



Efnisrannsóknir og efniskröfur

Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd

Kaflí 1	Formáli
Kaflí 2	<i>Inngangur (janúar 2012)</i>
Kaflí 3	Fylling
Kaflí 4	Styrktarlag
Kaflí 5	Burðarlag
Kaflí 6	Slitlag
Kaflí 7	Steinsteypa

Viðauki 1	Lýsing á prófunaraðferðum
Viðauki 2	Efnisgerðir sem notaðar eru við vega- og gatnagerð
Viðauki 3	Jarðmyndanir og notkunarhæfni þeirra til vegagerðar
Viðauki 4	Upphafsprófanir, framleiðslueftirlit og frávíkskröfur
Viðauki 5	Sýnataka
Viðauki 6	Vinnsluaðferðir
Viðauki 7	Orðalisti – skilgreiningar og skýringar
Viðauki 8	Ýtarefni um malbik



Efnisyfirlit:

2	Inngangur.....	1
2.1	Uppbygging veghlots	1
2.2	Steinefnanotkun í vegagerð.....	4
2.3	Val á efnistöðum.....	5
2.4	Evrópustaðlar	6

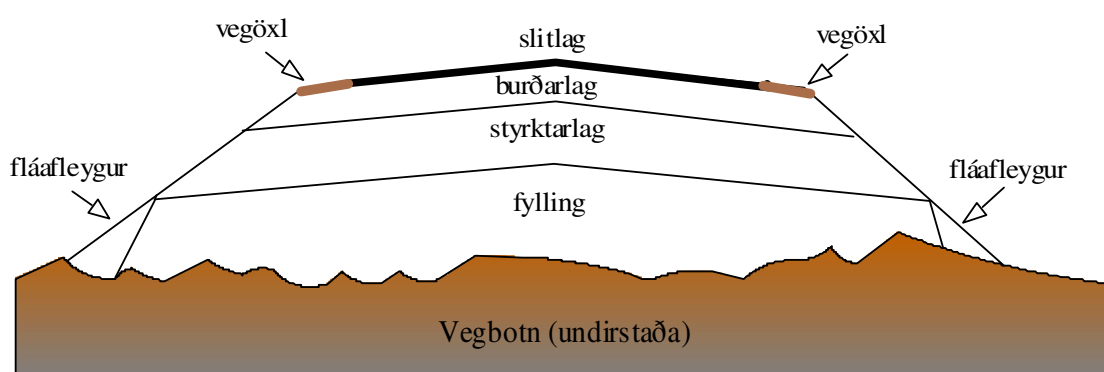
2 Inngangur

Í þessum kafla er gerð grein fyrir því hvernig vegir eru byggðir upp í lögum sem hafa hvert sínu hlutverki að gegna í veghlotinu og ástæður þess að gera þarf mismunandi kröfur til steinefna í hverju lagi. Einnig er í stuttu máli fjallað um efnisnotkun í vegagerð hér á landi, hvað helst þurfi að hafa í huga við val á efnisnámum. Í lok kaflans er sagt frá Evrópustaðlum fyrir steinefni (Aggregates) og vegagerðarefni (Road Materials) og innleiðingu staðlanna hér á landi.

Í köflum 3 – 6 er fjallað nánar um hvert lag vegarins. Þar er ýtarleg umfjöllun um það hvernig staðið skuli að efnisrannsóknum við hönnun, framleiðslu og framkvæmdir og um kröfur sem gerðar eru til vegagerðarefna. Í kafla 7 er umfjöllun um efniskröfur til steinsteypu og í viðaukum er m.a. ýtarefni um steinefni til vegagerðar, vinnslu þeirra og prófunaraðferðir.

2.1 Uppbygging veghlots

Hefðbundinn vegur skiptist í undirbyggingu og yfirbyggingu, sem saman er nefnt veghlot. Undirbyggingin er vegbotn og vegfylling. Yfirbyggingin er gerð úr styrktarlagi, burðarlagi og slitlagi. Á mynd 2-1 er yfirlit yfir helstu heiti hluta veghlots, eins og þau eru notuð í þessu riti.



Mynd 2-1: Heiti hluta í veghloti, (teikning ekki í réttum mælikvarða).

Ástæðan fyrir lagskiptingu vega er sú að gera þarf mismunandi kröfur til efnisgæða eftir staðsetningu lags í veghlotinu. Kröfurnar eru mestar efst, þar sem spennur eru stærstar og áraun mest, en minnka samhliða lækkandi spennum og áraun þegar neðar dregur. Einnig þarf að hafa í huga að lag sem er ofan við áætlað frostdýpi sé ónæmt fyrir áhrifum frostþenslu. Í reynd er það þó oftast látið nægja hér á landi utan þéttbýlis að burðarlag og styrktarlag séu úr efni sem er ónæmt fyrir frostáhrifum, þó frostdýpi sé

yfirleitt meira en sem nemur þykkt þessara laga. Í þéttbýli er hinsvegar algengt að byggja götur úr frostfríu efni niður fyrir frostdýpi. Slitlag þarf að hafa þol gagnvart beinum núnings- og slitáhrifum, sérstaklega af völdum negldra hjólbarða.

Neðsti hluti veghlots er **fylling**. Hún er gerð úr þeim efnum sem fyrir eru í vegstæðinu eða næsta nágrenni þess og/eða úr efni sem flutt er að úr námum. Efni sem nota á í fyllingu á að flokka í frost- og burðarþolsflokka samkvæmt norskum reglum og eru þeir ráðandi um þykktir þeirra laga sem koma ofan á. Fyllingin jafnar vegbotninn og undirbyggingin fær þannig rétta hæð áður en yfirbyggingin er sett á. Fyllingin má vera með brattari fláa en styrktarlag og burðarlag (allt að 1:1,25) og er þá settur utan á hana **fláafleygur**, sem hefur minni halla. Undirbyggingin (fyllingin og undirliggjandi vegbotn) þarf að geta borið yfirbygginguna og álag vegna umferðar án verulegra formbreytinga. Einnig er rétt að hafa í huga að fyllingin þarf að geta borið álag vinnumferðar. Fyllingu þarf að þjappa vel og yfirborðið skal vera nægilega þétt og með halla til að tryggja að vatn geti runnið af því.

Ofan á fyllinguna kemur **styrktarlag**. Við uppbyggingu veghlots er mikilvægt að ekki sé of mikill munur á burðarþoli mismunandi laga, en það á að aukast jafnt og þétt upp á við. Því eru gerðar meiri kröfur til efnis í styrktarlagi en í fyllingu en minni en í burðarlagi. Hlutverk styrktarlagsins er, með burðarlaginu, að dreifa umferðaráluginu á undirbygginguna þannig að ekki komi fram formbreytingar á slitlaginu. Styrktarlagið þarf að hafa þann eiginleika að geta leitt vatn burt úr veghlotinu. Einnig þarf styrktarlag að standast kröfur um berggæði og styrk steinefna og vera ónæmt fyrir frostáhrifum. Styrktarlagi er oft skipt upp í tvo hluta, þar sem meiri kröfur eru gerðar til efnis í efri hlutanum, en til neðri hluta styrktarlags eru fyrst og fremst gerðar kröfur um að efnið sé ekki næmt fyrir frostáhrifum auk kröfu um kornadreifingu þess.

Burðarlag er næsta lag undir **slitlagi**. Gerðar eru meiri kröfur til efnis í burðarlagi en í styrktarlagi. Burðarlagið tekur við álagi af umferðinni og dreifir því niður í styrktarlagið, og þau saman niður í fyllinguna. Hlutverk burðarlagsins er að koma í veg fyrir formbreytingar í slitlaginu. Það þarf því að vera stíft og stöðugt, en jafnframt að hafa lektareiginleika þannig að ekki safnist í það vatn. Steinefnið í burðarlagi þarf að hafa ákveðinn styrk vegna aflrænnar áraunar sem það verður fyrir og einnig að vera ónæmt fyrir frostáhrifum. Burðarlagi er gjarnan skipt í tvo hluta, þar sem efni í neðri hluta þess getur verið grófara en efnið í efri hlutanum. Gerðar eru ákveðnar kröfur um kornadreifingu efna í þessum lögum, sem meðal annars taka tillit til þess að efni má ekki vera of gróft né of fínt miðað við þykkt lagsins og einnig er grófleikinn háður gerð slitlags sem kemur ofan á. Efri hluta burðarlagsins er hægt að binda, annað hvort með sementi eða biki.

Slitlagið er efsta lag veghlotsins. Hlutverk þess er að skapa jafnt og slétt ökusvæði, m.a. þarf að vera tryggt að nægilegt viðnám sé á milli dekkja og slitlags til að hindra að ökutæki renni til á veginum. Slitlagið þarf að þola áraun frá umferðinni, s.s. slit og núningsáhrif frá dekkjum ekki síst nagladekkjum. Það þarf að þola veðrun svo sem frost/þíðu-áraun og vera þétt og hindra sem mest að vatn komist niður í undirliggjandi lög. Slitlög geta verið bundin eða óbundin. Malarslitlög teljast óbundin, þótt til dæmis kalsíumklóríð sé oft notað til að rykbinda þau. Bundin slitlög geta verið annað hvort steipt eða bikbundin. Malbik og klæðingar teljast til bikbundinna slitlaga. Fyrir þessar síðastnefndu gerðir þarf að vera tryggt að viðloðun sé nægileg milli steinefna og bindiefna því annars er hætta á að göt komi á slitlagskápuna þegar steinar losna úr henni. **Vegaxlir** eru utan við slitlagsbrúnir. Æskilegt er að efnið í þeim hafi sem mest

af eiginleikum slitlags og hefur því færst í vöxt á undanförunum árum að bikbinda axlir vega, sem lagðir eru bundnu slitlagi.

Milli laga veghlotsins, kann að vera nauðsynlegt að koma fyrir **síulagi**. Á það við þegar hætta er á að finna efni úr einu lagi gangi inn í grófari efni í næsta lagi fyrir ofan eða neðan. Í stað síuefna, má einnig nota síudúka í sama tilgangi, en aðlaga skal hann aðstæðum á hverjum stað. Ekki er fjallað um síuefni annars staðar í þessu riti enda eru síukröfur þær sömu fyrir öll lög veghlotsins. Krafa er um að >50% af síuefni skuli vera >2mm og krafa til fínefnamagns (<0,063 mm) er sú sama og til styrktarlagsefnis. Einnig er gerð krafa um að mesta steinastærð síulags skuli vera minni en hálf lagþykkt og að síulagið sé að minnsta kosti 150 mm þykkt.

Ef tryggja á að frostlyftingar verði ekki í veginum þarf að bæta við frostvarnarlagi (frosstíkringslag) milli fyllingar og styrktarlags. Einnig getur verið þörf á jöfnunarlagi (avrettingslag) milli laga veghlotsins. Í þessu riti er ekki fjallað sérstaklega um þessi lög, en frostvarnarlag skal að lágmarki uppfylla kröfur til neðri hluta styrktarlags og jöfnunarlag skal uppfylla kröfur til næsta lags ofan við lagið sem verið er að jafna.

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 efnum sem það á að skilja að, samanber töflu 2-1. Í töflunni stendur „S“ fyrir smágerðara efnið en „G“ stendur fyrir það grófara. Enn fremur táknar 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 2-1: 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} táknar d_{15G} þá sigtastærð (mm) sem 15% styrktarlagsefnisins smýgur í gegnum og d_{85S} táknar þá sigtastærð sem 85% af fyllingarefninu smýgur í gegnum. Þetta hlutfall skal vera <5 sbr. töflu 2-1. 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 2-1 má finna markapunkta eða hlið sem sáldurferill síulagsins þarf að þræða til að síukröfurnar séu uppfylltar.

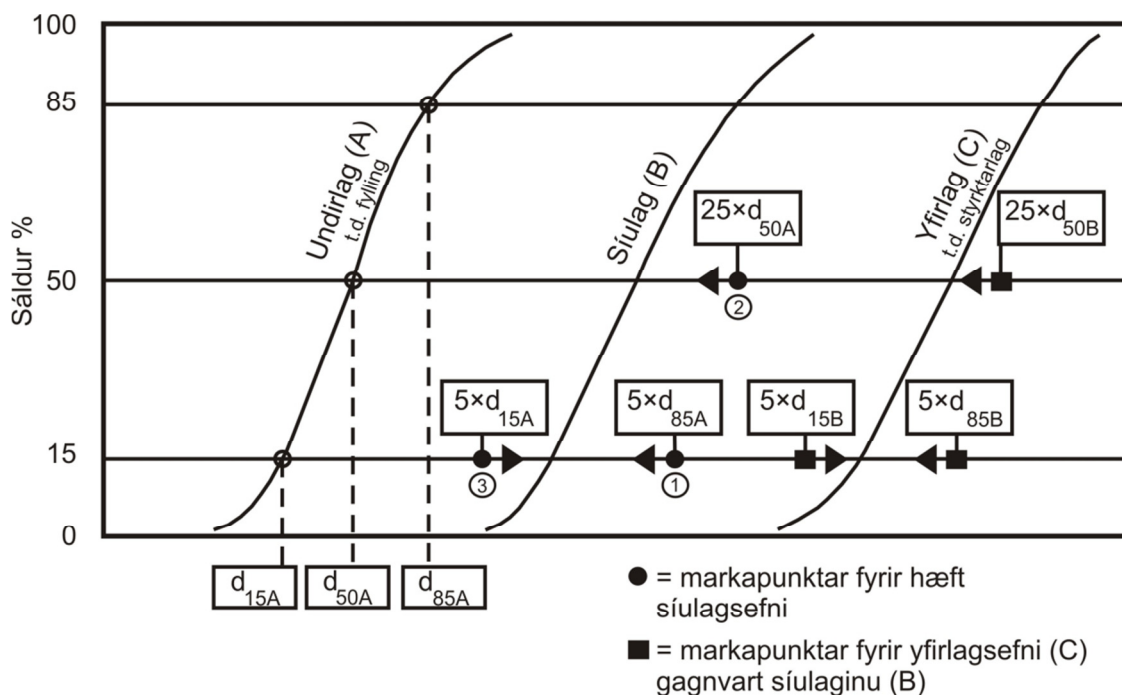
Fyrsta síukrafan segir að d_{15} fyrir síulagið (B) skuli mest vera $5 \times d_{85}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $5 \times d_{85}$ er merktur 1 á mynd 2-2 og sáldurferill síulagsins verður að koma vinstra megin við hann.

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 2-2 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 2.2 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 2-2: Markapunktur reiknaðir út frá síukröfum

Í ritinu „Notkun bergs til vegagerðar – vinnsla, efniskröfur og útlögn“ er nánari umfjöllun um síulag og síukröfur¹.

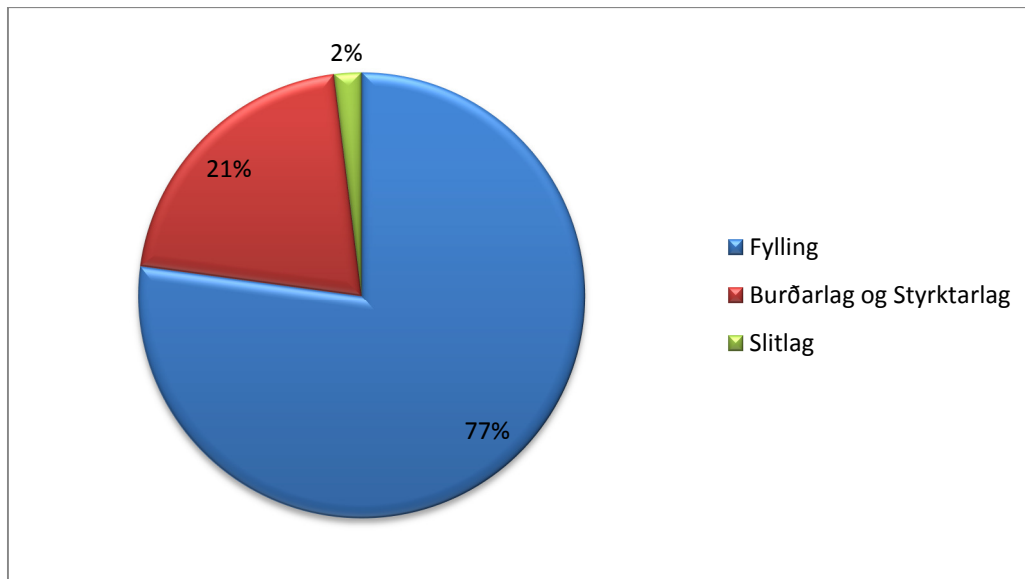
2.2 Steinefnanotkun í vegagerð

Til að gefa hugmynd um efnisnotkun í vegagerð, má taka árið 2008 sem dæmi, sjá mynd 2-3. Þá var efnisnotkun til vegagerðar samtals tæplega 5 milljón rúmmetrar (m^3), þar af liðlega 3,8 milljón m^3 í fyllingar, liðlega 1 milljón m^3 í styrktar- og burðarlög og um 0,1 milljón m^3 í slitlög.

Um 60% af steinefnisnotkuninni í landinu er til vegagerðar sem er svipað hlutfall og annarsstaðar á Norðurlöndum. Heildarefnisnotkun á Íslandi er hins vegar margföld

¹ Skýrslan „Notkun bergs til vegagerðar – vinnsla, efniskröfur og útlögn“ er ýtarlegt leiðbeiningarit um notkun sprengds bergs í vegagerð. Ritið er stuðningsrit við Alverk og er birt á vefsíðu Vegagerðarinnar á sömu slóð og þetta stuðningsrit „Efnisrannsóknir og efniskröfur - leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd“.

á við önnur Evrópulönd mæld í tonnum á íbúa, enda hefur uppbygging hér á landi verið mjög hröð bæði í vegagerð og á öðrum sviðum mannvirkjagerðar. Líklegt er að þróunin á næstu áratugum verði sú að heildarefnisnotkun í vegagerð muni minnka en að hlutfallslegt magn gæðafna í efri lög vegarins muni vaxa. Þetta stafar af því að efnisnotkun til viðhalds á efri lögum veganna mun fara vaxandi hlutfallslega miðað við efni til nýbygginga. Vinnsla á bergi hefur farið vaxandi á undanförunum árum, en á árinu 2008 var slík vinnsla um 35% af heildinni en var árið 2002 einungis um 10% af heildarefnisnotkun til vegagerðar hérlendis. Til samanburðar er vinnsla bergs allt að 50% af heildarefnisnotkun á Norðurlöndunum og í sumum Evrópulöndum eru allt að 90% af steinefnum til mannvirkjagerðar unnin úr klöpp.



Mynd 2-3: Skipting efnisnotkunar í vegagerð árið 2008

2.3 Val á efnistöku og efniskröfum

Nálægt markaðssvæðum við þéttbýli eru verk yfirleitt boðin út með þeim hætti að verktaka er ætlað að útvega steinefni til verksins. Verktaki kaupir þá efni af steinefnaframleiðendum sem starfrækja námuvinnslu á svæðinu. Hér á landi hefur hins vegar verið algengt utan þéttbýlissvæða að Vegagerðin leiti að og rannsaki jarðmyndanir sem eru vænlegar sem efnistökusvæði og semji við landeigendur um leyfi til efnistöku fyrir viðkomandi verk. Í útboðsgögnum er þá gerð grein fyrir efnistöku og verktaka er ætlað að taka efni til verksins. Efnisgerðum og jarðmyndunum er lýst í viðaukum 2 og 3.

Við val á efnistöku og efniskröfum er mikilvægt að styðjast við rannsóknir á steinefnum til að tryggja að efni sem eru valin séu hæf til vegagerðar. Einnig er mikilvægt að bera saman mismunandi valkost, bæði með tilliti til efnisgæða og kostnaðar við vinnslu og flutning efnisins. Magn efnisins, efniskröfur, og vinnslu- og flutningskostnaður eru vegin saman í slíku mati. Kröfur til fyllingarefna eru t.d. almennt litlar en hins vegar er oft um mikið magn að ræða og því er leitast við að lágmarka flutningsvegalengd. Efniskröfur eru meiri til efstu laga veghlotsins en efnismagn tiltölulega lítið og því eru efni í burðarlag og slitlag oft flutt tugi kílómetra frá efnistöku að vegstæði. Það getur verið kostnaðarsamt að vinna vegagerðarefni úr bergi, en með slíkri vinnslu fást oft hæfustu efni í burðarlag og slitlag og getur því klapparvinnsla verið hagkvæmari en að flytja hæft efni úr setlögum langar leiðir. Efni í hvert lag vegarins eru valin þannig að þau standist kröfur en mikilvægt er að sólunda ekki gæðafnum í neðri lög

vegarins á svæðum þar sem skortur er á slíkum efnum. Til dæmis ætti ekki að byggja vegfyllingar úr hágæðaeftum, sem geta nýst t.d. sem steypuefni eða sem steinefni í klæðingu. Við val á efnistökuastað ber að hafa í huga að áraun malarflutninga á vegakerfið er mikil og frá því sjónarmiði er óæskilegt að flytja efni of langa vegalengd. Einnig þarf ávalt að taka tillit til umhverfissjónarmiða þegar efnistökuastaðir eru valdir en ýtarlegar upplýsingar um þau mál eru í ritinu „Námur – efnistaka og frágangur“, en endurskoðuð netútgáfa af því riti verður gefin út 2012.

2.4 Evrópustaðlar

Samhæfðir Evrópustaðlar sem ná yfir prófanir á steinefnum og framleiðslu þeirra tóku gildi þann 1. júní 2004. Fimm ára endurskoðun framleiðslustaðlanna og samræming þeirra stendur nú yfir og mun henni ljúka á árinu 2012 en þá verður gefin út endurskoðuð útgáfa staðlanna. Þessir staðlar eru gefnir út af staðalnefnd CEN TC/154 sem fjallar um steinefni (Aggregates). Gildistakan hefur mikla þýðingu varðandi prófanir á steinefnum til vegagerðar í ljósi þess að sem aðilum að EES ber Íslandi að fara eftir ákvæðum staðlanna. Yfir 40 prófunaraðferðir hafa nú verið settar fram sem Evrópustaðlar fyrir prófanir á steinefnum og níu framleiðslustaðlar sem fjalla um steinefni til mismunandi nota, svo sem í steinsteypu, malbik og óbundin efni.

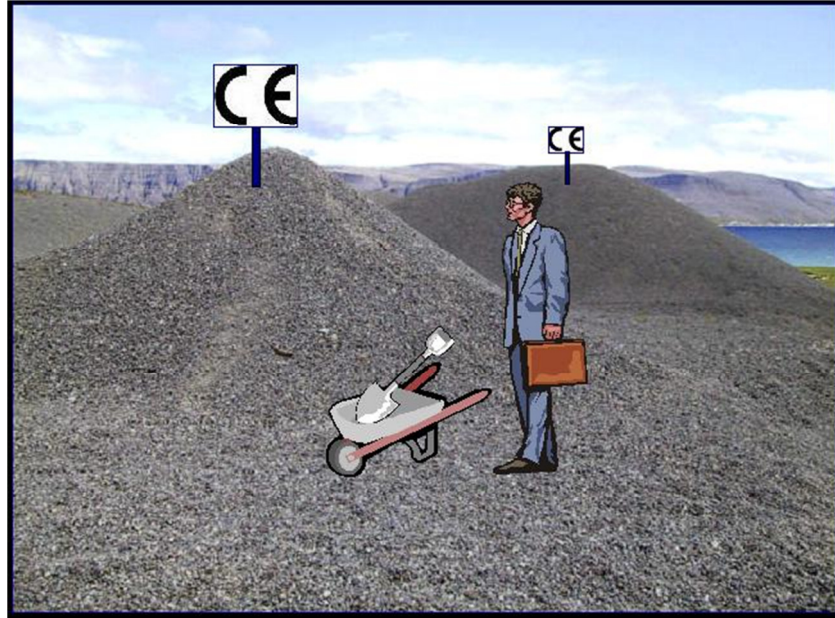
Nokkrir prófunarstaðlar, sem nú hafa tekið gildi, hafa ekki verið í notkun hér á landi hingað til, en einnig er að finna prófunarstaðla sem eru vel þekktir og hafa verið í notkun hérlendis til lengri eða skemmri tíma. Enn aðrir staðlar, sem hafa verið í notkun hérlendis, falla úr gildi með tilkomu Evrópustaðla sem taka þarf upp í stað þeirra.

Ekki er skylda að nota alla þá prófunarstaðla sem settir eru fram og sumir þeirra miðast við séraðstæður í einstökum löndum. Því er nauðsynlegt að velja úr þá staðla sem steinefnaiðnaðurinn í hverju landi kemur sér saman um að æskilegt eða nauðsynlegt sé að nota til að tryggja að fullnægjandi upplýsingar liggi fyrir um gæði steinefna til mannvirkjagerðar. Í þessum leiðbeiningum hafa verið valdar þær prófunaraðferðir sem eru taldar henta best íslenskum steinefnum og aðstæðum. Gerð er grein fyrir þeim í einstökum köflum og viðauka 4.

Framleiðslustaðlar fyrir óbundin steinefni, bikbundin og steinefni í steinsteypu eru settir fram á samræmdan hátt, en þó eru tilteknaðar prófunaraðferðir og kröfur þess eðlis að þær henta eingöngu viðkomandi framleiðsluafurð. Í stöðlunum er í mörgum tilfellum gefinn kostur á að velja á milli tveggja eða fleiri prófunaraðferða sem mæla sama eiginleika steinefna. Í framleiðslustöðlunum er að finna ákvæði varðandi framsetningu prófunarmiðurstaðna á sýnum, t.d. hvað varðar kornadreifingu, lögungu, styrk, veðrunarþol og efnainnihald þeirra, svo eitthvað sé nefnt. Einnig eru viðaukar í öllum framleiðslustöðlunum (Annex ZA) með lýsingu á því hvernig standa skuli að samræmisýfirlýsingu (attestation of conformity).

Margar aðildarþjóðir hafa skrifað þjóðarviðauka (“National Annex”), til þess að innleiðing Evrópustaðla á steinefnasviðinu gangi hnökralaust fyrir sig. Mikilvægt er að slíkur viðauki sé saminn þannig að samkomulag ríki milli framleiðenda og kaupenda steinefna svo og prófanastofa um innihald hans, t.d. hvað varðar val á prófunaraðferðum sem nota skal til mælinga á eiginleikum steinefna til mismunandi nota. Iðnaðar- og viðskiptaráðuneytið fól árið 2004 Rannsóknastofnun byggingar- iðnaðarins (Rb), nú Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMÍ), að skrifa slíkan viðauka í nánú samráði við hagsmunaaðila. Viðaukinn var gefinn út í desember 2004 (Rb skýrsla nr. 04-11) en fékk ekki formlega staðfestingu. Viðaukinn tók ekki nægilega afdráttarlaust á því hvaða prófunaraðferðir skuli notaðar hér á landi við framleiðslu

steinefna til mismunandi nota. Þetta leiðbeiningarit tekur hins vegar afdráttarlausa afstöðu til prófunaraðferða, bæði í meginmáli og í viðauka 4. Fyrirhugað er að gefa út þjóðarviðauka fyrir framleiðslu steinefna sem staðfestur verði af viðkomandi opinberum aðilum.



Gefin var út reglugerð um það með hvaða hætti skuli staðið að samræmisýfirlýsingu fyrir steinefni sem seld eru á markaði. Þar er mælt fyrir um hvort eftirlit með gæðum mismunandi steinefna og CE merking þeirra skuli vera einungis á hendi framleiðanda steinefnis (eftirlitskerfi 4) eða hvort svokallaður tilnefndur aðili („Notified Body“) sem hér á landi er NMÍ skuli staðfesta eftirlit framleiðanda (eftirlitskerfi 2+). Eftirlitskerfin eru skilgreind í Evrópustöðlum.

Önnur staðlanefnd Evrópustaðla CEN TC/227 fjallar um staðla fyrir vegagerðarefni (Road Materials). Þessi nefnd fjallar um blöndur malbiks, klæðingar, steinsteypu og óbundinna laga í vegi og flugvelli. Malbiksstaðlarnir tóku gildi 1. mars 2008 og er fyrirhugað að gefinn verði út þjóðarviðauki héraðs, sem unninn verður í samstarfi hagsmunaaðila. Í þjóðarviðauka er m.a. tilgreint hvaða lágmarkskröfur um prófanir við framleiðslueftirlit (FPC) skuli gerðar héraðs, svo og hvaða upphafsprófanir, eða gerðarprófanir (Initial Type Testing), skuli gera á malbiki. Ákvæði um framleiðslueftirlit og framkvæmdaeftirlit með malbiki og klæðingu eru í kafla 6 í þessu riti, viðauka 4 og í Alverki.