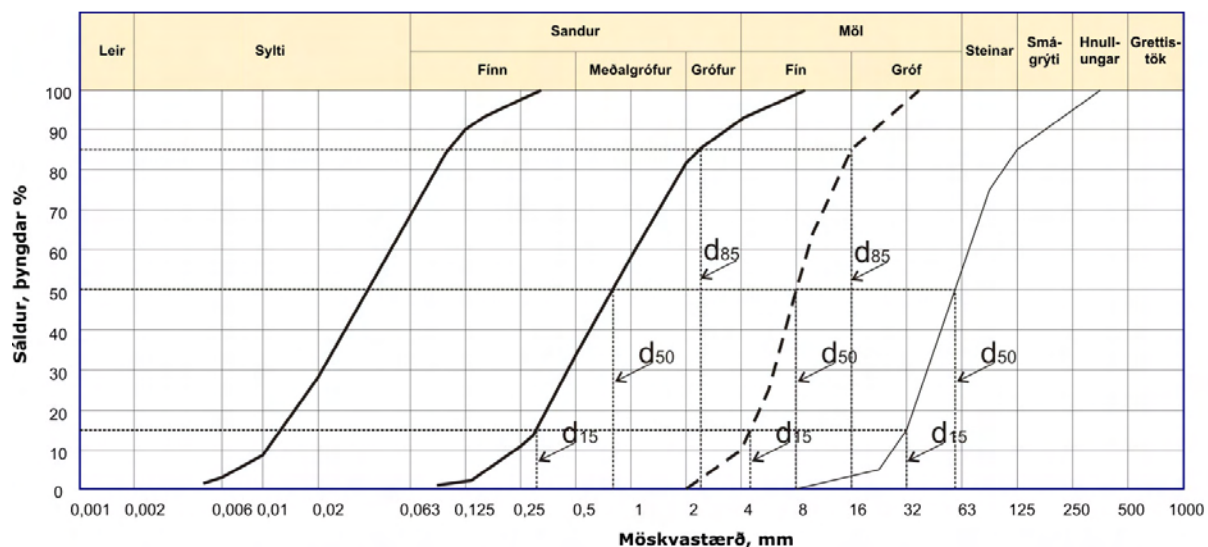
- a) $d_{15G}/d_{85S} = 0,3/0,1 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 0,8/0,04 < 25$
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 0,3/0,013 > 5$

Síulagið uppfyllir síukröfur gagnvart neðra laginu. Til öryggis er rétt að kanna hvort síukröfurnar séu uppfylltar gagnvart efra laginu. Þá fæst:

- a) $d_{15G}/d_{85S} = 7,3/2,3 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 26/0,8 > 25$ (á að vera < 25 , krafan er ekki uppfyllt)
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 7,3/0,3 > 5$

Í þessu tilfalli eru aðeins tvær síukröfur uppfylltar af þremur. Til úrbóta má gera eitt af þremur, nota heppilegan síudúk í stað síulags, nota tvöfalt síulag eða leita uppi annað síulagsefni sem uppfyllir síukröfurnar. Hér nægir að velja eilítið grófara efni í síulagið þannig að d_{50} fyrir síulagið sé lítið eitt stærra en 1 mm sem er tiltölulega lítil breyting.

Að lokum skal tekið dæmi um tvöfalt síulag. Vegbotninn og síulagið á mynd IV.5 er hið sama og á mynd VI.4, en styrktarlagið er talsvert grófara. Nú er d_{15} fyrir styrktarlagefnið 32 mm en d_{85} fyrir síulagsefnið er 2,3 mm eins og áður. Hlutfallið d_{15}/d_{85} er því $32/2,3 > 5$, svo hér þarf bæta inn öðru síulagi (efri hluta síulags) á milli fyrra síulags (sem nú verður neðri hluti síulags) og styrktarlagsins. Á mynd IV.5 er tillaga að efri hluta síulagsins sýnd með slitróttu línu.



Mynd IV.5. Sáldurferlar slyttarríks vegbotns (lengst til vinstri) og grófs styrktarlags úr sprengdu bergi (lengst til hægri). Samanburður við síukröfur sýna að hér er þörf á tvöföldu síulagi. Sáldurferlar efri hluta síulagsins (slitrótt lína) og neðri hluta þess eru sýndir á milli hinna tveggja.

Samanturður við síukröfurnar gefur eftirfarandi niðurstöður:

Vegbotn-neðri hluti síulags:

- a) $d_{15G}/d_{85S} = 0,3/0,1 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 0,8/0,04 < 25$
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 0,3/0,013 > 5$

Neðri hluti síulags-efri hluti síulags:

- a) $d_{15G}/d_{85S} = 4,4/2,3 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 7,8/0,8 < 25$
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 4,4/0,3 > 5$

Efri hluti síulags-styrktarlag:

- a) $d_{15G}/d_{85S} = 32/16 < 5$
- b) $d_{50G}/d_{50S} = 58/7,8 < 25$
- c) $d_{15G}/d_{15S} = 31/4,4 > 5$

Síukröfur eru uppfylltar fyrir öll lögin.

Ef síulag þarf að vera tvöfalt er neðri hlutinn oft hafður 150 mm þykkur en sá efri 100 mm.

VÍÐAUKI V. NOKKRAR SKILGREININGAR Á STEINEFNAHEITUM

1. Tillaga Gunnars Bjarnasonar að stærðaflokkun steinefna og heitum á stærðaflokkum.

Tafla V.1 sýnir tillögu að stærðaflokkun steinefna. Stærðaflokkar minni en 125 mm eru í samræmi við steinefnastaðla CEN TC 154 en stærðaflokkar minni en 63 mm eru einnig að mestu samkvæmt jarðtækniastaðlinum ÍST EN ISO 14688-1:2002. Fyrir stærri steinastærðir er m.a. höfð hliðsjón af flokkun sem kynnt er í orðabókinni „Glossary of Geology“ eftir Bates og Jackson. Öll mál í þeirri bók miðast þó við ensk-ameríska kerfið en stærðir hafa hér verið færðar til metrakerfis í eðlilegu framhaldi af ISO 565 R20 sigtaröðinni. Í áður nefndum jarðtækniastaðli er miðað við cobble (63-200 mm), boulder (200-630 mm) og large boulder (>630 mm). Gunnar Bjarnason telur þessa flokkun ekki henta okkar þörfum t.d. fyrir flokkun á rofvarnargrjóti en um slíkt grjót fjallar staðallinn ÍST EN 13383 (Armourstone) sem er undir CEN TC 154 staðla-pakkanum. Í staðlinum eru auk sigtastærða að 250 mm gefnir upp eftirfarandi þyngdarflokkar (heavy grading) 300 - 1000 kg, 1000 - 3000 kg, 3000 - 6000 kg, 6000 - 10000 kg og 10000 - 15000 kg en auk þess léttari þyngdarflokkar milli 5 og 300 kg (light grading).

Tafla V.1. Stærðaflokkun steinefna.

Heiti stærða-flokka	Stærðarbil (þvermál)	Enskt heiti og stærð (Bates og Jackson)	Rúmmál m ³	Þyngd basalts kg/tonn	Athugasemdir
Leir	< 0,002 mm	Clay	-		Fínefni (fyllir í malbik)
Sylti	0,002-0,063 mm	Silt	-		
Sandur	0,063-4 mm	Sand (ýmist < 2 mm eða < 4 mm eftir stöðlum)	-		Venjan hér á landi er að miða við 4 mm (4,75 mm)
Möl (völur)	4-63 mm	Pebble 4-64 mm	-		Á sáldurferli; möl
Steinar	63-125 mm	Small cobble 64-128 mm	-		125 mm er stærsti steinn í venjulegu sýni í poka og einnig stærsta sigti á rannsóknastofu
Smá-grýti	125-250 mm	Large cobble 128-256 mm	0,001-0,008	3-20 kg	
Hnull-ungar	250-500 mm	Small boulder 256-512 mm	0,008- 0,065	20-180 kg	Súgrjót
Grettis-tök	500-1000 mm	Medium boulder 512-1024 mm	0,065-0,5	0,18-1,5 tonn	0,5 m ³ ef klöpp er í skurðgreftri
Stór-grýti	1-2 m	Large boulder 1024-2048 mm	0,5-4,2	1,5-12 tonn	1 m ³ (1,2 m) ef klöpp er í skæringu utan bergskæringa
Björg	2-4 m	Very large boulder 2048-4096	4,2-34	12-94 tonn	

Eðlilegt er að miða stærðarbil við framhald ISO 565 R20 sigtaraðarinnar og tvöfalda stærðir á milli stærðaflokka eins og þar er gert. Í töflunni er einnig birt áætlað rúmmál og þyngdarbil hvers stærðarflokks og er þá miðað við að steinar séu kúlulaga og hafi rúmpýngd 2,8, sem er algeng rúmpýngd basalts. Þar sem stærðarflokkar rofvarnargrjóts eru gefnir upp eftir þyngdum í útboðsgögnum og varðandi skilgreiningu á stærðarmörkum við rippun er miðað við rúmmál geta slíkar upplýsingar hjálpað verktökum til að átta sig í grófum dráttum á umfangi og þyngd steina í hverjum þyngdarflokki.

2. Nokkrar sænskar skilgreiningar ásamt skýringum.

- *Undirbygging úr sprengdu bergi:* Undirbygging gerð úr fyllingu úr sprengdu bergi og rétt af með (200 mm þykku) styrktarlagsefni.
- *Yfirborð undirbyggingar úr sprengdu bergi:* a) yfirborð skæringar í berg; b) yfirborð fyllingar úr sprengdu bergi; c) yfirborð fyllingar úr muldu bergi.
- *Sprengt berg:* Fast berg, losað með sprengingum, án tillits til sáldurferils. Kröfur til efnisgæða ákvarðast af fyrirhugaðri notkun.
- *Sprengt og flokkað berg:* Sprengt og flokkað og/eða malað berg sem uppfyllir tiltekna kröfur um sáldurferil. Efri flokkunarstærð 640 mm. Kröfur til efnisgæða ákvarðast af fyrirhugaðri notkun.
- *Sprengt og malað berg:* Sprengt berg sem er malað þannig að það uppfylli tiltekna kröfur um sáldurferil. Efri flokkunarstærð 250 mm og efnið er oftast nær malað á einu brotstigi. Kröfur um efnisgæði ákvarðast af fyrirhugaðri notkun.

Í sænskum verklýsingum er efni úr föstu bergi og lausum setlögum skipað í sex flokka eftir gerðum. Berg fellur ýmist í efnisflokk 1 eða 3A.

Efnisflokkur 1 er berg af gerð 1 eða 2 (sjá hér á eftir) með minna en 10 % fínefni (<0,063) og jafnframt minna en 2 % af lífrænu efni, hvoru tveggja reiknað sem þyngdarhlutfall af þeim hluta efnisins sem smýgur 63 mm. Efnisflokkur 3A er berg af gerð 3 (sjá hér á eftir) með minna en 30 % fínefni og jafnframt minna en 2 % af lífrænu efni, reiknað á sama hátt.

Bergi er auk þess skipað í þrjá undirflokka eftir berggerð þannig:

- Berggerð 1. Kvarnargildi (ÍST EN 1097-9) má mest vera 18. Berg í þessum flokki er yfirleitt hart og sterkt. Við vinnslu og mölun myndast tiltölulega lítið af fínefni og bergið molnar yfirleitt ekki undir umferð meðan á framkvæmdum stendur. Dæmi um berggerðir af þessu tagi eru glimmersnautt granít, kvarsít, diabas, porfyr og leptít.
- Berggerð 2. Kvarnargildi er milli 18 og 30. Berg í þessum flokki hefur miðlungs styrk og lítið slitþol. Það molnar tiltölulega auðveldlega niður undir umferð meðan á framkvæmdum stendur. Dæmi um berggerðir af þessu tagi eru einsleitur kalksteinn, glimmerskotnar gnæs- og graníttegundir.
- Berggerð 3. Kvarnargildi er herra en 30. Berg í þessum flokki myndar mikið fínefni við vinnslu og mölun og molnar undir umferð meðan á framkvæmdum stendur. Dæmi um sænskar berggerðir af þessu tagi eru bergtegundir með hátt glimmerinnihald, leirskífur, krítarkalksteinn (leir)ummyndað berg og óflokkað efni.

Við mat á berggerð má einnig hafa stuðning af berggreiningu.

3. Nokkur orð í norsku og sænsku sem vísa til steinastærða.

Í norsku eru þessi tvö hugtök notuð (auk margra annarra) um stærðir á steinefni:

- a) Hámarksstærð korna, á norsku „maksimal kornstørrelse“ [VB 2005, bls 411; RTT 1973, bls. 40]. Þetta hugtak táknar (minnstu) möskvastærð í sigti sem allt steinefnið smýgur. Það virðist koma heim og saman við merkingu D í rithættinum d-D til að setja fram stærðir á steinefni.
- b) Flokkunarstærð korna, á norsku „nominell kornstørrelse“ [VB 2005, bls 411; RTT 1973, bls. 40]. Þetta hugtak er notað til að tákna stærðaflokk (sortering) af sigtuðu steinefni, sem er tilgreindur með rithættinum d/D. Þá eru leyfðar yfir- og undirstærðir að vissu marki. Með yfirstærð er átt við steinefni sem er grófara en efri flokkunarstærð segir til um og með undirstærð er átt við efni sem er fíngrðara en neðri flokkunarstærð segir til um. Leyfileg yfirstærð er takmörkuð, bæði sem þyngdarhlutfall (af öllu efninu) og með hámarksstærð korna. Samsvarandi reglur gilda um undirstærðir. Þetta hugtak virðist koma heim og saman við ritháttinn d/D þar sem d táknar neðri flokkunarstærð en D efri flokkunarstærð.

Í sænskum verklýsingum (VV2005, bls. E6) er notað hugtakið stærstu steinar, á sænsku „största stenstorlek“ og táknað með D'_{98} . Stærstu steinar er skilgreint sem möskvastærð í (minnsta) sigti sem 98 % af steinefninu smýgur.

Annað hugtak sem þar kemur fyrir (en er notað um bikbundin efni) og samsvarar efri flokkunarstærð hjá okkur er (á sænsku) „största nominella stenstorlek“ og er skilgreint sem D_{85} , þ.e. möskvastærð í sigti sem 85 % af efninu smýgur þegar malbik (massabeläggningar) á í hlut en D_{90} ef átt er við klæðingar.

4. Um skilgreiningar á púkki.

Að því er virðist eru til ótal gerðir af púkki.

Haraldur Sigursteinsson [HS 2008, bls. 10] skilgreinir púkkmulning sem samheiti fyrir efni sem er m.a. mikið notað á höfuðborgarsvæðinu og er yfirleitt malað bólstraberg, kubbaberg eða sprengt, þétt berg. Hann nefnir 0-63 mm púkkmulning og einnig 0-100 mm púkkmulning.

Í norski heimild [RTT 1973] er púkk skilgreint sem mulið steinefni í stærðaflokkum (sortering) á bilinu 4-80 mm. Yfir- og undirstærðir eru leyfðar.

Sænsk heimild [ST án ártals] skilgreinir púkk sem steinefni úr sprengdu bergi, þar sem smærra efni en 2 mm er sigtað frá. Það sem eftir verður er sigtað í ýmsa stærðaflokka.

Áður nefnd norsk heimild skilgreinir nokkrar gerðir af púkki. Grófpúkk, á norsku „kult“ hefur efri flokkunarstærð á bilinu 80-300 mm. Fínúkk, á norsku „finpukk“ kemur fyrir í norskum heimildum [VB 2005, bls. 409] og merkir mulið steinefni með flokkunarstærðir á bilinu 4-22 mm. Síðan eru til margar gerðir af bundnu púkki, sements- eða bikbundnu.

VIÐAUKI VI. HOLRÝMD Í STEINEFNUM

Holrýmd (m.a. í steinefni) er venjulega tilgreind í prósentum. Hún er skilgreind sem rúmmál loftfyllts rýmis í prósentum af heildarrými.

Ef jafnstórum kúlum er raðað þannig að holrúmið á milli þeirra sé hið mesta mögulega og sérhver kúla snertir sex næstu nágranna sína (miðpunktur sérhverrar kúlu er staðsettur í horni tenings með sérhverja brún jafnlanga þvermáli kúlunnar) verður holrýmdin 47,6 %. Sé kúlunum hins vegar raðað eins þétt og mögulegt er (rhombohedral array) verður holrýmdin aðeins 25,9 %. Í þessum tilfellum báðum er holrýmdin óháð þvermáli kúlanna [Janbu 1970, bls. 44].

Hins vegar er augljóslega hægt að minnka holrýmdina með því að koma smærri kúlum fyrir í holrúmunum á milli upprunalegu kúlanna. Með öðrum orðum; ef kúlurnar eru allar af sömu stærð skiptir engu máli hver hún er, holrýmdin verður alltaf sú sama þegar kúlunum er raðað eins og að ofan greinir, en með því að velja mismunandi stærðir og samsetningu þeirra gaumgæfilega má minnka holrýmdina.

Þessi vitneskja endurspeglar í svokölluðu 0,45-veldis línuriti [Asphalt Institute 2001, bls. 30-32]. Á línuriti sem hefur möskvastærðina í veldinu 0,45 á x-ásnum og sáldur í % á y-ásnum kemur þéttasti mögulegi sáldurferill fram sem bein lína á milli upphafspunkts hnitakerfisins (0;0) og punktsins sem afmarkar 100 % sáldur (m; 100, þar sem m táknar möskvastærðina sem allt steinefnið smýgur). Þessi aðferð getur verið heppileg til að lýsa sáldurferli í malbiksefni. Þar þarf að forðast að sáldurferillinn nálgist beinu línuna um of, annars er hætta á að holrýmdin í steinefninu verði of lítil, bindiefnið spyrni steinefnagrindinni sundur og malbikið skríði undir umferð. Steinefni í malbik er oft sett þannig saman að holrýmd í steinefninu einu sér verði um 15 %.

Þegar sprengt berg á í hlut eru steinarnir misstórir og lögun þeirra er óregluleg. Sem þumal fingursreglu má nota að 1 m³ í klöpp verður um 1,75 m³ eftir losun, en rúmmálið minnkar aftur í 1,4 m³ eftir þjöppun [Forssblad 1981, bls. 101]. Með öðrum orðum verður holrýmd í sprengdu grjóti (óunnu og óflokkuðu) um 30 % eftir þjöppun.

Einn rúmmetri af sendinni mól í náttúrunni verður um það bil 1,2 m³ þegar búið er að losa hann en verður um 0,9 m³ eftir þjöppun [Forssblad 1981, bls 101]. Holrýmd í sendinni mól í náttúrunni (sem jarðvegur) getur verið talsvert mismunandi eða á bilinu 18-42 % eftir aðstæðum [Kézdi 1974, bls. 50].

Holrýmd í unnu (möluðu og flokkuðu) steinefni er að sjálfsögðu afar mismunandi eftir sáldurferli og lögun steinefnisins. Að öðru jöfnu eykst holrýmdin eftir því sem kornastærðabilið þröngist. Þess vegna hefur einskorna þúkk tiltölulega mikla holrýmd og þar af leiðandi góða afvötnunarhæfileika. Einnig tapar það seint burðarþoli vegna fínefnis, hvort sem það er utanaðkomandi eða hefur myndast við niðurbrot í steinefninu, þar sem tiltölulega mikið þarf af fínefni til að fylla holrýmin í þúkki og öðru einskorna grjóti. Sömuleiðis er holrýmd í styrktarlagi úr sprengdu og möluðu bergi minni en í rofvörn úr stórgrýti, ekki af því að stærstu steinar eru minni í styrktarlaginu, heldur af því að innbyrðis stærðadreifing kornanna í styrktarlaginu er meiri.

Heimildir.

[AI 2001]. The Asphalt Institute. *Superpave Mix Design*. Superpave Series No. 2 (SP-2). Third Edition, Lexington.

[LF 1981]. Forssblad, L. *Vibratory soil and rock fill compaction*. Dynapac Maskin, Solna.

[NJ 1970]. Janbu, N. *Grunnlag i geoteknikk*. Tapir forlag, Trondheim.

[ÁK 1974]. Kézdi, Á. *Handbook of Soil Mechanics. Volume 1. Soil physics*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

VIÐAUKI VII. ORÐALISTI. SKILGREININGAR OG SKÝRINGAR Á HUGTÖKUM

Tekinn saman af Ásbirni Jóhannessyni, Eymundi Runólfssyni og Gunnari Bjarnasyni.

Orðalistinn er þannig gerður að á eftir uppflettiorði kemur í flestum tilfellum skilgreining á hugtakinu en nánari skýring kemur þar fyrir neðan með inndregnu letri. Uppflettiorð sem koma fyrir í skilgreiningum eða skýringum í þessum orðalista eru skáletruð. Mörg orðanna eru tekin úr heimildum sem eru tilgreindar í lok viðaukans en einnig voru samdar skilgreiningar við fjölmörg orð.

aðskilnaður kornastærða

verður þegar mismunandi kornastærðir, í blöndu *steinefna* með mikilli breidd í kornastærðum, greinast hver frá annarri þannig að *sáldurferill* verður ólíkur á mismunandi stöðum t.d. í efnishaugum eða í lagi *veghlots*

Þetta getur m.a. gerst þegar steinefni hrynur niður halla í efnishaugum eða velkist til undir umferð í vegi.

afrétting

jöfnun á yfirborði lags í *veghloti*

Dreift er þunnu lagi af smágerðu efni yfir lagið til þess að þetta yfirborð þess og koma því í rétta *hæð*.

afréttingarlag

þunnt lag, sem sett er ofan á annað lag úr grófara efni

Sjá *afrétting*.

afvötnun

framræsla vatns úr *veghloti* og vegstæði

akbraut

hluti vegar, ætlaður vélknúnum farartækjum til að aka á

Ein eða fleiri samliggjandi *akreinar*.

akrein

akbraut eða hluti *akbrautar*, ætluð einfaldri röð ökutækja til umferðar

Alverk

verklýsingar Vegagerðarinnar

Stöðluð lýsing á verkliðum í útboðsverkum, nema annað sé tekið fram í útboðsgögnum (sérverklýsingu).

apalhraun

hraun, með úfnu og ósléttu yfirborði með hraukum af lausu gjallkenndu apalgrýti

ÁDU

skammstöfun fyrir ársdagsumferð, meðalumferð bíla á einum degi í tilteknu vegþversniði á ársgrundvelli

ÁDU_p

skammstöfun fyrir ársdagsumferð þungra bíla (>3,5 tonn að heildarþyngd), meðalumferð þungra bíla á einum degi í tilteknu vegþversniði á ársgrundvelli

álagsdreifistuðull

mælikvarði á hæfi efnis til að dreifa álagi

Venjulega er miðað við hæfi *mulinnar malar* til álagsdreifingar, sem þá fær álagsdreifistuðulinn 1.

ásýnd steinefnis

heiti yfir *kornalögun*, *brothlutfall* og *yfirborðsáferð steinefnis*

basalt (basískt berg)

berg með hlutfallslega lítilli kísilsýru, minna en 52 % af SiO₂, miðað við þyngd

berg

steinefni í föstu ástandi, úr einni eða fleiri *steindum* t.d. basalt, *gabbró* og *setberg*, sem verður ekki losað nema með tækjum

bergbrigði

nánari greining *bergtegundar* eftir ummyndunarstigi, þéttleika og öðrum einkennum

Dæmi um bergbrigði; basalt, ummyndað, þétt. Bergbrigði eru flokkuð í þrjá gæðaflokka eftir eiginleikum til mannvirkjagerðar.

berggerð

Sjá bergtegund.

berggreining

ákvörðun á *berggerð* og *bergbrigðum steinefnis*
Greiningin er gerð til að leggja mat á gæði *bergs* til mannvirkjagerðar. Hún lýsir m.a. *bergbrigðum* þ.e. þéttleika og ummyndunarstigi efnis.

berggrunnur

fast *berg* jarðskorpunnar
Á Íslandi *gosberg* og *setberg* sem er undir jarðvegi og setlögum. Sýndur á berggrunnskortum.

berggæði

heiti yfir *styrk*, *veðrunarþol* og *slitþol steinefna*

bergmol

samheiti við *set* en hér er *gjóska* ekki meðtalin

bergnáma

efnistökustaður þar sem fast *berg* er numið til notkunar í mannvirkjagerð
Það er rífið upp með stórvirkum vinnuvélum eða losað með sprengiefni.

bergskæring (bergskering er röng orðmyndun)
brottnám *bergs* úr vegsvæði þar sem fast *berg* er rífið upp með stórvirkum vinnuvélum eða losað með sprengiefni í því skyni að bæta legu og umhverfi vegarins

bergspenna

innri spenna í *bergi*

bergsprunga (sprunga)

brot í *berg*, hvort sem berghlutarnir hafa færst til eða ekki

bergtegund

gerð *bergs* eftir uppruna
Greind í flokka, *storkuberg*, *setberg* og myndbreytt *berg* og í tegundir eftir *steindum* og efnasamsetningu, svo sem eftir því, hve mikið er af kísilsýru (SiO₂) í berginu

bikbundið burðarlag

fremur magurt malbikslag úr grófu *steinefni*
Venjulega annað eða þriðja malbikslag talið ofan frá, 50-150 mm þykkt.

bikdreifari

búnaður til að dreifa bikbindiefni í fremur þunnu en jöfnu lagi á vegyfirborð

bindilag

bikbundið lag á milli *slitlags* og *burðarlags*

blágrýti

basískt gosberg, dökkt eða jafnvel svart á lit
Blágrýtismyndunin er elsta jarðmyndun landsins, en hún varð til á síðterti, það er, á míósen og plíósen og er því eldri en u.þ.b. 3 milljón ára.

blöðrótt berg

storkuberg með blöðrum á víð og dreif

borgengni

mælikvarði á, hversu hratt bor gengur inn í *berg* og hve mikið slit verður á borkrónu við borun í bergið

bormynstur

fyrirkomulag borhola og bil milli þeirra í pallsprengingu
Markað er fyrir borholum eftir ákveðnu mynstri. Bil milli borhola samsíða stálvegg nefnist raðabil en bil milli borhola þvert á stálvegg nefnist holubil (forsetning).
Val á bormynstri er háð nokkrum þáttum s.s. gerð *bergsins*, hvaða grjótstærð er sóst eftir, pallhæð og þvermáli holu.

bortugi

borvagn ásamt borvélum og öðrum nauðsynlegum búnaði til borunar

bólstraberg

gosberg, sem oft myndast, ef hraunkvika rennur í vatni og storknar snögglega
Verður þá til safn af bólstrum, sem minna á troðfulla poka. Hver bólstur er stuðlaður, og stefna stuðlarnir sem geislar í allar áttir út frá miðju hans. Ytra borð bólsturs er glerkennt. Basaltbólstrar eru algengir, en líparítbólstrar sjaldgæfir

brattlendi í vegstæði

land í og við vegstæði þar sem halli er meiri en 1:3

brjótar

vélbúnaður af ýmsum stærðum og gerðum (kjálkabrátur, kónbrjótur, kastbrjótur) til að mylja *sprengt berg* eða laus *set*

brothlutfall

hlutfall brotinna og óbrotinna korna í *sýni* og segir til um hversu stór hluti einstakra korna er alveg brotinn, og hversu hátt hlutfall korna er alveg núið (óbrotið)

Steinn telst alveg brotinn ef brotflöturinn er meira en helmingur af yfirborði hans.

Brothlutfallið 50/30 þýðir að >50% steina eru alveg brotnir og <30% alveg núnir.

brotstig

gefur til kynna fjölda *brjóta* í mulningssamstæðu, sem *steinefni* hefur farið í gegnum

Mölun í þremur brjótum nefnist þriggja brotstiga mölun.

burðargildi

reiknað *burðarþol* vegar

burðargildisaðferð

aðferð til að reikna *burðarþol* vegar

Um er að ræða uppsafnað margfeldi af þykkt hvers lags fyrir sig í *yfirbyggingunni* og *álagsdreifistuðli* viðkomandi lags. Útkoman (*burðargildi*) er mælikvarði á *burðarþol* yfirbyggingarinnar.

burðarlag

lag í *yfirbyggingu* *veghlots* milli *styrktarlags* og *slitlags* eða *bindilags*

Burðarlagi er stundum skipt í tvennt, efri og neðri hluta burðarlags.

burðarþol

1 ending og hæfi vegar til þess að bera ökutæki, sem eftir honum fara, án þess að aflagast

Við mat á burðarþoli vegar er jafnan miðað við álag einstakra öxla og heildarþunga farartækis.

2 niðurstaða í mælingu t.d. með falllóði eða *plötuprófi*.

CBR-próf

rannsóknaraðferð til að meta burðareiginleika *steinefnis* til vegagerðar, meðal annars áhrif vatns á þann eiginleika

djúpberg

storkuberg, sem myndast við hæga storknun bergkviku djúpt í jarðskorpunni

efnisgerð

tegund *steinefnis*, sem notað er við vegagerð

Eigindir *steinefnis* eru mismunandi og er efninu skipt í þrjá meginflokka:

1. *set* (efni úr setmyndunum),
2. *storkuberg* (efni úr storkubergi),
3. endurnýtt efni (endurunnin efni).

Efnisgerðirnar eru flokkaðar í undirflokka eftir vinnslu efnisins. Ástæðan fyrir flokkun efna í efnisgerðir er að eiginleikar þeirra eru misjafnir og því eru oft gerðar mismunandi kröfur til efnis eftir því hver efnisgerðin er og hvernig vinnslu hefur verið háttáð.

efnisgæði

eiginleikar *steinefnis* sem lýsa því hvort eða að hve miklu leyti *steinefni*ð uppfyllir tilteknar kröfur

Sjá *efniskrafa*.

efnishaugur

birgðir af *steinefni* (unnu eða óunnu) sem hefur verið *haugsett* til geymslu um lengri eða skemmri tíma

efniskrafa

krafa um lágmarksgæði *steinefnis*, til að efnid teljist hæft til fyrirhugaðrar notkunar

Dæmi um efniseiginleika, sem gerðar eru kröfur til, eru *styrkur*, *veðrunarþol* og *slitþol*.

efnisrannsókn

prófun á efnnum samkvæmt viðurkenndum forskriftum, prófunarstöðlum, til að skera úr um efniseiginleika, svo sem styrk, *veðrunarþol*, *kornalögun* og *sáldurferil*.

efnistaka

brottnám *steinefna*, *bergs* eða lausra *setlaga*, til notkunar við mannvirkjagerð

efri flokkunarstærð

möskvastærð (táknuð með D) í sigti sem viss hluti *steinefnis* smýgur, oft 80-90 %

Þetta hugtak er, ásamt *neðri flokkunarstærð*, notað til að skilgreina stærðabil sem megnið af steinefni fellur í með hæfilega ákvörðuðum frávikum. Sjá staðal ÍST EN 13242.

efri stærðarmörk

möskvastærð í sigti sem 98 þungaprósent af efninu smjúga

Táknuð með D'98.

eftirlitsmælingar

mælingar sem gerðar eru á meðan á verki stendur, til athugunar á verk-gæðum og magni

eftirlitspróf

próf eða rannsóknir sem gerðar eru til að meta verk- og *efnisgæði*

Prófin geta verið sjónmat en einnig flóknari efnispróf eða rannsóknir gerðar á rannsóknarstofum.

eftirþjöppun

rúmmálsminnkun (samþjöppun) í vegagerðar-efni fyrir áhrif umferðar eða undan eigin þunga eftir að gengið hefur verið frá því endanlega í veginum

eiginleikar fínefna

efniseiginleikar sem lýsa þeim hluta *steinefnis* sem er með smærri korn en 0,063 mm

Dæmi um eiginleika; *þjálmi*, magn *myldis* og holrýmd í mélu.

einskorna

þegar kornastærðir (*steinefna*) liggja að mestu á þröngu bili

Evrópustaðlar

safn staðla sem þjóðir Evrópu hafa samþykkt að taka í notkun

Þessu samþykki fylgir jafnframt kvöð um að fella um leið úr gildi eigin staðla um sama efni. Hérlandis hafa Evrópustaðlar forskeytið ÍST EN.

ferskt berg

berg með *steindum* sem hafa ekki náð að ummyndast yfir í aðrar steindir svo sem leirsteindir

Sjá *ummyndun*.

fínefnahlutfall

þyngdarhlutfall efnis með smærri korn en 0,063 mm í *sýni* af *steinefni*

Hlutfallið er ýmist miðað við allt sýnið eða þann hluta sem smýgur tiltekið sigti, t.d. 22 eða 63 mm.

fínefni

smábert *steinefni* í leir og sýltarstærðum, með smærri korn en 0,063 mm

fínhrýfi (microtexture)

litt sýnilegar ójöfnur í yfirborði *slitlags* með bylgjulengdir allt að 0,5 mm og dæmigerða sveifluvídd á bilinu 0,001-0,5 mm

Fínhrýfi ræðst einkum af yfirborðsáferð steina í yfirborði slitlags. Það hefur, ásamt *grófhrýfi*, afgerandi áhrif á hemlunarviðnám slitlagsins.

fínþúkk

steinefni, úr sprengdu eða rippuðu *bergi*, innan stærðabilsins 4-80 mm

Sjá *þúkk* og *gróþúkk*.

fjöldi yfirferða með valta

tilgreinir hversu oft *valti* hefur farið yfir hvern einstakan blett í lagi (t.d. burðarlagi) vegar

Notað sem mælikvarði á völtun. Hægt að telja með GPS-staðsetningarbúnaði.

fláafleygur

fleygur í *veghloti*, utan við berandi hluta vegar

Gerður til að draga úr bratta vegfláa í öryggisskyni.

fleygað þúkk

steinefni í burðarlagi, fleygað með *fínþúkki* til þess að auka *stæðni* lagsins

Einnig gert til að þétta og slétta yfirborðið. Sjá *þúkk*.

flokkað efni

steinefni, flokkað með þeim hætti að það spanni tiltekið bil kornastærða

Dæmi 8/16 mm.

flokkun

sundurgreining *steinefnis* eftir kornastærðum

Gert með minnst tveim sigtum, með eða án undanfarandi *mölunar*.

flokkunarstærð

möskvastærð sem afmarkar meginhluta *sáldurferils steinefnis*

Stærðarflokki steinefnis er lýst með tveim flokkunarstærðum, efri (D) og neðri (d).

Sjá *efri flokkunarstærð* og *neðri flokkunarstærð*.

flutningslengd (flutningsvegalengd)

vegalengd sem efni er flutt

flæðimark

hæsta rakagildi sem efni getur haft án þess að missa *þjálmi* sína og flæða

forbrjótur

fyrsti *brjótur* í *mölunarsamstæðu*, yfirleitt kjaftbrjótur (kjálkabryótur)

forbrotið efni

steinefni sem hefur farið í gegnum *forbrjót* en enga frekari vinnslu

Dæmi um stærðarflokka: 0/90 og 0/125.

framkvæmdarstig

tilfallandi *steinefnarannsóknir* á framkvæmdarstigi, hafi þær brugðist á fyrri stigum

Sjá *stig í verkferli efnisrannsókna*.

framleiðsla

hér; takmörkuð við framleiðslu steinefnis

1 Hverskonar vinna við losun, *mölun*, sigtun, þvott o.s.frv. á *steinefni*

2 Steinefni, að framleiðslu lokinni.

framleiðslustig

vinnsla steinefna og rannsóknir á þeim

Sjá *stig í verkferli efnisrannsókna*.

frávik

mismunur á mældu gildi og fyrirskipuðu gildi

freramörk

þykkt jarðvegs sem að jafnaði frýs að vetrarlagi

Freramörk má skilgreina nánar með líkum, t.d. 20, 50 eða 100 ára freramörk.

frostdýpi

dýpi í jörð, sem frost nær niður hverju sinni

frostvarnarlag

lag í *yfirbyggingu*, næst undir *styrktarlagi*, sem ætlað er að einhverju eða öllu leyti að hindra að frost hlaupi niður í frostnæmt efni í *undirbyggingu* eða *vegbotn*

frostþol

1 N hæfileiki *steinefnis* til að standast víxlverkun frosts og þíðu án þess að molna niður

2 L efni er frostþolið ef það er ekki vatnsdrægt og þenst ekki út þegar það frýs

fylling

Sjá vegfylling.

fyrirmæli

Orðið „fyrirmæli“ og orðasambandið „að mæla fyrir um“ er notað án frekari skýringa um öll bindandi fyrirmæli verkkaupa eða eftirlits og öll fyrirmæli í verksamningi, verklysingu, sérverklýsingu og uppdráttum eins og við á hverju sinni.

gabbró

basískt, stórkristallað *djúpberg* sem hefur storknað hægt á miklu dýpi

gangberg

storkuberg, sem myndast við storknun bergkviku í sprungu eða milli laga ofarlega í jarðskorpunni

gjóska

laus gosefni úr bergkviku sem þeytast upp í loft úr gjósandi eldstöð við það að gas losnar úr kvikunni

gosaska

gjóska úr smágerðum glerkenndum kornum, minni en 2 mm í þvermál

gosberg

storkuberg, sem myndast við storknun hraunkviku ofan jarðar, einnig í lofti eða vatni

GPS staðsetningarbúnaður

tæki sem tilgreinir staðsetningu í hnitum með aðstoð gervihnatta

grágrýti

basískt gosberg, gráleitt basalt

Grágrýtismyndunin varð til á ísöld, kvarter, og er því yngri en u.þ.b. 3 milljón ára og eldri en u.þ.b. 0,7 milljón ára.

grjót

samsafn af allstórum steinum

gropa

smábert holrúm í efni

gropinn

L að gropur séu dreifðar víðs vegar um efni

grófhryfi (macrotecture)

sýnilegar en smágerðar ójöfnur í yfirborði *slitlags* með bylgjulengdir á bilinu 0,5-50 mm og dæmigerða sveifluvídd á bilinu 0,1-20 mm.

Grófhryfi ræðst af afstöðu steina hvers til annars í yfirborði slitlags og að hve miklu leyti efja fyllir upp í bil á milli þeirra. Grófhryfi með stuttar bylgjulengdir dregur úr veghljóði en það eykst síðan með vaxandi bylgjulengdum. Grófhryfi hefur jákvæð áhrif á hemlunarviðnám með því að veita burtu vatni þar sem hjólbarði og vegyfirborð mætast.

grófmölun

mölun efnis, oftast í einum *brjóti*, þannig að *stærstu steinar* verði af hæfilegri stærð til nota í viðkomandi lagi vegar

Dæmi: 0/250 mm.

Sjá *forbrotið efni*.

grófpúkk

steinefni, úr sprengdu eða rippuðu *bergi*, innan stærðabilsins 80-300 mm

Sjá *púkk og fínþúkk*.

grunneiginleikar bergs

grunnþættir í uppbyggingu og eiginleikum *bergs*

Eru háðir öllum þáttum í uppbyggingu bergsins svo sem efnasamsetningu, gerð *steinda*, *kristalbyggingu*, kornastærð, þéttleika, sprungum, straumflögun o.fl. en allir þessir þættir geta haft áhrif á *berggæðin*.

grunneiginleikar steinefnis

grunnþættir í eiginleikum *steinefnis*

Eru ásýnd *bergs*, *berggæði* o.fl. sem ásamt *kornadreifingu* eru ráðandi varðandi gæði efnisins þegar það hefur verið lagt út og þjappað í vegi.

grunnvatn

jarðvatn, sem fyllir holur og glufur í jarðlögum, hefur ákveðið vatnsborð og vatnsþrýsting, sem er jafn eða meiri en þrýstingur lofthjúps jarðar

grunnvatnsborð

efri mörk *grunnvatns*, en neðan þeirra er jörð mettuð vatni

Yfirborð vatnsforða undir yfirborði jarðar. Yfirborð stöðuvatns samsvarar grunnvatnsborði á sama stað.

grýfi (megatecture)

augljósar eða áberandi ójöfnur í yfirborði *slitlags* með bylgjulengdir á bilinu 50-500 mm og dæmigerða sveifluvídd á bilinu 0,1-50 mm

Dæmi um grýfi eru grunnar holur í malarvegum, fleiður eða brotholur í malbiki, gárur í malbiksslitlagi, kröpp þvottabretti á malarvegum og viðlíka ójöfnur. Grýfi er að flestu leyti neikvæður eiginleiki, eykur eldsneytiseyðslu, veldur umferðarhávaða og titringi sem eykur slit á bíl og óþægindi fyrir farþega.

haugsetning

flutningur og frágangur *steinefnis* ellegar jarðvegs á geymslustað, til síðari nota

heflun

jöfnun *steinefnis* í vegi (malarslitlagi, burðarlagi) með *veghefli*

helluhraun

hraun, sem hefur storknað þannig, að yfirborð þess er heilleg og tiltölulega slétt klöpp, sem oft er alsett bogmynduðum gárum, hraunreipum

Víða hafa spildur fallið niður og hraunkatlar myndast og einnig er algengt að hraunið hafi gúlpast upp í hraunhóla sem eru gjarnan sprungnir á yfirborði.

hjáleið

bráðabirgðavegur til hliðar við aðalveg

Oftast gert til að veita umferð framhjá vegi í byggingu, meðan á framkvæmdum stendur.

hraun

hraunkvika eða storknuð hraunkvika ofanjarðar

Á einkum við, hafi hraunið runnið eftir að ísöld lauk fyrir um 10 þúsund árum.

hraungjall

hrjúf, grófgerð, gropin *gjóska* oft með glerkenndu yfirborði

Sekkur í vatni.

hraunkargi

gjallkennt, gropið *hraun* sem er oft bæði efst og neðst í *apalhraunlögum*

hraunklöpp

þéttur kjarni *hrauns*

hrýfi (texture)

yfirborðsáferð *slitlags* með bylgjulengdir allt að 500 mm

Skipt eftir bylgjulengdum í *fínhrýfi*, *grófhrýfi* og *grýfi*. Núningstuðull eða hemlunarviðnám er stundum notað sem óbeinn mælikvarði á hrýfi.

húmus

Sjá *myldi*.

hæð

í *mælingum*

lóðhnit punkts

Í *vegagerð* eru lóðhnit stundum miðuð við fastmerki sem hafa staðbundið hnitakerfi.

hæðarlega

vegagerð

ferill vegar í lóðréttu plani

hæðarmæling

ákvörðun á lóðhniti punkts

hönnunarskeið (hönnunartími)

sá tími sem hönnunarforsendur ætla mannvirki að endast

hönnunarstig

rannsókuð eru *steinefni* í fyrirhuguðum námum og *skæringum*

Sjá *stig í verkferli efnisrannsóknna*.

hörpun

sigtun *steinefnis*, venjulega á einu sigti, í þeim tilgangi að skilja frá efni af möskvastærð sigtisins og grófara

Frákastið er ýmist tekið til annarra nota eða *haugsett*.

Andstæða við *undantekt*.

ísúrt berg

berg, með SiO₂ á bilinu 52 – 66 % miðað við þyngd

jarðbyrði

óhreyft yfirborð jarðvegs

Sjá *vegbotn*.

jarðefni

1 efni í eða úr jörð

2 *vegagerð* efni jarðar, notað til mannvirkja-gerðar

jarðgrunnur

öll laus jarðlög sem liggja ofan á berggrunni þ.e. *jarðvegur* og setlög

Sýndur á jarðgrunnskortum. Sjá *berggrunnur*.

jarðlag

samfelt lag af *jarðefni* (*bergi*, *jarðvegi*), sem greinist vegna eiginleika sinna eða uppruna bæði frá jarðefnum er liggja undir og ofan á því

jarðvegur

hið efsta lausa *jarðlag* sem plönturætur geta smogið og fundið næringu í og er að nokkru leyti af lífrænum uppruna

klapparnáma

náma, þar sem fast *berg* er losað og í mörgum tilfellum unnið, meðal annars til vegagerðar

klæðing

slitlag, gert úr þunnbiki sem er sprautað á undirlagið og *steinefni* sem er stráð ofan í þunnbikið og valtað

kornadreifing

Sjá *sáldurferill*.

kornalögun

form korna, lýst með ýmsum stikum

Stikar sem lýsa lögun korna eru flestir hlutlægir, svo sem lengd/breidd, lengd/þykkt, breidd/þykkt en aðrir huglægir, til dæmis skarpkantað, ávalt, núið o.s.frv.

kornastærð í bergi

stærð kristalla eða korna í *bergtegundum*

Berg getur verið glerkennt, dulkorna, fínkorna, meðalkorna og grófkorna og er stærð kristalla háð því í hvaða umhverfi bergið storknar, í lofti (glerkennt), á miklu dýpi (grófkorna) eða á yfirborði (dulkorna til meðalkorna).

kristalbygging

Í kristölluðu *bergi* mynda *steindir* kristalla af mismunandi gerð og lögun. Kristalbyggingin er ráðandi um kleyfni bergs og hvernig brotsár þess lítur út.

kröfuflokkur

gæðaflokkar *Evrópustaðla* fyrir niðurstöður efnisprófana

Í Evrópustaðlum (framleiðslustöðlum) eru skilgreindir kröfuflokkar (category) fyrir rannsóknaniðurstöður allra þeirra prófunaraðferða sem lýst er í prófunarstöðlum. Kröfuflokkarnir eru sá mælikvarði sem skal nota þegar settar eru fram kröfur t.d. til vegagerðarefna.

kubbaberg

stuðlað basalt með stuttum og grönnum stuðlum, sem oft mynda sveipi í *bergi*, algengt í móbergsmýndun

lagþykkt

þykkt á tilteknu lagi í vegi eftir *þjöppun*

lekt

hæfi lags í *veghloti* til að hleypa vatni í gegn um sig eða leiða það til hliðar, út í vegskurð

lífrænar leifar

fíngerðar leifar í jarðvegi af jurtum eða dýrum á ýmsum rotnunarstigum

línuálag valta

þyngd valta, í kyrrstöðu og án titrunar, á hverja lengdareiningu tromlu

malardreifari

búnaður, til að dreifa *steinefni* í fremur þunnu og jöfnu lagi á veg

Venjulega er um vélknúinn vagn að ræða, sem meðal annars er notaður til að leggja burðarlagsefni og klæðingarefni á veg.

markalínur

vegagerð

línur sem sýna innan hvaða marka *sáldurferill* á að liggja á línuriti

massapróf

próf sem mæla eiginleika efnisheildar (efnis-massa) svo sem *burðarþol* og *þjöppun*

Grunneiginleikar *steinefnanna* og *kornadreifing* hafa mikil áhrif á eiginleika efnis-massa.

Sjá *grunneiginleikar steinefnis*.

millilag

lag á milli *setlaga* eða berglaga sem hefur aðra (lakari) eiginleika til mannvirkjagerðar en meginlög námunnar

Sjá *jarðlag*.

millistærðir

sá hluti *steinefnis* sem tilheyrir stærðaflokkum sem lenda á milli efri og *neðri flokkunarstærðar* steinefnisins og um miðbik *sáldurferilsins*, t.d. grófur *sandur* í malarefni

misgengi

bergsprungu, þar sem sprunguveggir hafa færst til innbyrðis samsíða sprungufletinum

missig

misfellur í *jarðbyrði*, *vegfyllingu* eða vegi, sem stafa af mismiklum lóðréttum hreyfingum í *undirbyggingu* vegar eða í *vegghlotinu*

mold

jarðvegstegund, sem er myldi (af lífrænum uppruna) að meira en helmingi þyngdar

móberg

gosberg er verður til úr gjósku, einkum gosösku, sem síðan límist saman

Móberg er einnig nefnt *túff* eða móbergstúff.

Í gjóskunni er oft *vikur* og bergmolar.

Ef mikið er af bergmolum í gjóskunni er það nefnt brotaberg.

mulin mól

steinefni úr grófu *seti*, eftir að hafa farið í gegnum mulningsvélar

mulningur

steinefni sem hefur farið í gegnum einn eða fleiri *brjóta* í *mölunarsamstæðu*

myldi

jarðefni af lífrænum uppruna, þ.e. smágerðar, rotnaðar eða rotnandi leifar plantna og dýra

mylsna

sáldurleifar frá sprengdu og muldu *steinefni* eftir að nýtilegar stærðir hafa verið hirtar

möl

1 *steinefni* úr *seti* með fremur smáum steinum

Stærðarmörk korna eru mismunandi, en yfirleitt á bilinu 4-63 mm.

2 set, þar sem meirihluti efnisins er með kornastærð stærra en 4 mm

mölun

vinnsla bergs í *mölunarsamstæðu*

mölunarsamstæða

röð af *brjótum*, sigtum og færíböndum til steinefnaframleiðslu

Einingum er raðað saman með það fyrir augum að *framleiðslan* uppfylli tilteknar kröfur um kornastærð og lögun korna.

náma

efnistökustaður þar sem unnið er að brotnámi efnis

Efnið er losað og eftir atvikum mulið, sigtað, þvegið og stundum geymt til síðari nota.

neðri flokkunarstærð

möskvastærð (táknud með d) í sigti sem viss hluti *steinefnis* smýgur, oft 10 - 20 %

Þetta hugtak er, ásamt *efri flokkunarstærð*, notað til að skilgreina stærðabil sem megnið af steinefni fellur í með hæfilega ákvörðuðum frávikum. Sjá staðal ÍST EN 13242.

óbundið steinefni

steinefni sem ekki er blandað bindiefni af neinu tagi svo sem biki eða sementi

óflokkað steinefni

steinefni sem ekki hefur verið sigtað, eða flokkað á annan hátt í kornastærðir

plötupróf

aðferð til að mæla hvort lag í vegi stenst kröfur um *burðarþol* og *þjöppun*

Aðferðin felst í að mæla hversu mikið stálplata sígur undir tilteknu álagi.

plötupróf í stórum stálhólki

gert á rannsóknastofu eftir að *steinefninu* hefur verið komið fyrir í stórum stálhólki og þjappað

Notað meðal annars til að athuga hvaða áhrif vatnsmettun hefur á burðarþolseiginleika steinefnis.

Proctorpróf

aðferð til að mæla hvernig þjöppunareiginleikar *steinefnis* breytast með auknu rakainnihaldi efnis

prófmölun (prufumölun)

mölun efnis í smáum stíl í tilraunaskyni, gerð til að auðvelda athugun á því hvort *steinefnið* uppfyllir tilskildar kröfur að mölun lokinni

prófsprenging

sprenging sem gerð er í því skyni að finna námu með hæfu efni til mannvirkjagerðar eða til að próa hentuga sprengiaðferð

púkk

steinefni, úr sprengdu eða rippuðu *bergi*, innan stærðarbilsins 4-300 mm

Sjá einnig *fínpúkk* og *grófpúkk*.

púkkmulningur

mulið *púkk*

rakastig

þyngdarhlutfall (%) vatns í *steinefni*, sem hlutfall af þyngd þurrefnis

rúmþyngdarmæling

ákvörðun á þyngd efnis í rúmmálseiningu

Gert á rannsóknarstofu eða á byggingarstað.

Mæld er bæði laus rúmþyngd og rúmþyngd þjappaðs efnis.

samloðun

hæfileiki efnis til að loða saman

sandhlutfall

þyngd *steinefnis* á kornastærðabilinu 0,063-4 mm, reiknuð í prósentum af heildarþyngd *sýnis*

sandur

steinefni með kornastærðir á bilinu 0,063-4 mm

sáldur

sá hluti *steinefnis* sem smýgur tiltekið sigti

sáldurferill

línurit sem lýsir innbyrðis hlutföllum kornastærða í *steinefni* með því að tengja saman möskvastærð í sigti og *sáldur sýnisins* á sama sigti

Sáldurferillinn er svokallað dreififall (cumulative distribution function) og lárétti ásinning í línuritinu, sem tilgreinir kornastærðir, er yfirleitt kvarðaður með veldisfalli af tölunni tveir.

set

jarðefni sem borist hefur um yfirborð jarðar og sest að á þurrlendi, botni vatns eða sjávar

Dæmi: *grjót*, *möl*, *sandur*, jökulruðningur, sylti og leir en einnig *gjóska*.

setberg

berg úr *seti*

Myndast við það að *setlag* þjappast undir fargi og límist saman með efnum sem berast um það með jarðvatni þannig að kornin í setinu festast saman vegna nýmyndunar kristalla úr efni setsins

setlag

jarðlag úr *seti*

setnáma

náma í lausum setlögum

sig

lóðrétt samþjöppun efnis

síudúkur

dúkur, ofinn eða lagður úr plastrefjum með mikla *lekt*

Notaður í stað *síulags* og stundum til styrkingar á jarðvegi.

síuefni

steinefni sem uppfyllir síukröfur gagnvart aðliggjandi lögum í *veghloti*

síulag

lag úr *síuefni*

Að jafnaði neðsta lagið í *yfirbyggingu* vegar, á milli yfirborðs *undirbyggingar* og *styrktarlags*.

skæring

brottnám *jarðefnis* úr vegsvæði í því skyni að bæta legu og umhverfi vegarins

sléttleiki

Andheiti við *yfi*.

slitlag

efsta lag vegarins, ætlað að standa gegn sliti af völdum umferðar og veðurfars og vernda undirliggjandi lög

Það er efsta lag í *veghloti*, bundið (t.d. malbik eða *klæðing*) eða óbundið (malarslitlag) sem er ætlað að mynda þægilegt yfirborð fyrir vegfarendur.

slitþol

hæfileiki *steinefnis* (bundins eða óbundins) til að standast innbyrðis núning korna eða ytri sverfandi áhrif, til dæmis frá negldum hjólbörðum

sprenging bergs

losun *bergs* með sprengiefnum

sprengingarhæfi

mælikvarði á það hversu auðvelt er að losa *berg* með sprengiefni

sprengt berg

steinefni úr föstu *bergi*, óháð kornastærðum og innbyrðis dreifingu þeirra, sem hefur verið sprengt eða rífið upp með öflugum tækjum

sprengt og flokkað berg

sprengt berg, stundum mulið, sem hefur verið sigtað og fellur innan tiltekinna stærðarmarka

Þetta heiti nær einnig yfir *steinefni* sem er fengið með því að mylja gróft *grjót*.

sprengt og mulið berg

mulið *berg* (mulin klöpp) sem hefur, að lokinni losun farið gegnum mulningsvélar

Þetta heiti nær einnig yfir *steinefni* sem er fengið með því að mylja gróft *grjót*.

sprungumynstur

sprungur í *bergi* verða til við hreyfingar á bergmassa og geta myndast í fleiri en eina stefnu á hverju svæði

Sprungur í *bergi* mynda ákveðið mynstur (sprungumynstur) sem getur verið mikilvægt að þekkja þegar gerðar eru jarðfræðilegar athuganir t.d. á bergnámum.

staðlapakki CEN TC 154

Safn staðla í staðlaröðinni ÍST EN, sem allir fjalla á einn eða annan hátt um prófanir á *steinefnum* til mannvirkjagerðar (Aggregates) eða kröfur til eiginleika þeirra.

staðlapakki CEN TC 227

Safn staðla í staðlaröðinni ÍST EN, sem allir fjalla á einn eða annan hátt um prófanir á vegagerðarefnum (Road Materials) eða kröfur til eiginleika þeirra. Staðlarnir eru um malbik, *klæðingu*, steinsteypu og óbundin efni.

stál

lóðréttur end aflötur í bergskæringu eða bergnámu þar sem unnið er hverju sinni

stálhæð

hæð þess *stáls*, sem sprengt skal í einni lotu

steind

kristallað, fast frumefni eða efnasamband í *bergi*, flokkað eftir efnasamsetningu og kristallagerð

Steindir eru frumeiningar *bergtegunda*.

Dæmi um steindir: ólivín, pýroxen, plagioklas.

steinefnapróf

aðferðir sem beitt er á rannsóknastofu til að mæla hvers konar tæknilega eiginleika *steinefnis*

steinefni (aggregate)

kornótt efni sem notað er við framkvæmdir, það getur verið náttúrulegt, *unnið* eða endurunnið

stig í verkferli efnisrannsókna

Sjá *framkvæmdarstig*, *framleiðslustig* og *hönnunarstig*.

stofnvegur

þjóðvegur í grunnkerfi samgangna, sem tengir saman byggðir landsins

storkuberg

berg sem myndast við það að bergkvika storknar

Storkuberg má greina í *djúpberg*, *gangberg* og *gosberg*.

straumflögótt berg

storkuberg, sem ber þess merki að kvikan hafi verið á hreyfingu eftir að hún var farin að storkna

Afar kleyfið *steinefni*, klofnar auðveldlega í stórar, þunnar flögur eða skífur.

stuðlaberg

stuðlað *storkuberg*, einkum *gangberg* eða *gosberg*

stuðlun

einkenni á storknaðri bergkviku; verður þegar *storkubergið* heldur áfram að kólna og dregst saman og klofnar í flangar einingar, stuðla, sem tíðum eru sexstendir

Fyrirbærið er einkum algengt í basalti. Stuðull stendur jafnan hornrétt á kólnunarflöt *bergsins*.

styrktarlag

neðsta lag í *yfirbyggingu veghlots*, næst undir burðarlagi og ofan á *yllingu*

Stöku sinnum er *súlag* eða *frostvarnarlag* milli styrktarlags og *yfirborðs undirbyggingar*. Laginu er stundum skipt í tvennt, efri og neðri hluta styrktarlags. Styrktarlag var áður kallað neðra burðarlag.

styrkur

hæfileiki (stein)efnis eða *veghlots* til að standast hvers konar krafta, sem á það kunna að verka, án þess að bregðast hlutverki sínu, svo sem með því að molna niður eða færast úr stað

stæðni

hæfileiki efnis til að standast skúfspennur (sker-spennur), hvort heldur frá kyrrestæðu eða sveiflu-kenndu álagi

stærðadreifingarstuðull (Cu stuðull)

hlutfallið milli kornastærða, sem afmarka 60 % og 10 % *sáldur*

stærðaflokkun d/D

Önnur af tveim algengum aðferðum til að tákna stærðaspönn *steinefnis* og sú sem *Evr-ópustaðlar* mæla fyrir um að sé notuð. Hana má tilgreina sem d/D þar sem d táknar *neðri flokkunarstærð* og D *efri flokkunarstærð* steinefnisins, hvorutveggja í mm. Um leið eru gefnir möguleikar á *yfirstærðum* og *undirstærðum* innan vissra marka, með öðrum orðum má tiltekinn hluti efnisins smjúga sigti með möskvastærðina d og sömuleiðis má tiltekinn hluti efnisins sitja á sigti með möskvastærðina D.

Sjá einnig *stærðaflokkun d-D*.

stærðaflokkun d-D

Önnur af tveim algengum aðferðum til að tákna stærðaspönn *steinefnis*. Hér á landi hefur verið algengt að gera ráð fyrir að þessi ritháttur tákni að d sé möskvastærð í sigti sem smæsta efnið í flokknum situr á en D tákni möskvastærð í sigti sem allt efnið smýgur; með öðrum orðum leyfi þessi ritháttur engar *yfirstærðir* eða *undirstærðir*. Dæmi um slíka framsetningu er *steinefni í klæðingar*, til dæmis er *stærðaflokkurinn* 11-16 mm nánast hreinsigtaður á þessum sigtum. Þess ber þó að geta að í *Alverki '95* er þessi ritháttur notaður en þar er þó einnig gert ráð fyrir yfir- og undirstærðum.

Sjá einnig *stærðaflokkun d/D*.

stærðaflokkur

sigtað *steinefni*, tilgreint með efri og *neðri flokkunarstærð*

Dæmi: 0/32 mm (d/D).

stærstu steinar

Stærstu steina má skilgreina þannig að til sé sigti (ímyndað eða raunverulegt) með slíkri möskvastærð að þeir smjúgi með naumindum í gegnum það, þá finnast engir steinar í sýninu sem ekki myndu smjúga í gegnum þetta sama sigti. Þegar *efri flokkunarstærð* (D) er notuð sem mælikvarði á grófleika efnisins er stærð stærstu steina oft táknuð með D'98 sem þýðir að 98 % *steinefnisins* myndi smjúga sigti með möskvastærðina 1,4*D.

súrt berg

berg sem inniheldur meira en 66 % kísilsýru (SiO₂) miðað við þyngd

sýnataka

brottnám hæfilega stórs hluta af efni (t.d. *steinefni* eða malbiki) til rannsóknar

Oftast til prófunar á rannsóknastofu, í þeim tilgangi að afla nauðsynlegra upplýsinga um eiginleika efnisins.

sýni

lítill hluti eða skammtur af ótilgreindu efni, t.d. *steinefni*, sem sýnir eðli þess og eiginleika

tengivegur

þjóðvegur sem tengir héraðs- og landsveg við stofnveg

teningslaga

L í laginu eins og hlutur sem líkist að meira eða minna leyti sexflötungi með allar hliðar jafnstórar

típpa

S losa hlass af lausu efni af flutningatæki

típpur

staður þar sem *steinefni* er losað af flutningatæki
 Á típp getur myndast haugur, annað hvort til tímabundinnar geymslu, til síðari frágangs í vegi, eða varanlegrar geymslu.

títurvalti

valti með svighjóli (hjámíðjuhjóli) á tromlu sem orsakar öflugan titring á tromlunni

túff

Sjá *móberg*.

ummyndað berg

berg sem hefur orðið fyrir *ummyndun*
 Sjá *ummyndun*.

ummyndun

Það að *storkuberg* eða *setberg* breytist að nokkru leyti að gerð og efnasamsetningu tiltölulega grunnt í jörðu, einkum vegna áhrifa frá jarðhita

undantekt

Það að sigta *steinefni* á einu sigti í þeim tilgangi að skilja frá efni af ákveðinni stærð eða smærra
 Sáldrið er ýmist tekið til annarra nota eða *haugsett*. Andstæða við *hörpun*.

undirbygging

vegbotn ásamt vegfyllingu
 Sjá *vegbotn* og *vegfyllingu*.

undirbygging úr sprengdu bergi

fylling sem eingöngu er gerð úr sprengdu *bergi*

undirstærðir

kornastærðir í *steinefni* sem eru smærri en *neðri flokkunarstærð* (d)

unnið efni

vegagerð
 efni úr *bergi*, munið í til þess gerðum *brjótum*, stundum þvegið og stærðarflokkað

útboðslýsing

upplýsingar um fyrirhugað verk, nægilega greinargóðar til að verktaki geti tilgreint nákvæmlega hvað hann þarf að fá greitt fyrir að vinna verkið

útlögn

verknaður sem felst í að koma *steinefni*, bundnu eða óbundnu, fyrir á tilteknum stað í vegi

úttektarmæling

mælingar sem notaðar eru við úttektargerð, þ.e. þegar verkhlutar eru gerðir upp, bæði hvað varðar gæði og magn

valti

vélknúid eða dregið tæki með einni eða fleiri tromlum eða röð af gúmmíhjólum til að þjappa *steinefni* (bundið eða óbundið) eða *jarðveg*

veðrunarþol

hæfileiki (stein)efnis til að standast áhrif veðurs t.d. úrkomu og vinda og einnig aðskotaefna t.d. salts án þess að eiginleikar þess skerðist

vegbotn

undirstaða vegar úr upprunalegum jarðefnum með eða án grunnstyrkingar
 Sjá *jarðbyrði*.

vegfylling

lag í undirbyggingu veghlots, neðsta lag í vegi ofan á vegbotni

Vegfylling hvílir á vegbotni og er undirstaða fyrir efri lög vegarins (yfirbyggingu), styrktarlag, burðarlag og slitlag.

veghefill

öflugt tæki á fjórum gúmmíhjólum með stálblaði og öðrum nauðsynlegum búnaði til að jafna steinefni í vegi með því að velta því á undan sér og til hliðar

vegplot

öll uppbygging vegar; aðfluttur efnismassi (efnisheild) frá vegbotni til slitlags

verkgæði

huglægt eða hlutlægt mat á því að hve miklu leyti framkvæmd verks er í samræmi við fyrir-mæli, svo sem verklýsingu eða útboðsskilmála

viðloðun

vegagerð; mælikvarði á það hversu vel bindiefni loðir við steinefni undir nánar tilteknum kringumstæðum

vikur

gjóska úr frauðkenndum, mjög groprum glerkenndum molum, sem falla harðstorknir til jarðar

Getur flotið á vatni.

vinnsla steinefnis

öll vinna við framleiðslu steinefnis frá því að það hefur verið losað í námu og þar til það er tilbúið til notkunar

Vinnsla felst í mölun, sigtun og þvotti.

vinnslutækni

verklag við vinnslu steinefna, sem er nauðsynlegt til að ná tilsettum efnisgæðum

vinnuumferð

umferð vinnubíla, námubíla og vinnuvéla á ófullgerðum vegi meðan á byggingu hans stendur

virki áreyri

eyri í eða við á eins og hún rennur hverju sinni

yfirborð undirbyggingar

yfirborð fyllingar eða skæringar eftir atvikum; áseta fyrir yfirbyggingu vegarins

yfirborðsáferð steinefnis

Hrjúfleiki yfirborðs steinefna getur skipt máli varðandi eiginleika þess til mannvirkja-gerðar.

yfirbygging

sá hluti veghlotsins sem er fyrir ofan yfirborð undirbyggingar

yfirstærðir

kornastærðir í steinefni sem eru stærri en efri flokkunarstærð (D)

ýfi

óregluleg vik vegyfirborðs frá hönnuðum fleti og með bylgjulengdir á bilinu 0,5-50 m.

Ýfi hefur sterk áhrif á akstursþægindi og slit á bílum. Í samanburðarskyni eru mælingar á ýfi stundum vegnar með bylgjulengdum þess og bylgjulengdir sem hafa mest áhrif á akstursþægindi vega þyngst. Ófullkominn mælikvarði á ýfi er bil undir réttsskeið en yfirleitt eru notuð sérsníðuð mælitæki sem geta mælt á venjulegum umferðarhraða. Ýfi er oft tilgreint í mm/m (IRI).

Sjá einnig hrýfi.

þáardýpi

dýpi frá yfirborði vegar niður að frosnu efni

þjappmælir (þjöppumælir)

búnaður í völtum sem mælir og skráir bakslag valta frá jarðefnum sem verið er að þjappa

Notaður til að fylgjast með þjöppun og staðsetja bletti sem þarf að þjappa betur.

þjálmi

1 Lýsing á eiginleikum fínefna við mismunandi rakastig

Þjál fínefni eru óæskileg í burðarlagi og styrktarlagi en bæta hinsvegar eiginleika malarslitlagsefna.

2 Lýsing á flæðieiginleikum steinsteypu

þjálnimark

lægsta rakagildi sem efni getur haft án þess að molna í sundur við hnoðun

þjálnistuðull (Plasticity Index)

mismunur á *flæðimarki* og *þjálnimarki* efnis
Mælikvarði á sambandið milli *samloðunar* fínefna og *rakastigs* þeirra.

þjöppun

hvers konar aðgerðir sem miða að því að minnka holrými í *steinefni*, bundnu eða óbundnu, og auka *burðarþol* þess

Í vegagerð eru oftast notaðir *valtar* í þessum tilgangi, stöku sinnum farg.

þjöppunarmæling (þjappmæling)

það að mæla *þjöppun* með tækni sem gerir kleift að ákvarða hversu langt þjöppun er gengin eða hvort hún hefur borið viðhlítandi árangur

Margar aðferðir standa til boða, ýmist á rannsóknastofu eða á framkvæmdastað t.d.

Heimildir.

[AD 2009]. Dawson, A. R. (editor). *Water in road structures : movement, drainage and effects*.

Ritröð: Geotechnical, geological, and earthquake engineering : 5. Springer, Dordrecht.

[EP 2007]. Orðanefnd byggingaverkfræðinga, ritstj. Einar B. Pálsson. *Umhverfistækni :*

Íðorðabók. Háskólaútgáfan, Reykjavík.

[ER 1988]. Eymundur Runólfsson, Hreinn Haraldsson o.fl. *Nokkur orðtök um jarðgöng og sprengingar*. Handrit. Vegagerðin, Reykjavík.

[NA 1995]. Norsk Asfaltforening. Asfalt. Retningslinjer. Norsk Teknisk Forlag.

[OB 1987]. Orðanefnd byggingarverkfræðinga. *Drög að vegorðasafni*. Reykjavík.

[OB án ártals]. Orðanefnd byggingarverkfræðinga, form. Einar B. Pálsson. *Orðasafn um jarðfræði*. Lausblöðungar, fylgirit með Vegamáli 1989-1996. Reykjavík.

[RB 1980]. Bates, R.L., Julia A. Jackson. *Glossary of geology*. 2nd edition. American Geological Institute, Falls Church, Va.

[RTT 1973]. Rådet for teknisk terminologi. *Ordbok for veg- og trafikkteknikk*. RTT 31.

Universitetsforlaget, Oslo.

[SV 2000]. Statens vegvesen. *Steinmaterialer til vege-flyplasser-jernbaner*. Håndbok 223.

Statens vegvesen. Oslo.

[VB 2005]. Statens vegvesen. *Vegbygging*. Håndbok 018. Vegdirektoratet. Oslo. Sótt 2008-07-01 á: http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/018/hb_018_web.pdf

[VG 1995]. Alverk '95. Almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð. Vegagerðin, Reykjavík.

[VV 2005]. Vägverket. *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion*.

<http://www.vv.se/Startsida-foretag/Vagarna/Tekniska-dokument/ATB-Allmanna-tekniska-beskrivningar/Vagteknik/Aldre-versioner/ATB-Vag-2005/> Sótt 2009-03-31.

plötupróf, *þjappmælir*, *rúmpyngdarmæling* og *geislamæling*.

þolvik

mesti leyfði mismunur á mældu gildi og fyrirskipaðu gildi

Leyft gildi er á bilinu $a \pm x$ þar sem a er fyrirskipað gildi og x er þolvik.

þvottur steinefnis

það að skola *steinefni* með vatni á einhverju þrepi í vinnslunni

Oftast gert til að losna við fínefni sem loða við steinefnið.

öxulþungatakmarkanir

afturköllun á annars gildandi leyfi til að aka farartækjum með hámarksþunga á öxli um tiltekinn veg eða vegarkafla

Gildir venjulega aðeins um stuttan tíma.