

SIGMÁL

FRÉTTABRÉF STEINSTEYPUFÉLAGS ÍSLANDS

Febrúar 2020

1. tbl. 33. árgangur



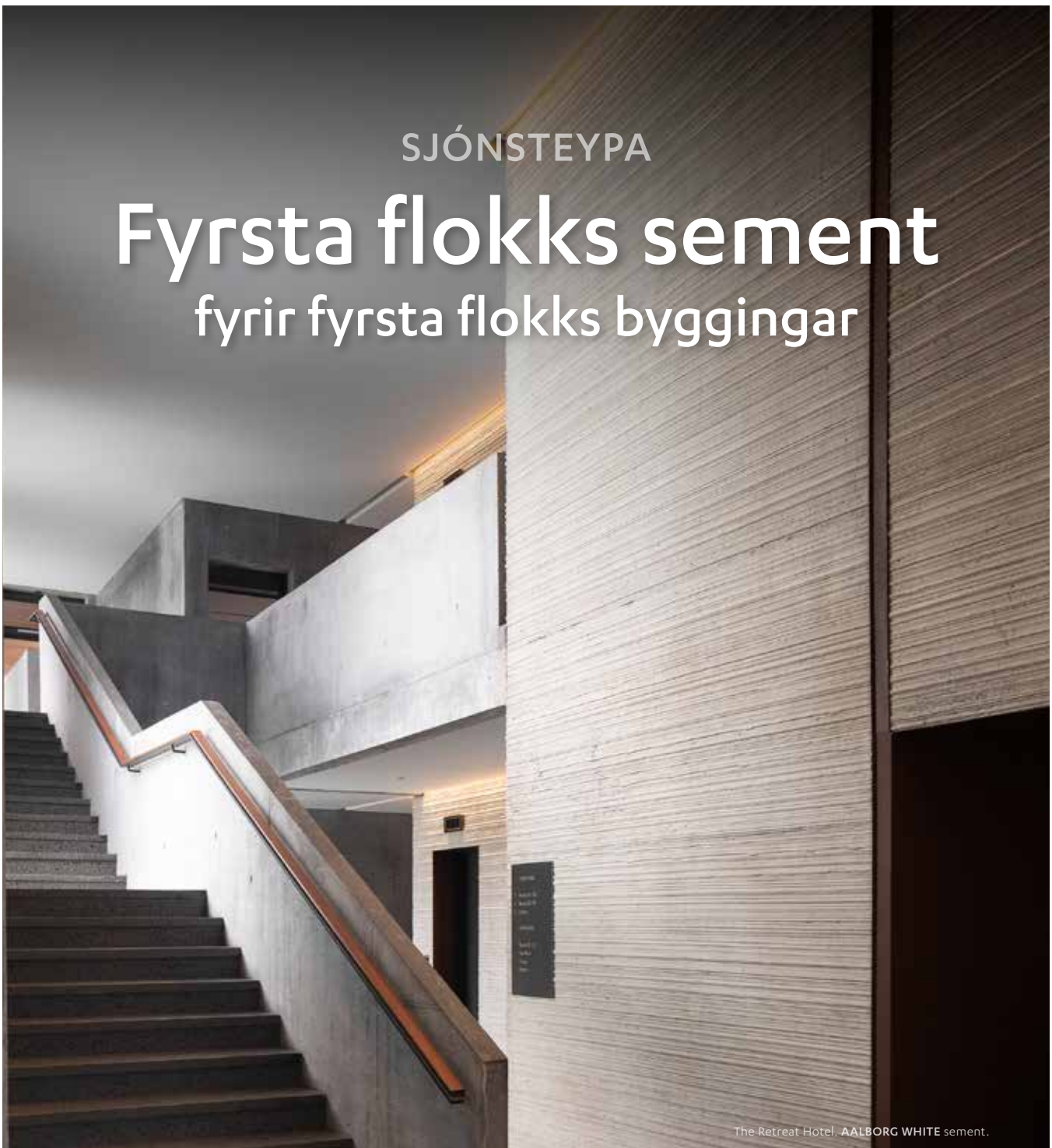
STEINSTEYPUÐAGURINN 2020

Steinsteypudagurinn 2020 verður haldinn föstudaginn 21. febrúar næstkomandi.
Upplýsingar um dagskrá og skráningu á bls. 5

SJÓNSTEYPA

Fyrsta flokks sement

fyrir fyrsta flokks byggingar



The Retreat Hotel. AALBORG WHITE sement.

Helstu framleiðsluvörur Aalborg Portland eru:
AALBORG WHITE sement, **RAPID** sement
og **MESTER** sement.

 **aalborgportland**

CEMENTIR HOLDING

Aalborg Portland Íslandi ehf
Bæjarlind 4, 201 Kópavogi
Sími: 545-4800
aalborg@aalborg-portland.is
www.aalborgportland.is

SIGMÁL FRÉTTABRÉF STEINSTEYPUFÉLAGS ÍSLANDS 2020

Fréttabréf Steinsteypufélags Íslands er vettvangur félagsmanna og stjórnar til að miðla upplýsingum og fróðleik til félagsmanna og annarra velunnara félagsins. Skoðanir einstakra greinarhöfunda endurspeгла ekki endilega opinbera afstöðu Steinsteypufélagsins til einstakra málefna.

Leyfilegt er að birta efni úr fréttabréfinu ef heimildar er getið. Myndefni er eign viðkomandi höfundar.

Steinsteypufélag Íslands
– Klapparstígur 14, 101
Reykjavík- steinsteypufelag@
steinsteypufelag.is

STJÓRN STEINSTEYPUFÉLAGS ÍSLANDS

Guðbjartur Jón Einarsson,
formaður
Karsten Iversen, varaformaður
Ingunn Loftsdóttir,
Kai Westphal,
Halldór Haukur Sigurðsson

Starfandi varamaður:
Lárus Helgi Lárusson

Framkvæmdastjóri,
Erla Margrét Gunnarsdóttir

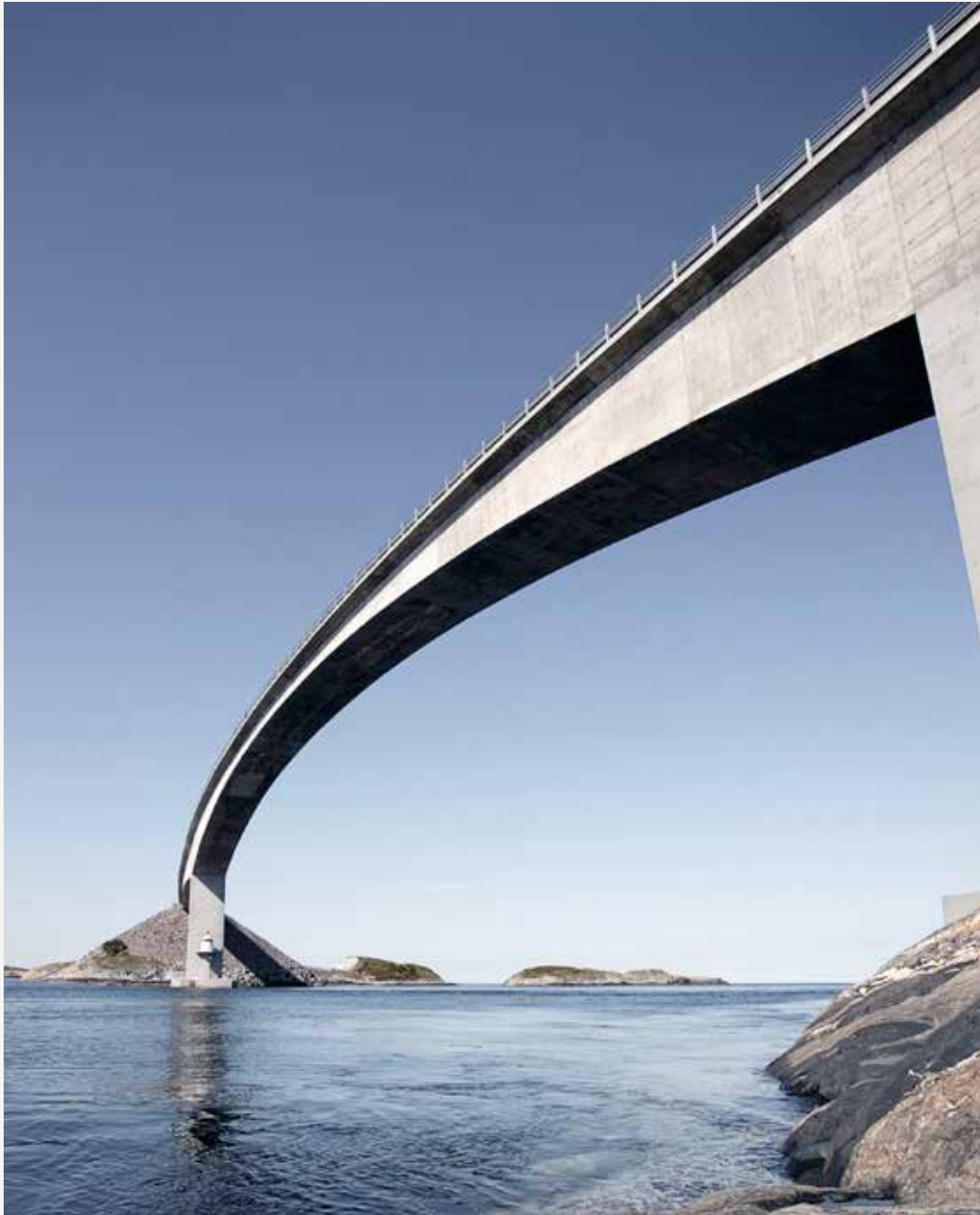


EFNI FRÉTTABRÉFS OG YFIRLIT GREINA

Nú hefur árlegt fréttabréf Steinsteypufélagsins borist innum lúgur flestra áhugamanna steinsteypu á landinu og er það von okkar að allir finni eitthvað við sitt hæfi í blaðinu að þessu sinni. Þetta er aftur stærsta fréttabréfið sem félagið hefur hingað til gefið út og þökkum við auglýsendum í blaðinu fyrir öflugan stuðning og svo einnig þeim fjölmörgu aðilum sem voru tilbúnir við að aðstoða okkur við öflun á efni í blaðið. Án ykkar væri þessi útgáfa ekki möguleg.

Steinsteypudagurinn 2020 - Dagskrá	5
Kolefnisspor steinsteypu	7
Sandur og mól, byggingareining samfélagsins	10
Vísindaferð í Íslandshús	13
Mettivatn í fylliefnum fyrir steinsteypu	14
Mettivatn í steypu með íslenskum fylliefnum	16
Nokkur atriði um alhliða steypuvörn	18
Alkalívirgna verður vandamál á Íslandi	20
Skuggarákir á yfirborði steinsteypu	22
Anhýdrít, umhverfisvænt ílagnaefni	27
Starfsemi Steinsteypufélagsins	28
Fehmarnbelt fixed link	29
Performance engineered concrete	32
Málstofa um vistvæna steypu	36
Steinsteypudagurinn 2019	38

Útgefandi: Steinsteypufélag Íslands
Ritstjóri: Erla Margrét Gunnarsdóttir
Ábyrgðarmaður: Guðbjartur Jón Einarsson
Umbrot: Erla Margrét Gunnarsdóttir
Prentun: Prentmet
Upplag: 1700 eintök
Forsíðumynd: Blue Lagoon Retreat, Giorgio Possenti



Sement er byggingarefni sem gefur sköpunargleðinni lausan tauminn

Vönduð mannvirki úr steypu með góðu sementi eru endingargóð, traust, örugg í eldsvoða og þarfnast lítils viðhalds. Það er því ekki tilviljun að sement hefur í gegnum tíðina verið það byggingarefni sem fyrst hefur orðið fyrir valinu til byggingar minni og stærri mannvirkja á heimsvísu.

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group


SEMENTSVERKSMÍÐJAN

STEINSTEYPUFÉLAGURINN 2020

21.FEBRÚAR Á GRAND HÓTEL



DAGSKRÁ

08:30 Skráning og kaffisopi - Básar til sýnis

09:00 Setning - Guðbjartur Jón Einarsson, formaður Steinsteypufélags Íslands

09:10 Annmarkar steypustrendingaprófs við alkalívirgni - Dr. Sóley Unnur Einarsdóttir

09:40 Mæling á sigmáli steypu með tromlu steypubíls - Jón Elvar Wallevik, NMÍ

10:10 High Performance Icelandic Alternative Cementitious Material - Romeo Ciuperca

10:40 Kaffihlé

11:00 Airport pavement renewals using rapid-hardening concrete - Jacob Melchior

11:30 Mettivatn, dularfulli leynifarþeginn í steypunni - Karsten Iversen

11:50 Cement with reduced CO₂ footprint, Development activities - Kjell Skjeggerud

12:20 Hádegismatur

13:20 Má bæta frostþol steinsteypu á Íslandi? - Dr. Ólafur H. Wallevik

13:40 Construction Manager Portals, Ramps & Landworks - Ulf Jönsson, Femern A/S

14:10 Samband íslenskra prófunarstofa - Elísabet Jóna Sólbergdóttir SÍP

14:30 Græna leiðin í byggingum - Sigríður Ósk Bjarnadóttir, VSÓ Ráðgjöf

14:50 Kaffihlé

15:10 Uppbygging í Reykjavík - Aron Leví Beck, borgarfulltrúi og byggingafræðingur

15:30 Hvað segir vistferilsgreining okkur? - Alexandra Kjeld, EFLA

15:50 Nemendaviðurkenningar - kynningar og afhending viðurkenninga

16:20 Ráðstefnulok - Guðbjartur Jón Einarsson, formaður Steinsteypufélags Íslands

16:30 Léttar veitingar í boði Aalborg Portland

Skráning á steinsteypufelag@steinsteypufelag.is til 17. febrúar



Heill dagur: 20.000 kr. með hádegisverði

Hálfur dagur: 15.000 kr. án hádegisverðar

Nemagjald: Frítt með hádegisverði, hámark 30 nemendur*

Básar: 55.000 kr. Innifalin ein skráning með hádegisverði

*Matur í boði:



Rb-blöð

Rb-blöð eru upplýsingaveita á byggingasviði um viðhald, hönnun og byggingu mannvirkja. Blöðin spanna flest svið byggingariðnaðarins og mörg þeirra fjalla sérstaklega um steinsteypu.

Upplýsingar og áskrift að **Rb-blöðum** er
á www.nmi.is/utgafa



Nýleg Rb-blöð

- ▶ Snjóhengjuvarnir á hallandi þök
- ▶ Torfþök
- ▶ Merkingar á gagnvörðu timbri
- ▶ Flísaklæddir votrymisveggir
- ▶ Rakamælingar í byggingum
- ▶ Gólf í votrymum
- ▶ Greinagerð um hita- og rakaástand
- ▶ Frágangur votryma

www.nmi.is



Nýsköpunarmiðstöð
Íslands

Akureyri | Ísafirði | Reykjavík | Sauðárkróki | Vestmannaeyjum

KOLEFNISSPOR STEINSTEYPU ER LYKILLINN AÐ KOLEFNISHLUTLEYSI BYGGINGARIÐNARINS

Hitastigjarðar hefur hækkað á síðustu öld. Þessi hlýnun hefur í för með sér bráðnun jökla, hækkun sjárvarmáls, hlýnun sjávar og aukningu í öfgaveðri. Vísindamenn eru almennt sammála um að þessi hlýnun sé af mannavöldum sem er mestmegnis tilkomin vegna aukins iðnaðar sem losar gróðurhúsalofttegundir. Gróðurhúsalofttegundir eru koltvíoxíð (CO_2), vatnsgufa, metan, tvínituroxíð (N_2O), óson (O_3) og ýmis halógen-kolefnissambönd. Þessar lofttegundir eru í daglegu tali nefndar gróðurhúsalofttegundir vegna þess að þegar þeim er hleypt út í loftið virka þær eins og gler í gróðurhúsi og halda sólarvarma innan lofthjúpsins.

Kolefni er að finna í öllum lífefnum. Kolefnishringrásin er losun og binding kolefnis. Meirihluti kolefnis jarðar er geymdur í bergi og setlögum. Afgangurinn er geymdur í hafinu, andrúmslofti og lífverum. Aukin brennsla jarðefnaeldsneytis á síðustu öld hefur aukið losun á kolefni út í andrúmsloftið og þar með truflað kolefnishringrásina. Styrkur kolefnis í andrúmsloftinu hefur hækkað um 36% á síðustu 250 árum og helmingur aukningarinnar hefur átt sér stað á síðustu 50 árum.

55 Þjóðir undirrituðu Parísarsáttmálann árið 2015 með það að markmiði að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og er Ísland aðildarríki að sáttmálanum með það markmið að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda um 40% fyrir árið 2030. Norðurlöndin gáfu frá sér sameiginlega yfirlýsingu um loftslagsmál í janúar 2019 þar sem er stefnt að kolefnishlutleysi

árið 2050. Kolefnishlutleysi er skilgreint í Parísarsáttmálanum sem jafnvægi milli kolefnislosunar af mannavöldum og bindingu þess.

Til þess að ná þessum markmiðum er nauðsynlegt að lágmarka kolefnislosun á öllum sviðum og ekki síst losun frá byggingariðnaðinum sem stendur fyrir um 39% af kolefnislosun á heimsvísu. Kolefnislosun frá byggingariðnaðinum er tvennskona, þ.e.a.s. innbyggð kolefnislosun og kolefnislosun rekstrar. Innbyggð losun á viðum það kolefnisemerlosað við öflun hráefna, meðhöndlun og framleiðslu, flutning, uppbyggingu, niðurrif, úrgangsmeðhöndlun og endurvinnslu. Hins vegar vísar kolefnislosun rekstrar til þess kolefnis sem er losað á líftíma byggingar,

t.d. losun vegna loftræsingar, rafmagnsnotkunar og viðhalds.

Á Íslandi er orka að mestu endurnýjanleg og því er nauðsynlegt að leggja áherslu á lágmörkun innbyggðar kolefnislosunar.

Flestar byggingar á Íslandi eru steinsteypar. Steinsteypa samanstendur af sementi, vatni og fylliefnum, en um það bil 90% af kolefnislosuninni vegna steinsteypuframleiðslu er vegna sements og 10% er vegna annara þátta. U.þ.b. 8% af allri kolefnislosun heims er rakin til sements. Það er að segja ef sement væri land þá væri það í þriðja sæti yfir þau lönd sem losa mest kolefni á eftir Kína og Bandaríkjunum. Kolefnisspor sements á heimsvísu á bara eftir að



Mynd 1: Kolefnisspor bygginga

hækka vegna hraðari byggðarþróunar í suðaustur Asíu og Afríku, en spár sýna að sementsframleiðsla á heimsvísu muni aukast um 23% fyrir 2050.

Steinsteypa er án efa eitt mikilvægasta manngerða efnið í heiminum og má segja að nútímasamfélag væri ekki til án steinsteypu. En framleiðsla á einu kíló af sementsgjalli losar u.þ.b. eitt kíló af kolefni. Þess vegna er augljóst hversu mikilvægt það er að draga úr sementsnotkun. Fræðimenn víða um heiminn keppast nú um að finna lausnir til þess að lágmarka kolefnisspor steinsteypu.

Það eru ýmis efni (possólanefni) eins og t.d. jarðefni eins og líparít, vikur og úrgangsefni frá iðnaði sem geta komið í stað einhvers hluta af sementinu í steinsteypublöndunni án þess að það komi niður á eftirsóttum styrk og þéttleika.

Hérlandis er kísilryk (e. silica fume) frá járnblendiframleiðslu helsta possólanefnið. Víða erlendis eins og t.d. í Bandaríkjunum er flugaska (e. fly ash) sem myndast við brennslu kola oft notað sem bindiefni. Sérfræðingar VSÓ Ráðgjafar vinna t.d. að sérhæfðum steypublöndum sem nota mjög hátt hlutfall af possólanefnum sem og trefjum til að draga úr kolefnisspori samhliða því að viðhalda og jafnvel auka styrk steinsteypunar.

Háskóli Íslands og Orkuveitan hafa í sameiningu unnið verkefnið CarbonFix. Verkefnið hefur á síðustu 11 árum þróað tækni til þess að fanga og binda kolefni frá Hellsheiðavirkjun. Kolefni sem er losað við nýtingu jarðhitavökvans er fangað, kolefnisgasið er leyst upp í vatni undir þrýstingi og því næst er vatninu dælt niður á 500 til 800 metra dýpi í basaltjarðlög þar sem kolefnið



Mynd 2: Sement og ýmis possólanefni (mynd frá Portland Cement Association, cement.org)

binnt varanlega í berggrunninum í formi steinda. Þessi tækni þarf ísalt vatn og basaltjarðlög.

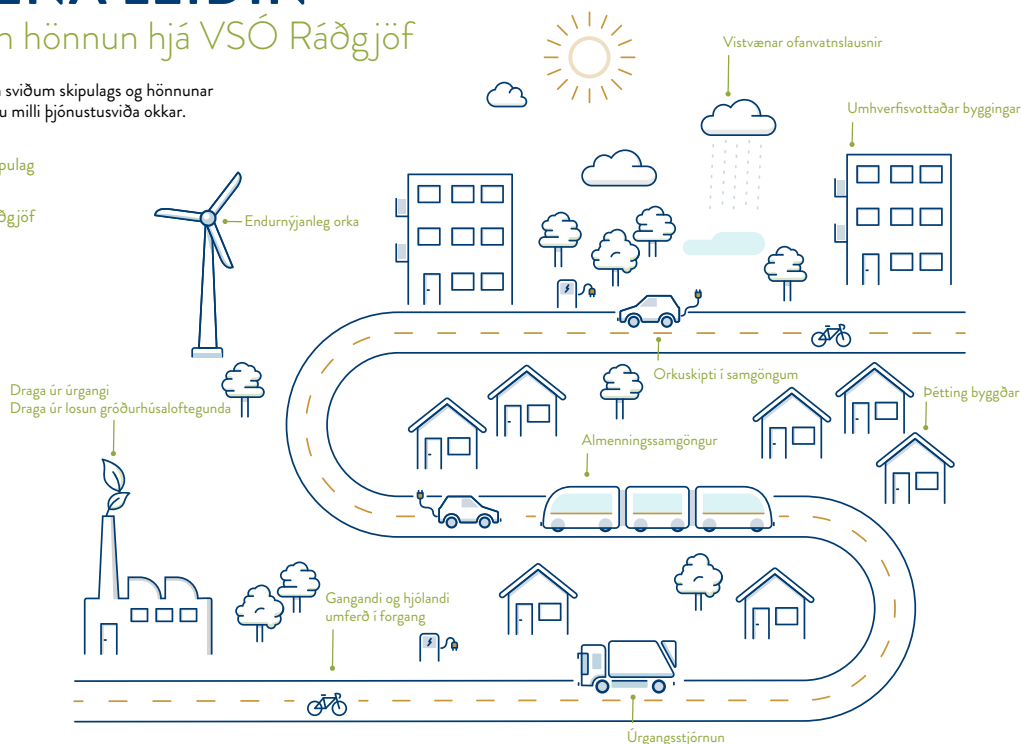
Svipuð tækni hefur verið þróuð í Bandaríkjunum og heitir Carbon Cure. En þá er kolefni frá sementframleiðslu fangað, leyst upp í vatn og því er sprautað inn í steypuna þegar hún er hrærð. Þegar steypan harðnar hvarfast kolefnið með steypunni og myndar steinefni

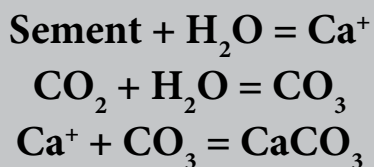
GRÆNA LEIÐIN

Vistvæn hönnun hjá VSÓ Ráðgjöf

Vinnum á öllum sviðum skipulags og hönnunar í þéttri samvinnu milli þjónustusviða okkar.

Samgöngur
Umhverfi og skipulag
Byggðatækni
Framkvæmdaráðgjöf
Burðarþol
Tæknikerfi





Mynd 3: Carbon Cure efnasamband

(CaCO₃). Prófanir hafa sýnt að steypa sem er blönduð með þessari tækni er sterkari en hefðbundin steypa og því er hægt að minnka sementsmagn en samt sem áður viðhalda tilteknum styrk.

Ef allar sementsverksmiðjur heims myndu nýta sér Carbon Cure tæknina væri hægt að spara um 550 milljón tonn af losuðu kolefni eða um 15% af heildarframleiðslu kolefna af völdum sements. Carbon Cure tæknin hefur nú þegar verið tekið í notkun í 150 sements verksmiðjum í Bandaríkjunum. Með því að nýta slíka tækni myndi steinsteypu

mannvirkin okkar haga sér eins og kolefnisgeymar.

Eins og staðan er í dag er sement ekki lengur framleitt á Íslandi og því þarf byggingariðnaðurinn að flytja inn það sement sem er notað hér á landi. Með því að flytja allt sement inn eigum við (hönnuðir, verktakar eða verkkaupar) erfitt með að hafa áhrif á framleiðsluferlið. En ef við förum á ný að snúa okkur að sementsframleiðslu hérlandis er nauðsynlegt að skoða tækni eins og Carbon Cure sem fangar kolefni og endurnýtir það til þess að skila sterkari steinsteypu.

Framtíðin hefur í för með sér að stjórnvöld eiga eftir að setja takmarkanir á losun kolefnis frá byggingariðnaðinum í auknum mæli, bæði innbyggðri kolefnislosun sem og kolefnislosun á rekstrartíma. Finnar og Svíar eru fremstir í flokki og

áætla að lögfesta þak á kolefnislosun úr byggingariðnaðinum fyrir árið 2025.

Við hjá VSÓ Ráðgjöf höfum sérhæft okkur í hönnun á byggingum sem lámárka kolefnislosun. Við vitum að steinsteypa er aðalbyggingarefni heimsins og erum því stöðugt að tileinka okkur nýjungar til þess að lágmarka umhverfisáhrif þeirra mannvirkja sem við hönnum. Við gerum okkur grein fyrir því að það er ekki hægt að tryggja sjálfbærni komandi kynslóða án þess að draga úr losun kolefnis.

Sigríður Ósk Bjarnadóttir, doktor
í burðarþolsverkfræði hjá VSÓ
Ráðgjöf



FRUMKVÆÐI / FÆRNI / FAGMENNSKA



ÍAV er eina verktakafyrirtækið sem er bæði ISO 9001 gæðavottað og OHSAS 18001 öryggisvottað.

Við erum stolt af því að huga vel að bæði starfsmönnum og viðskiptavinum okkar.



Öflugur þátttakandi á öllum
sviðum mannvirkjagerðar í 65 ár

ÍAV hf. | Höfðabakka 9 | 110 Reykjavík | s. 530 4200 | www.iav.is

SANDUR OG MÖL | BYGGINGAREINING SAMFÉLAGSINS

Á eftir vatni og gjöfum fiskimiðum er sandur og mól ein mesta auðlind okkar Íslendinga en jafnframt ein sú vanmetnasta. Við þurfum alltaf sand og mól. Alltaf. Í nýframkvæmdir og til viðhalds. Fyrir húsin okkar, vegina, brýr, orkumannvirki, hafnir, landfyllingar o.s.frv. Þetta efni, sandur og mól, er eins og andrúmsloftið sem við öndum að okkur. Það er okkur nauðsynlegt í nútíma samfélagi.

Sandur og mól sem hefur verið unnið til mannvirkjagerðar, einkum í steinsteypu og til vegagerðar, er kallað steinefni. Þetta efni hefur líka verið kallað fylliefni en það orð gefur til að kynna að sandur og mól sé uppfyllingarefni en svo er ekki. Í steinsteypu er það í kring um 70% og í vegagerð um 90-100%. Í steinefnavinnslu felst að jarðefni, ýmist úr náttúrulegum sand- og malarnámum eða úr klöpp, er brotið og flokkað (harpað) í valda stærðarflokka. Algengt er að stærsta steinastærð sé 22 eða 32 mm vegna nota í steinsteypu og til vegagerðar. Stærri steinastærðir eru notaðar í burðarlög vega, fyllingar undir húsgrunna, í stíga, til landmótunar o.fl.

Ísland er gjöfult af náttúrulegum sand- og malarnámum. Umrót sem fylgdi þegar jöklar ísaldar voru að hopa og sjór fylgdi fast á eftir þeim og flæddi á land hafði þær afleiðingar að jökulurð síðustu ísaldar skolaðist til og miklar og finefnasnaugar sand- og malarbreiður og -ásar mótuðust nálægt efstu fjörumörkum. Þetta efni beið okkar þegar við förum að reisa þá innviði sem fylgja nútímasamfélagi og komum okkur inn í 20. öldina. Þetta er okkur verðmæt en jafnframt takmörkuð

auðlind sem okkur ber skylda til að fara vel með svo komandi kynslóðir geti líka notið hennar.

Einstök jarðfræði Íslands gerir steinefni og steinefnavinnslu hérlandis sérstaka. Á jarðfræðilegum tímaskala er íslenskt berg ungt og gosberg er yfirgnæfandi. Um og yfir 90% þess er basalt en það er óalgengt erlendis, sérstaklega á meginlöndunum. Bæði tækja-búnaður og notkun þurfa að taka mið af þessari sérstöðu en flestar erlendar berggerðir eru harðari en basalt og ýmsir grunneiginleikar þeirra eru ólíkir íslenska efninu. Þetta breytir því þó ekki að mjög víða er að finna mjög gott íslenskt steinefni til mannvirkjagerðar.

Steinefni SV hornsins hefur að miklu leyti verið unnið annars vegar úr sjávarfni eða úr s.k. bólstra-bergmyndunum en einnig í minna mæli úr klöpp og náttúrulegum sand- og malarnámum. Síðustu áratugina má ætla að annað hvert mannvirki á höfuðborgarsvæðinu sé steipt úr sjávarfni, uppdælt úr bæði Faxaflóa og Hvalfirði. Efnið hefur reynst mjög vel eftir að fólk áttaði sig á hversu mikilvægt er að þvo efnið og blanda því rétt saman, t.d. að sleppa Hvalfjarðarsandi í steypuefni en hvort tveggja, seltan og Hvalfjarðarsandur valda alkalívirgni sem geta valdið skemmdum í steypunni. Nýlegar rannsóknir benda hins vegar til þess að hugsanlega sé hægt að stemma stigu við alkalívirgni Hvalfjarðarsands með réttum sementstegundum.

Bólstrabergsmyndanir eru önnur af tveimur mikilvægustu uppsprettum steinefnis á SV horninu. Dæmi um námur eru Lambafell, Bolaöldur sem

voru, Vatnsskarð, Stapafell og Ingólfsfjall. Það er stór kostur við þessar bergmyndanir hversu auðunnar þær eru, efnið er rippað þ.a. sprengingar eru óþarfar og ekki þarf að brjóta nema hluta efnisins. Eins og með sjávarfnið hefur það reynst mjög vel þó dæmi séu um að fjaðurstuðull geti verið lágur, sem er óæskilegt í steypu. Einnig hefur efnið í sumum tilfellum tiltölulega lágt slitþol sem gerir það óhentugt til vegagerðar. Þess vegna er skemmtilegt að segja frá því að sérunnið slitlagsefni úr Lambafelli er sterkara en innflutt steinefni. Seljadalsefnið, sem var á sínum tíma unnið úr klöpp, var líka afburðagott slitlagsefni en búið er að loka þeirri námu.

Á landsbyggðinni er steinefnið víðast unnið úr náttúrulegum sand- og malarlögum, ýmist úr ísaldarminjum eða úr áreyrum frá nútíma. Á nokkrum stöðum er steypuefni unnið úr klöpp, s.k. vélunninn sandur. Erlendis er í auknum mæli farið að nota vélunninn sand í steinsteypu enda getur hann verið jafn góður og jafnvel betri en náttúrulegur sandur.

Svo er það innflutningurinn. Hingað til hefur innflutt efni fyrst og fremst verið notað í sérverkefni eins og í álverið á Reyðarfirði og í slitlög á umferðarmiklum vegum. Vegagerðin gerir kröfu um ljóst steinefni til að lýsa yfirborð slitlaga og það næst eingöngu með innfluttu, ljósu efni. Nú að undanförunu er orðrómur á kreiki um að Vegagerðin vilji jafnvel auka enn meira hlut innflutts steinefnis í slitlögum. Ef við gætum ekki að okkur gæti innflutningur aukist jafnvel enn meira.

Lögbundnar kröfur eru um að

steinefni sé CE merkt þar sem eru gerðar öryggiskröfur, t.d. í steypu í berandi hluta bygginga, brúa og annarramannvirkja eða tilvegagerðar (efri burðarlög og slitlög), einkum þar sem umferðarþungi er mikill. Í CE merkingu felst að framleiðandi fylgist kerfisbundið með eiginleikum framleiðslunnar (= er með gæðakerfi) og ábyrgist að steinefnið sé til samræmis við tilgreindar kröfur (= samræmismat). Kröfurnar samkvæmt samræmismatinu eru þær sem framleiðandinn sjálfur setur og hann ber síðan ábyrgð á að efnið standist. Það fer síðan eftir öryggisflokki hvort þarf þriðja aðila til að ábyrgjast CE merkinguna eða ekki. CE merking er því í eðli sínu ekki „gæðastimpill“ heldur yfirlýsing um að varan uppfyllir tilteknar lágmarks öryggiskröfur og að framleiðandi hafi kerfisbundið eftirlit með framleiðslunni, þar með talið námunni og tækjabúnaði. Það eru stjórnvöld sem setja lágmarkskröfur en bæði framleiðandi og hönnuðir geta að sjálfsögðu gert meiri kröfur.

Náttúrulegar sand- og malarnámur eru langt í frá ótakmörkuð auðlind. Á höfuðborgarsvæðinu eru merki um að sandur og mól fari þverrandi. Þetta er fákeppnismarkaður og skortur á framtíðarsýn skapar óvissu. Hvernig ætlar samfélagið að tryggja nauðsynlegt framboð og samkeppni á markaði? Hvar ætlum við að fá efnið í fyrirhugaðar framkvæmdir við borgarlínu, reglubundið viðhald, nýbyggingar o.fl. á næstu árum? Ætlum við að keyra efnið um langan veg með öllu sem því fylgir – aukið umferðarálág, minna umferðaröryggi, aukið kolefnisspor, aukið slit á vegum? Ætlum við að auka vinnslu á steinefni úr klöpp? Eða ætlum við í auknum mæli að treysta á innflutning?

Til að bæta gráu ofan á svart getur

leyfisveiting verið mjög þung í vöfum sem gerir steinefnaframleiðendum erfitt um vik að skipuleggja til framtíðar. Dæmi eru um umsóknir frá steinefnaframleiðanda um framhaldsleyfi til vinnslu og rannsókna sem hafa velkst um í kerfinu í nokkur ár án þess að viðhlítandi svör hafi fengist. Hvað veldur þessum þyngslum í kerfinu, er ákvörðunarvald óskýrt? Eða er það hræðsla við almenningssálitið?

Svo er það efni sem fellur til vegna nýframkvæmda o.fl. á höfuðborgarsvæðinu Hvernig nýtum við það sem best? Væri mögulega hægt að skapa aðstöðu fyrir efnisbanka í ekkert allt of mikilli fjarlægð þar sem væri hægt að geyma uppmokstur o.fl. til síðari nota? Væri hægt að auka endurvinnslu? Benda má á, sem dæmi, að uppmokstur úr lóð nýs Landspítala var áætlaður um 3-400 þús. m³. Þetta efni hefur verið notað í landfyllingar fyrir Faxaflóahöfn. Var það besta nýtingin á efninu, vorum við nokkuð að losa okkur við afburðagott steypuefni?

Allri námuvinnslu fylgir rask, það er mest áberandi á vinnslutíma þegar námur eru opnar. Ásýnd lands breytist, breytingar verða á fjöllum og ásum og þau geta horfið að miklu til öllu leyti og breytingar verða á hafsbotni. Því er algengt að almenningssálitið sé neikvætt

til námuvinnslu, fólk vill ekki námuvinnslu „í næsta nágrenni“. En þegar allt er tekið með í reikninginn er þetta viðhorf til marks um að þekking á gildi og verðmætum steinefnis fyrir samfélagið sé takmörkuð. Við getum ekki verið án steinefnis, þetta er stærsta og mest notaða auðlind Íslands og heimsbyggðarinnar allrar á eftir andrúmslofti og vatni. Ef við Íslendingar sofnum á verðinum og förum illa með auðlindina getum við orðið ósjálfbjarga með sand og mól, við getum þurft að kaupa allt steinefni fullunnið erlendis frá. Við eigum að leggja stolt okkar í að lifa af landinu okkar og nýta auðlindirnar vel og skynsamlega, þar á meðal að vinna steinefnið skipulega og skynsamlega.

Gott basalt er gæðaeefni sem við Íslendingar getum verið hreykin af, þetta er efnið sem við höfum notað til að koma okkur út úr moldarkofunum og reisa helstu innviði landsins; byggingar, vegi, hafnir og orkumannvirki. Það þarf hins vegar að þekkja eiginleika efnisins, velja námur af kostgæfni, stýra efnisvinnslunni og tryggja að efnið sé notað á sem hagkvæmasta hátt.

*Þorbjörg Hólmgeirsdóttir,
jarðverkfræðingur, Mannvit h.f.
Mynd frá Brúnavík á Víknaslóðum,
tekin 25.7.2015*



Lykillinn að góðri framtíð er að huga að henni strax

Opinn lífeyrissjóður fyrir háskólamenntaða

- Meiri ávinningur réttinda
- Jákvæð tryggingafræðileg staða
- Hagstæð sjóðfélagalán
- Ábyrg fjárfestingastefna
- Sjóðfélagalýðræði
- Val um sparnaðarleiðir

LÍFSVERK lífeyrissjóður • Engjateigi 9 • 105 Reykjavík • www.lifsverk.is

VÍSINDAFERÐ Í ÍSLANDSHÚS

Í byrjun nóvember á síðasta ári bauð Íslandshús Steinsteypufélaginu í heimsókn í verksmiðjuna sína í Reykjanesbæ.

Íslandshús er nýsköpunarfyrirtæki sem þróar og framleiðir forsteyptar einingar og nýja tegund stólpa; dvergana®, sem eru undirstöður undir t.d. sumarhúsi, bílskýli, smáhýsi, sólpalla, girðingar, göngustíga, stiga og brýr og margt fleira.

Íslandshús framleiðir einnig undirstöður undir færanlegar og niðurgrafnar öryggisgirðingar og framleiðir lausnir er varða umferðarstýringu og skipulag bílastæða svo eitthvað sé nefnt.

Óskar, Brynja og Brynjar tóku höfðinglega á móti okkur og sögðu okkur frá starfseminni, sýndu okkur helstu vörurnar og var mikið spjallað yfir góðum veitingum.

Við þökkum Óskari, Brynju og Brynjari því kærlega fyrir fróðlega og skemmtilega heimsókn.



METTIVATN Í FYLLIEFNUM FYRIR STEINSTEYPU

Vatn í fylliefnum fyrir steinsteypu hefur áhrif á eiginleika hennar, allt eftir því hversu vel það blandast við aðra hluta steinsteypunnar. Í fylliefni eru vatnsfylltar pórur sem kallast **mettivatn** og er mettvatn efni þessarar greinar. Mettivatnið er „falið“ í fylliefnum og tekur í reynd ekki þátt í að gefa steinsteypunni vinnanleika og styrk, en það gerir vatnið umfram mettvatnið, sem kallast „frítt vatn“.

Mettivatn + frítt vatn er heildarvatnsmagnið í steypunni.

Mikilvægt er að þekkja hvernig mettvatn fylliefnanna getur breyst þar sem breytingar innan venjulegra uppgefina mettvatnsgilda geta leitt af sér breytingar á heildarvatnsmagni, allt að 10-15 kg/m³, sem er töluvert magn m.t.t. vinnanleika og styrks.

Mikill munur getur verið á hversu mikið vatn bætist við, háð eðli fylliefnanna. Mikil reynsla er í að ákvarða mettvatn í venjulegum fylliefnum, eins og t.d. sjávarmöl eða muldu graníti, þannig að nothæfar upplýsingar til að reikna út vatnsmagn í steinsteypu fáið fram.

Hvað er Mettvatn?

Mettivatnið í fylliefnunum er tengt ástandinu „vatnsmettaður yfirborðsþurr“ (VYP) sem svarar til ástands fylliefnisins í ferskri steinsteypu. Fyrst er VYP ákvarðaður með því að vatnsmetta efnið og þar á eftir er búið svo um að aðeins pórur í fylliefninu séu alveg vatnsmettaðar, sjá síðar.

Einnig má segja að mettvatn svari til þess vatnsmagns sem getur verið í fylliefninu, þótt það virðist

þurrt. Á skýringarmynd 1 er sýnd grunnmynd af lýsingu á VYP-ástandi í fylliefniskorni. Mettivatnið er sá massi vatns sem rúmast í þórum fylliefnisins deilt með massa af þurrum kornum, [1]. Mettvatn reiknast þar af sem:

$$\text{Mettivatn} = \frac{M_{\text{VYP}} - M_{\text{þurrt}}}{M_{\text{þurrt}}}$$

Mettivatnið skal reiknast sem hluti af fylliefninu en ekki sem hluti af raunverulegu vatnsinnihaldi steinsteypunnar, þar sem ekki er gert ráð fyrir að mettvatnið taki þátt í efnahvarfinu á milli sements og vatns og stuðlar ekki að vinnanleika steinsteypunnar. Mettvatn er því ekki „frítt vatn“ og þess vegna á ekki að reikna það inn í hlutföll á milli vatns og sements.

Auk þess að innihalda mikið vatn eru fylliefni oft með háa vatnsmettun en þó ekki alltaf:

- Létt
- Veik
- Viðkvæm gagnvart frosti
- Hverfast við alkálí-kísil

Mettivatn í steinsteypublöndu

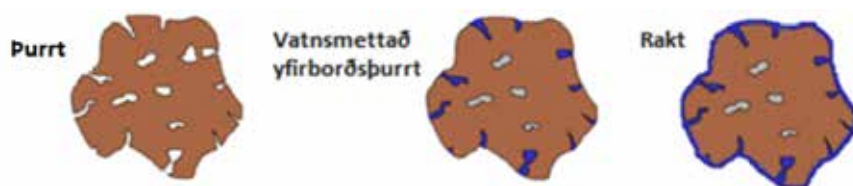
Í steinsteypuframleiðslu er daglega litið á ofnþurrt heildarmagn vatns í þeim fylliefnum sem notuð eru. Sjaldgæft er að fylliefni innihaldi nákvæmlega svo mikið vatn að það sé í VYP-ástandi: Það getur verið að fylliefnin sem verið er að nota séu mjög blaut vegna rigninga eða eftir þurr hlýindatímabil.

Með því að draga mettvatnið frá heildarmagni vatns er hægt að ákvarða hversu mikið af fríu vatni á í reynd að setja í steinsteypuna. Þetta „umframvatnsmagn“ skal því draga frá því heildarmagni vatns sem sagt er til um í steinsteypuuppskriftinni, til að fá fram þá eiginleika steinsteypunnar sem til er ætlast. Einnig getur verið að fylliefnin séu svo þurr að það sé nauðsynlegt að bæta við vatni til að bæta upp gleypnina. Í slíku tilviki skal aukamagni vatns, sem nauðsynlegt er að bæta við, bætt við uppgefið vatnsmagn í steypuuppskriftinni. Í [1] er sýnt hvernig steypuuppskrift er sett saman og vatnsmagnið sem bætist við frá fylliefnum leiðrétt.

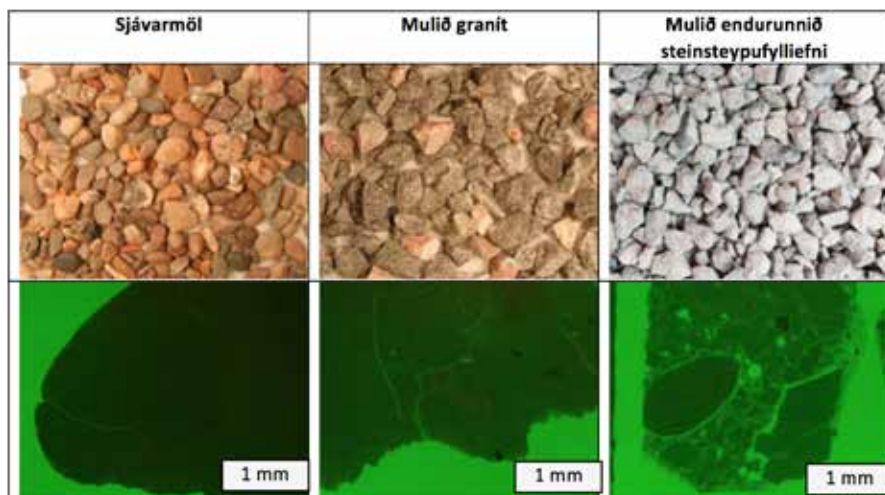
Hvar er mettvatnið?

Á skýringarmynd 2 eru sýndar myndir af sjávarmöl, muldu graníti og mulinni steinsteypu. Þar eru sýndar myndir sem teknar eru með miklum aðdrætti undir skautuðu ljósi en þannig er hægt að sjá hvernig þórumyndunirnar í þessum efnum eru.

Eins og sést eru pórurarnar í sjávarmöl og muldu graníti mjög finar. Sjávarmöl samanstendur af ýmsum steintegundum með ólíka gleypni. Sú sjávarmöl sem sýnd er hér er með færri pórur en mulda granítið. Hluti af þórum í mulda granítinu er sennilega vegna mölunaraðferðarinnar. Í báðum tilvikum ganga pórurarnar/hárpíurnar djúpt inn í steinana á



Mynd 1: Myndræn framsetning á rakaástandi í fylliefnakorni



Mynd 2: Mismunandi fylliefni – mismikið blöðrótt

ólíkan hátt. Þar er rými til að ákveðið magn vatns geti sogast inn í pórurnar/hárpíurnar.

Til samanburðar er mulin steypa heldur holóttari að gerð og vatn getur sýnilega sogast inn í miklu magni. Þó er erfitt að ganga úr skugga um fleiri samhangandi djúpar hárpípur þar sem vatn getur sogast inn í meira magni en í venjulegum fylliefnum.

Mælingaraðferðir

Mæling á mettivatni skal vera með skírskotun til DS/EN 1097-6 og er ekki alveg eins á sandi og steini:

- Sandur: Við mælingu á mettivatni í sandi eru fin korn undir 0,063 mm fjarlægð með skolun, síðan er efnið mettað vatni og þar á eftir þurrkað þar til hægt er að mynda keilu úr sandinum, án þess að hún falli saman.
- Mól: Eins og með sand eru steinarnir skolaðir til að fjarlægja korn undir 4 mm, síðan eru þeir vatnsmettaðir og þar á eftir þurrkaðir með klæði þar til yfirborðið er þurrt en pórurnar fullar af vatni.

Síðan eru efnin þurrkuð í ofni við 110 °C til að ákvarða vatnsmagnið sem er uppsafnað í pórnum. Í töflu 1 eru sýnd mettivatnsgildi fyrir fylliefni í mismunandi umhverfisflokkum.

Breytingar í mettivatni

Mettivatnsgildið fyrir fylliefni kemur fram á vörulýsingu framleiðanda og er yfirleitt ekkert sem menn mæla sjálfir. Sjá dæmi um vörulýsingu í töflu 2, þar getur verið töluverður munur á mettivatnsgildi og í sýndum dæmum, þar eru gildin fyrir brotna mól á milli 1,8% og 2,8%.

Í heildina getur verið um töluvert vatnsmagn að ræða, allt að 10-15 kg af vatni í einum rúmmeter af steinsteypu, sem fræðilega séð, ef miðað er við ystu mörk, skilar marktækri breytingu í vinnanleika og steypustyrk.

Mælt er með að fylgst sé sérlega vel með ef vikmörkin fyrir mettivatn í fylliefnunum fara yfir $\pm 0,3\%$, sem eru algeng mörk í vörulýsingum. Slíkur mismunur getur valdið breytingum

á styrkleika upp á ca. ± 2 MPa ef vatnsmettunin er ekki leiðrétt meðan verið er að blanda steinsteypuna.

Samantekt

Mettivatn í fylliefnum fyrir steinsteypu er bundið ákveðnum sveiflum og því verður að fylgjast sérlega vel með ef þau sveigjumörk, sem söluaðili fylliefnisins gefur upp í vörulýsingu, fara yfir $\pm 0,3\%$ -stig. Hvað varðar mulda steinsteypu er mettivatnið yfirleitt mjög hátt, sem getur í reynd verið röng niðurstaða, og afleiðing af mælingaraðferðinni sem notast er við. Því er lagt til að tekin sé til greina ný mælingaraðferð, byggð á stöðugri vigtun undir háu hitastigi til að ákvarða raunhæft mettivatn. Einnig er hægt að íhuga hvort margfalda eigi þátt í mældum gildum á muldum steinsteypufylliefnum skv. mælingum með DS/EN 1097-6 til að ná fram raunhæfari mettivatnsgildum.

*Lasse Frølich Kristensen,
steypuráðgjafi hjá Aalborg Portland.
Greinin var fyrst birt í Dansk Beton í
nóvember 2019, nú þýdd af Aalborg
Portland Ísland*

Heimildir

[1] Beton-Bogen, 2. útgáfa, Aalborg Portland A/S, 1985

(sjá <https://www.aalborgportland.dk/vidensbase/beton-bogen/>).

(sjá <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1986/87-7944-781-3/pdf/87-7944-781-3.pdf>)

Umhverfi	Óáreiðið	Hóflega áreiðið	Áreiðið umhverfi	Mjög áreiðið
Sandur, 0-4 mm	0,6	-	0,3	0,3
Mól, 4-8 mm	3,0	2,0	1,0	0,2
Mól, 8-16 mm	3,0	2,0	1,0	0,2

Tafla 1: Hámarkgildi fyrir mettivatn miðað við umhverfisflokk

	Meðaltal	Lágmark	Hámark
Mettivatn, %	2,3	1,8	2,8

Tafla 2: Dæmi um upplýsingar um mettivatn í vörulýsingu fyrir 8/16 mól í steypu í óáreitnu umhverfi

METTIVATN Í STEYPU MEÐ ÍSLENSKUM FYLLIEFNUM

Í síðustu útgáfu af tímaritinu BETON sem gefið er út af Dansk Beton, fjallar Lasse Frølich frá Aalborg Portland um mettvatn í fylliefnum til steypugerðar. Greinin hefur verið þýdd af Aalborg Portland Ísland og er birt hér í Sigmáli.

Sérkennilegt við íslensk fylliefni er að mettvatnið er oftast þrisvar til fjórum sinnum hærra en þau gildi sem koma fram í greininni hans Lasse. Þegar steypa frostskeppist er það vegna spennu af völdum ísmyndunar í þórunum í fylliefninu og sementsefjunni. Því mætti ætla að steypa með íslenskum fylliefnum væri viðkvæmari fyrir frosti - en svo þarf ekki að vera.

Náttúruleg fylliefni í steinsteypu eru þórótt, vatnið sem geymist í þórunum nefnist mettvatn. Mettvatnið tekur ekki þátt í efnahvörfum sements og vatns, og því er mikilvægt að vita hvað mettvatnið er mikið.

Mettivatn er mælt samkvæmt ÍST EN 1097-6 Ákvörðun rúmpýngd og mettvatn í steypuefni. Staðallinn tók gildi 2013 og leysti af hólmi amerísku staðlana ASTM C 127 og ASTM C 128 sem eru frábrugðnir ÍST EN 1097-6 í nokkrum atriðum. Sérstaklega breytist mæling á mettvatni í sandi með tilkomu ÍST EN 1097-6 staðlinum, sem gerir ráð fyrir að þvo fínefnið út ($< 0,063$ mm) áður en mælt er. Til þess að geta mælt mettvatnið þarf að þurrka efnið eftir að það er komið í „mettað yfirboðsþurrt ástand“. Mölin (> 4 mm) er þurrkuð í handklæði og er mettvatnið síðan fundið með því að ofnþurrka mölina.

Sandurinn er talinn „mettað



Mynd 1: Mæling á mettvatni í sandi. Sandurinn er talinn „mettaður yfirboðsþurrt“ þegar rakinn er ekki lengur nægjanlegur til að halda keilunni saman og keilan „skríður“.

yfirboðsþurrt“ þegar rakinn er ekki lengur nægjanlegur til að halda efninu saman (sjá mynd 1).

Ætla má að munur sé á mettvatninu eftir því sem mælt er skv. „gamla“ ameríska staðalinum ASTM C 128 sem gerir ráð fyrir að sandurinn sé óþveginn fyrir prófun eða mældur skv. „nýja“ evrópska staðlinum ÍST EN 1097-6. Munurinn á mældu mettvatni eftir því hvaða aðferð er notuð getur verið töluverður og hefur áhrif á ákvörðun á vatns/sements-hlutfallið.

Mettivatn í íslenskum fylliefnum er oftast eitthvað hærra en í nágrannalöndum vegna annarrar bergmyndunar þar. Algengt er að mettvatnið í íslenskum steypuefnum sé á bilinu 3 til 5 %, en oftast er það um og undir 1 % t.d. á Norðurlöndunum. Í steypu með íslenskum fylliefnum er þess vegna 50 til 80 l/m³ mettvatn, en ekki nema um og undir 20 l vatn/m³ í steypu með erlendum fylliefnum. Of hátt mettvatn í fylliefnunum



Mynd 2: Frostskepping í steypu af völdum staks malarkorns með háu mettvatnsinnihaldi

getur valdið frostskeppingum (sjá mynd 2). Engar beinar kröfur eru um hámark mettvatns í fylliefnum, en oftast eru kröfur um að a.m.k. 80 % af fylliefnunum séu 1. flokks í steypu sem á að þola frost.

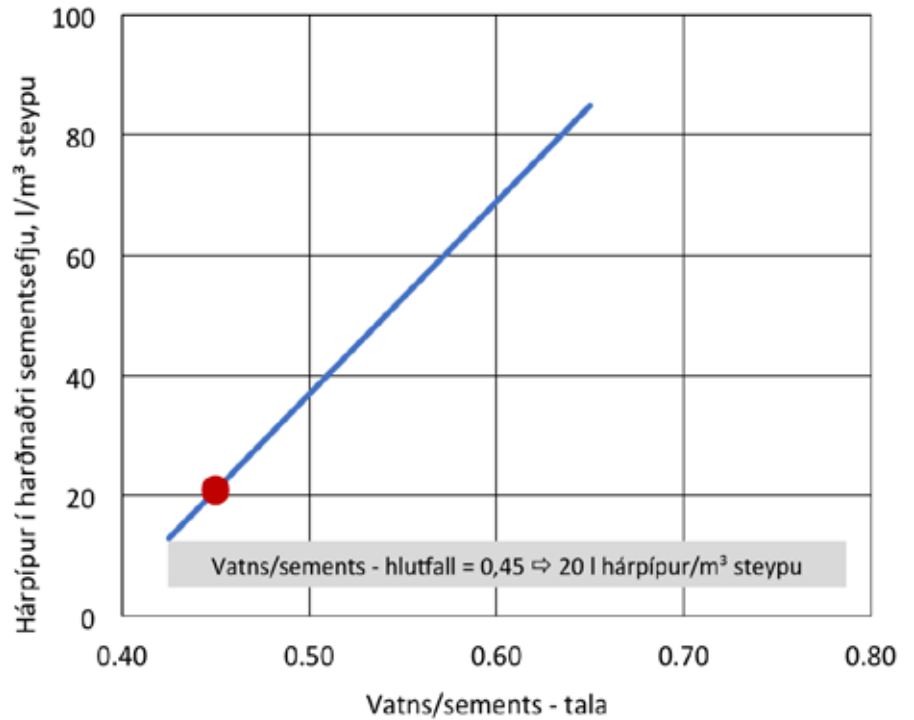
Auk þóra í fylliefninu sem geyma mettvatnið, myndast þórir (hárpípur) í bindiefninu sem eftir ytri aðstæðum geta verið meira eða minna vatnsfylltar og valdið frostskeppingum í steypunni. Krafa er um að vatns/sementshlutfallið eigi ekki að vera hærra en 0,45 ef steypa á að þola frost og það þýðir að þórirnar í harðnaðri sementsefju verða ekki hærri en 20 l/m³ steypu (sjá mynd 3).

Töluverður munur er á rúmmáli þóra í steypu með annars vegar íslenskum og hins vegar erlendum fylliefnum. Umfram þau 20 til 30 l/m³ steypu sem eru í sementsefjunni má reikna með 50 – 80 l/m³ mettvatni í steypu með íslenskum fylliefnum, en undir 20 l/m³ í steypu með erlendum

fylliefnum og má ætla að steypa með íslenskum fylliefnum sé viðkvæmari fyrir veðrun. Reynsla hefur þó sýnt að þrátt fyrir mikið mettvatn í steypu með íslenskum fylliefnum er hægt að uppfylla þær kröfur sem gerðar eru til veðrunarþolinnar steypu.

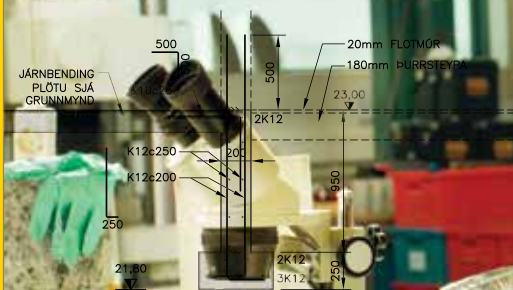
Forstå det hvem der kan.

*Karsten Iversen,
byggingartæknifræðingur*



Mynd 3: Hárpípur í sementsefju sem fall af vatns/sements hlutfalli. Krafa er um að í veðrunarþolinni steypu eigi v/s-hlutfallið ekki að vera meira en 0,45, sem þýðir að hárpípunar verða undir 20 l/m³ steypu.

Árangur í verki



Mannvit er þekkingarfyrirtæki á sviðum orku, iðnaðar og mannvirkja. Mannvit rekur stærstu einkareknu rannsóknarstofu landsins fyrir mannvirkjagerð, ásamt því að eiga færanlega rannsóknarstofu sem hægt er að setja upp tímabundið á verkstað. Sérfræðingar okkar framkvæma allar helstu prófanir, rannsóknir og greiningar ásamt aðstoð við framleiðslu- og framkvæmdaeftirlit.



MANNVIT

NOKKUR ATRIÐI UM ALHLIÐA STEYPUVÖRN

Við íslenskar aðstæður mæðir mikið á steinsteypu; á meðalári skiptist oft milli frosts og þíðu. Vatn og ísmyndun í holrýmum steypunnar valda líklega mestum skaða en steinsteypa í láréttum og lóðréttum flötum verður einnig fyrir efnaáverka af salti, olíum, tjöru, CO_2 og fl), sem tengist einkum vélknúinni umferð. Þegar steypa er hörðnuð og það vatn, sem ekki binst sementi steypunnar, er gufað upp verður eftir holrými í steypunni, einkum háræðar og örsprungur (microcracks). Steypuvörn miðar að því að lágmarka ís og vatns í holrými steypunnar og fyrirbyggja þannig vatns- og frostskemdir. Einnig hindrar góð steypuvörn ísog tærandi efna svo sem salts og einnig CO_2 frá útblæstri ökutækja, sem gætu valdið tæringu á steypustyrktarjárn.

Vatnið er helsti skaðvaldurinn

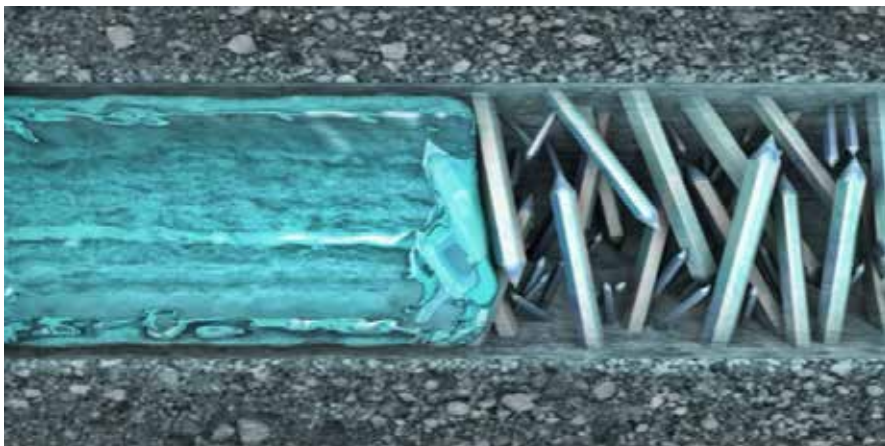
Ísog vatns í örsprungur og holrými steinsteypunar er meginástæða steypuskemmda. Frostskemdir orsakast af útpennslu vatns þegar að það frýs í örsprungunum og háræðum í steypunni en vatn eykst um 9% að rúmtaki þegar það kristallast í ís. Frostþenslur eru meginástæða veðrunar steinsteypu á norðlægum slóðum. Þegar sprungur myndast í steypu og kolsýra andrúmsloftsins hvarfast við yfirborð hennar breytist sýrustig yfirborðslagsins.

Steinsteypa þarf að vera sterk-basísk með pH gildi milli 11 og 13. Kolsýran myndar karbonat-sölt, í holrýmum steypunnar og sýrustig vatnsins breytist og getur orðið súrt (pH minna en 7). Ef pH steypunar er minna en 9 vegna stöðugar snertingar við kolsýrt vatn hefst ryðmyndun á steypustyrktarstáli, sem er alvarlegur áverki á steinsteypu mannvirki.

Þótt úrkoma sé meginuppruni rakaskemmda má ekki vanmeta þéttingu vatns úr andrúmslofti, sem er örðugt og oft ógerlegt að varast. Rakainnihald lofts er fall af hitastigi og því minna sem hitastig er lægra. Þannig inniheldur loft aðeins 4,9g/m³ við 0°C en 17,3 g/m³ við 20°C. Einn rúmmetri af 20°C heitu lofti, sem kælist í 0°C gefur þannig frá sér 12,4 ml af þéttivatni.

Þetta á sér stað þegar vatnsgufa þéttist á kaldri steinsteypu svo sem kjallaragólfum og sökkulveggjum þegar rakt og heitt loft leikur um yfirborð steypunnar. Þéttingin veldur ísogi vatns og leiðir til rakmyndunar, sem aftur getur leitt til sveppagróðurs, einkum ef steypa er í snertingu við timbur.

Eftir þessa einfölduðu upptalningu vatnsáverka á steinsteypu mætti halda fram að æskilegasta steypuvörnin væri vatnspétt en jafnframt opin fyrir vatnsgufu þannig að steypa geti þornað eðlilega. Þau efni, sem virðast helst nálgast þessa eiginleika eru kísilefni. Kísilefni á markaði eru fjöldamörg og af nokkrum megingerðum allt frá sílanefnum til kísilglers eða líþíumsílikats í vatnsupplausn. Mestu varðar við hvaða umhverfisþættiefnin eru þróuð og hve vel þau hafa staðist prófanir hlutlausra rannsakenda. Hér á eftir verður sagt frá kísil-steypuvörn, sem þróuð er í Noregi, en þess er helst að vænta að slíkt efni gætu hentað íslenskum umhverfisþáttum betur en mörg þeirra efna sem þróuð eru í heittempruðu loftslagi.



Kristöllun heftir vatnsleiðni...



...en hleypir vatnsgufu út

Controll® Innerseal, samsetning og virkni

Efnið er þróað af norska fyrirtækinu Betongtett í Bergen. Voru mörg afbrigði rannsökuð rækilega á löngum tíma áður en lokaútkoman var sett á markað.

Hugmyndin á bakvið Controll® Innerseal er að loka holrýmum steypunnar. Var því þróað sílíkat (gler) sem hvarfast við steypuna, kristallast og fyllir upp í holrými. Framleiðsluaðferðin byggir á háþróaðri síunartækni sem skilar sílíkötum af meðalkornastærð um 0,7 nanómetra (1 nm er einn billjónasti úr metra). Þessi einstaka síunaraðferð gerir Controll® Innerseal kleift að smjúga djúpt (1-1,5 cm) inn í steypuna og fylla í litlu holrúmin/örsprungurnar. Efnið binst við kalk í sementsefunni og myndar óuppleysanlegt gler og kristalla en þessi kristalmyndun kemur í veg fyrir

ísog vatns í holrýmin og lágmarkar þær skemmdir sem fylgja því.

Tæknilegir eiginleikar Controll® Innerseal gerir steinsteypunni mögulegt að losa raka í formi vatnsgufu og virkar þannig svipað og Gore-tex®. Þetta gerist vegna þess að stök vatnssameind í vatnsgufu (H₂O sameind er 0,278 nm að stærð) kemst í gegnum steypuna, en fljótandi vatn, sem myndar miklu stærri klasa vegna samloðunar, kemst ekki í gegn. Á meðan steinsteypunni er leyft að anda mun Controll® Innerseal þannig koma í veg fyrir að hún dragi í sig vatn, olíu og flest uppleyst sölt. Öndun steinsteypunar er lykilþáttur í að varðveita eiginleika hennar, sem skaðast ef yfirborði hennar er lokað með ógegndræpum þéttiefnum.

Controll® Innerseal hentar við margar mismunandi aðstæður þegar kemur að því að verja steypu.

Hvort sem það er sjónsteypa eða steypfir fletir undir miklu álagi eins og t.d. gólf í bílageymslum þar sem nagladekk eru notuð en efnið herðir steypuna töluvert. Dæmi um notkun eru bílastæðahús, kjúklingabú, skólphreinsistöðvar, neysluvatnsgeymar úr steinsteypu, sundlaugar, skólþbrunnar, vegbrýr ofl.

Notkun og vottanir

Controll® Innerseal er umhverfisvænt og inniheldur ekki mengandi efni. Einnig er efnið með vottanir eins og t.d. CE – Vottun, EN 1504-2 og System 2+ sem er gefin út fyrir tæki þegar óháður aðili tekur út framleiðsluferlið.

GSR ehf er umboðsaðili Controll® Innerseal hér á landi.

Gylfi Guðmundsson

STEYPUVÖRN

Margra ára reynsla um allan heim

Algjörlega umhverfisvænt

Norskt gæðaefni

Gæði og ending

CE Vottun

EN 1504-2

System 2+

ENDINGAGÓÐ LAUSN ...fyrir íslenskar aðstæður!

Suðurlandsbraut 32 - 108 Reykjavík - Sími: 660 2424 - www.gsr.is - gsr@gsr.is



ALKALÍVIRKNI VERÐUR VANDAMÁL Á ÍSLANDI

Þó svo að steinsteypa sé sterkt byggingarefni koma upp gallar í henni líkt og með önnur efni. Flestir vita það að timbur fúnar, málmar ryðga, máling flagnar og steypa springur. Oft getur verið talsvert erfitt að átta sig á því hvers vegna þessir hlutir eiga sér stað eða hver eru helstu örsök þeirra hverju sinni og er efnisfræði í byggingariðnaði vandmeðfarin og flókin grein. Helstu gallar sem geta komið upp í steinsteypu eru frostskemdir, rýrnunarsprungur, tæring í bendistáli, skemmdir vegna súlfats (brennisteinssambanda) og síðast en ekki síst skemmdir vegna alkálí-kísilefnahvarfa, oftast nefndar alkalískemmdir.

Alkalískemmdir eða alkálíþensla eins og það heitir verður til þegar nægilega mikið magn af vatni kemst að kísilhlaupi. Kísilhlaupið myndast þegar alkálíar úr sementinu og hvarfgjörn kísilsýra úr fylliefninu hvarfast. Þegar kísilhlaupið kemst í snertingu við vatn getur eitt af tvennu átt sér stað og það er að hlaupið getur þanist mikið út eða að takmörkuð þensla verður. Þetta fer eftir efnasamsetningu kísilhlaupsins. Þessi efnabreyting getur haft umtalsverð áhrif á eðliseiginleika steinsteypunnar og veikir hún m.a. styrkleika fylliefnakornanna. Hinsvegar ef kísilhlaupið hefur takmarkaða þenslu hefur styrkleikaminnkun fylliefnakornanna í steinsteypunni einu áhrifin sem sjá má í efnabreytingunni. Kemur þó einstaka sinnum fyrir að efnabreytingin hafi aukinn viðlódunarkraft milli steins og sementsefu í för með sér. Hin tegund kísilhlaups, sú sem er með ótakmarkaða þenslu gerir það hinsvegar að verkum að þensla á sér

stað í fylliefnakornunum sjálfum, inni í steinsteypunni og getur þá þrýstingur fylliefnakornanna á umlyggjandi sementsefu orðið meiri en togþol steypunnar sem veldur því að örfínar sprungur myndast.

Alkalívirk steinsteypa springur og eykur hættuna á öðrum skaðlegum áhrifum svo sem frostþensla, tæring á steypustyrktarjárn. Steypan verður því töluvert opnari fyrir öllum þessum kvillum sem fram komu hér áður og getur þetta leitt af sér keðjuverkun sem erfitt getur verið að eiga við. Alkalívirkni var stórt vandamál í byggingariðnaði á Íslandi á árunum 1960 til 1980. Fram til ársins 1940 voru alkálíefnabreytingar ekki þekktar og höfðu gallar í steinsteypu verið raktar til annarra áhrifavalda, þá helst frostþenslu.

Í Kaliforníu gat frostþensla ekki verið orsakavaldur skemmda í steinsteypu. Þar hófust rannsóknir á steinsteiptum brúarvirkjum. Það var Thomas E. Stanton sem taldi að þær orsökudust af völdum efnabreytinga

í fylliefnum steinsteypunnar og hófust rannsóknir á alkalívirkni steinsteypu í kjölfarið. Það sem þótti heldur undarlegt í þessum málum var að erlendis voru það eingöngu þau mannvirki sem voru í snertingu við vatn sem finna mátti alkalískemmdir en á Íslandi var það öfugt. Hér á landi voru nánast bara í íbúðarhúsum sem mátti finna skemmdirnar og var það ekki fyrr en síðar meir sem alkalískemmdir fundust í íbúðarhúsnæðum erlendis og þá í miklu minna mæli en á Íslandi. Annað sem þykir merkilegt í alkalímálum á Íslandi er að hér var hafin varnabarátta gegn alkalískemmdum 10 árum áður en skemmdirnar fundust sem er töluvert frábrugðið því sem gerðist í öðrum löndum. Erlendis var það algengast að skemmdirnar voru uppgötvaðar og leið svo oft langur tími áður en menn viðurkenndu eða jafnvel áttuðu sig á vandamálinu.

Fyrstu mælingar sem Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins gerði á alkálíþenslu og vitneskja um hátt



Mynd: Thelma Björk - Myndin tengist greininni ekki beint

alkalímagn í íslenska sementinu ýtti Haraldi Ásgeirssyni, sem þá var forstjórni Rannsóknarstofnunar byggingariðnaðarins, út í nánari athuganir á þeirri alvarlegu hættu sem alkalívirgkni getur haft í för með sér í steinsteyputum mannvirkjum hér á landi. Varpaði hann álitinu sínu m.a. í útvarpserindi árið 1966 og vakti það mikla athygli hjá almenningi. Megin ástæða þess að Íslendingar hafa verið byrjaðir að hefja varnaraðgerðir 10 árum áður en skemmdir komu í ljós voru rannsóknir Haralds Ásgeirssonar sem sýndu fram á það að ákveðin steypuefni innihéldu virk efni sem gætu valdið alkalíþenslu. Sementið frá Sementsverksmiðju ríkisins var með hátt alkalíinnihald og var fólk hvatt til þess að gæta varúðar þegar notast var við sement frá verksmiðjunni í vatnamannvirki. Þetta átti sér stað á árunum 1965-1970 en á þeim tíma var verið að íhuga ýmsar framkvæmdir á vatnamannvirkjum. Þetta gerði það að verkum að innflutningur hófst á erlendu lágalkalígjalli sem blandað var við íslenska sementsgjallið en þessa afurð átti að nota í Búrfellsvirkjun.

Iðnaðarráðherra skipaði sérstaka nefn í janúar 1967 til þess að fjalla um mögulegt vandamál sem varðaði hættu við alkalískemmdir á íslenskum húsum. Árið 1967 hóf þessi nefnd störf og var Haraldur Ásgeirsson formaður nefndarinnar. Nefnd þessi er enn starfandi í dag og heitir Steinsteypunefnd. Steinsteypunefnd gegnir mikilvægu hlutverki í formi rannsókna og upplýsinga sem gagnast bæði fræðimönnum og almenningi. Steinsteypunefnd er þó ekki bara með hugann við alkalívirgkni heldur hefur hún gefið út ótal skýrslur og greinar sem flest eru aðgengileg hverjum sem er á veraldarvefnum. Þar getur hver sem áhuga hefur á

steinsteypu eða efnistækni hennar sótt sér upplýsingar um ýmis fræði sem tengjast þessum málaflokki.

Líkt og áður hefur komið fram var talið að líkur á alkalískemmdum á steinsteypu væru litlar sem engar í íbúðarhúsum og voru því miður litlar sem engar varúðarráðstafanir gerðar við steinsteypu sem átti að nota í þessum tilgangi. Í rannsókninni sem Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins gerði voru niðurstöðurnar þær að ekki væri þörf á því að flytja inn lágalkalísement til bygginga vatnsmannvirkja ef notast væri við possólanefna sementið, sem framleitt var hjá Sementsverksmiðju ríkisins. Þá var helst talað um líparítið sem fengið var úr Hvalfirði en það hefur possólan eiginleika. Menn töldu að ef framleitt væri possólantsement þá væri hætt á alkalískemmdum lítil sem engin eða allavega nægilega lítil til þess að ekki þyrfti að gera frekari ráðstafanir. Á þessum tíma sýndu bæði íslenskar og erlendar rannsóknir fram á það að ekki væri nauðsynlegt að notast við sérsement líkt og þetta í steinsteypu sem notuð yrði við byggingu á íbúðarhúsnæði þar sem þau mannvirki væru ekki talin vera í neinni sérstakri hættu. Engu að síður benti Rannsóknarstofa byggingariðnaðarins áfram á að fólk skyldi vera á verði og þá helst á suður- og suðvesturhluta landsins þar sem þar væru frábrugðin veðurskilyrði og ekki jafn góð og á öðrum landshlutum.

Virka steypuefnið, líparítið úr Hvalfirðinum var fyrst notað árið 1960. Efnið var kallað björgunarefni en ástæða þess var að fyrirtækið sem vann við að dæla efninu upp hét Björgun og var þá nafn efnisins dregið af því. Efnið var laust við óhreinindi og var það helsta ástæðan og kosturinn við notkun þess en einnig var það fremur

ódýrt. Líkt og áður hefur komið fram var ekki talin nein sérstaklega mikil áhætta á því að nota þetta efni þó svo að Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins hvatti til varkárni við að nota þetta efni og voru ekki sett lög né reglur sem takmörkuðu notkun þess þar sem um var að ræða í flestum tilfellum íbúðarhús. Seinna var sett bann á notkun efnisins en tók þá fyrirtækið Björgun, sem sá um að dæla efnunum, upp á að dæla á öðrum stað út af Kjalarnesi en það efni hafði töluvert minni alkalívirgkni en fyrra efnið sem áður var notað.

Rannsókn var gerð á útbreiðslu steypuskemmda með áherslu á að skoða hversu algengar alkalískemmdir voru í húsum í Reykjavík á árunum 1977-1978. Í rannsókninni var niðurstaðan sú að alkalívirgkni í steinsteypum húsum væri alvarlegt vandamál í Reykjavík og að ekki væri minna en 10% húsa sem byggð voru á árunum 1968-1972, voru með miklar alkalískemmdir. Í dag eru alkalískemmdir ekki lengur vandamál á Íslandi. Eftir þrotlausar rannsóknir og prófanir hafa vísindamenn okkar fundið leiðir til þess að sniðganga alkalískemmdir að mestu leiti.

Aron Leví Beck, borgarfulltrúi og byggingafræðingur



SKUGGARÁKIR Á YFIRBORÐI STEINSTEYPU GREINING MEÐ REIKNILEGRI STRAUMFRÆÐI



Mynd 1: Ofurtölvun Garpur (ihpc.is)

Á undanförnum árum hefur Rannsóknastofa byggingar-iðnaðarins (Rb) við Nýsköpunarmiðstöð Íslands í auknum mæli stundað flóknar straumfræðilegar rannsóknir með hjálp reiknilegrar straumfræði (e. computational fluid dynamics). Eitt af verkefnum Rb á þessu sviði hefur verið að þróa leysi (e. solver) sem getur hermt eftir niðurlögn ferskrar steinsteypu í steypumót og tekið tillit til mögulegs aðskilnaðar í henni. Nánari upplýsingar um þennan leysi má lesa um í Sigmáli frá árinu 2019 [1]. Umrætt verkefni var styrkt af Rannsóknasjóði Rannís [2] og hefur þessi liður verkefnisins nú verið kláraður. Uppsetning tölulegra reikninga fyrir ferska steinsteypu (e. viscoplastic material) er afar flókið eðlisfræðilegt viðfangsefni og er vísindasamfélagið enn að vinna að þróun og endurbótum á þeirri flotfræði- og reiknilegu aðferð sem

á að líkja eftir viðfangsefninu. Þetta á sérstaklega við þegar hreyfing grófra fylliefna eru tekin með í reikninginn, þar sem þau geta haft möguleika á að mynda misleitt ástand (andstætt einsleitu ástandi) fyrir sakir aðskilnaðar í efninu. Notast er við líkanið OpenFOAM [3] og hefur Rb sett upp það forrit á ofurtölvunni Garpi í Háskóla Íslands (sjá mynd 1), þar sem umfangsmestu reikningar verkefnisins hafa verið framkvæmdir. Þess ber að geta að Garpur er á næstunni að fara í gegnum uppfærslu og stækkun sem er fjármögnuð með styrk frá Innviðasjóði Rannís, Háskóla Íslands, Háskólanum í Reykjavík og Nýsköpunarmiðstöð Íslands.

Góð steinsteypa hefur marga kosti sem byggingarefni, en þrátt fyrir þessa kosti geta steypuskemmdir komið fram. Ein aðalorsök steypuskemmda er aðskilnaður við niðurlögn eins og sýnd er á mynd 2. Merki um aðskilnað eru oft augljós þegar steypumótin eru fjarlægð,

en þá er stundum hægt að sjá að grófkorna fylliefni hafa safnast fyrir á botninum í steypumótum. Stundum geta skemmdirnar verið mun minni og jafnvel aðeins yfirborðslegar, þ.e. sjónskemmd, nokkuð sem getur verið afar óheppilegt ef um sjónsteypu er að ræða. Ein tegund slíkra sjónskemmda er það sem kallast á ensku „reinforcement shadows“ eða „ghosting“, en íslenska þýðingin á slíku fyrirbæri gæti verið steypuskuggi eða skuggarákir og er dæmi um slíkt sýnt á mynd 3. Steypuskuggar koma fram á yfirborði steinsteypu sem dökkleitar rákir, yfirleitt staðsettar á sama svæði og bendistálið [5]. Rákirnar geta verið af margvíslegum gerðum og að baki myndun þeirra liggja mismunandi ástæður [4,5]. Skuggarákir sem hér um ræðir er afleiðing aðskilnaðar í steinsteypunni, og þá sérstaklega vegna skerhraðamismunar, nokkuð sem leiðir til þess að efuhlutfallið getur breyst í kringum bendistálið í bendingunni. En auk þessa, getur venjulegur aðskilnaður



Mynd 2: Dæmi um aðskilnað í steypu [1]

vegna þyngdarhröðunar haft áhrif á efjuhlutfallið kringum bendistálið. Stundum eru rákinnar ekki sýnilegar fyrr en yfirborð steypunnar er vætt með vatni, þar sem litamismunur kemur fram vegna mismunandi gleypnihraða vökva á yfirborðinu [5].

Þar sem myndun skuggaráka (mynd 3) er afleiðing ákveðinnar tegundar af aðskilnaði steinsteypu, þá var áhugi fyrir því að skoða möguleika á ofangreindum leysi til að herma eftir slíku við niðurlögn í stórum vegg. Lengd veggjarins sem hér um ræðir er 10 m, hæðin er 3.4 m og þykkt um 30 cm. Hér var nauðsynlegt að bæta inn járnabindingu eins og sýnt er á mynd 4. Að framan er tvöföld járnabinding með steypuhulu upp á 34 mm, en í hliðarvegg er einföld járnabinding staðsett í miðjum vegg. Þvermál bendistálsins er 12 mm og er möskvastærð bindingar 250x250 mm, bæði í framvegg og í hliðarvegg. Steypunni er dælt inn í mótið og vídd inntaksins er í kringum 20 cm, og er flæðihraði slíkur að það tekur tæplega 80 s að fylla mótið. Tvö tilfelli eru skoðuð, annarsvegar þegar dælt er í mótið að neðanverðu, þ.e. í 34 cm hæð (sjá ör í mynd 5) og hinsvegar þegar dælt er ofarlega í mótið, með fallhæðina 2.1 m (sjá ör í mynd 6). Fjöldi reiknisella eru tæplega 1.800.000, en í síðasta tölublaði Sigmáls [1] var sama mótið notað, en þá án bendistáls og var fjöldi reiknisella aðeins um

420.000. Allir reikningar voru gerðir á ofurtölvunni Garpi (sjá mynd 1).

Eins og útskýrt hefur verið í [1,6], þá eru til staðar þrír mismunandi grunnfasar í ofangreindu líkaninu, þar sem andrúmsloftið er eitt þeirra. Steinsteypunni skipt í múrblöndu annarsvegar og gróf fylliefni hinsvegar, sem eru þá annar og þriðji grunnfasi líkansins (sjá mynd 3 í [1]). Hlutfallslegt rúmmál múrblöndu er táknað með α_c , gróf fylliefni með α_d og fersk steinsteypa með α_1 (þannig að $\alpha_1 = \alpha_c + \alpha_d$). Breyting á $\alpha_d = \alpha_d(x,y,z,t)$ sem fall af rúm og tíma lýsir þá magn og hreyfingu grófra fylliefni.

Mynd 5 sýnir dæmi um niðurstöður tilraunareikninga sem gilda annarsvegar 20 s eftir að steypudæling í mótið er hafin (mynd 5a) og hinsvegar við 40 s (mynd 5b). Eins og áður hefur verið nefnt, þá er steypunni dælt í mótið að neðanverðu. Mynd 6 sýnir það sama og mynd 5, nema þar er steypunni dælt ofan í mótið með 2.1 m fallhæð.

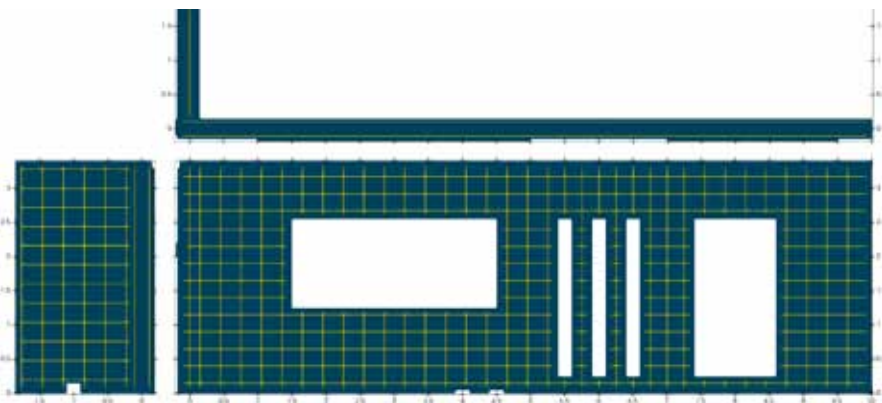
Niðurstaðan sem er sýnd á myndum 5 og 6 sýnir dreifingu grófu fylliefnanna $\alpha_d = \alpha_d(x,y,z,t)$ alveg við yfirborð steypunnar. Gróf fylliefni eru hér skilgreind sem

efniskorn sem ekki smjúga í gegnum 11 mm möskvasigti (þ.e. 11/16 mm). Í myndum 5b og 6b er þessi dreifing sýnd að framanverðu við yfirborð útiveggs á meðan í myndum 5a og 6a sést dreifingin bæði að innanverðu (þ.e. alveg við yfirborð innveggs) og einnig við botn steypumótsins.

Lárétti litrófsskalinn, sem er sýndur á báðum myndum 5 og 6, lýsir dreifingu grófu fylliefnanna frá $\alpha_d = 0$ (blár litur) til $\alpha_d = 0.3$ (dökkrauði liturinn), þar sem hið síðarnefnda gildi þýðir að 30% af hlutfalli rúmmálsins eru gróf fylliefni. Í þessum tilteknu reikningum táknar gildið 0.2 (við þetta hlutfall) aðstæður sem eru óraskaðar af aðskilnaði, en þetta gildi er háð þeirri steinsteypublöndu sem verið er að herma í leysinum. Hámark leyfilegs magns af fylliefnum er í þessu tilfelli 0.4 sem táknar steypuhreiður, en þetta gildi er einnig háð steypublöndunni og enn fremur holrýmd grófu fylliefnanna (11/16 mm). Athuga ber að þetta hámarksgildi næst sumstaðar í reikningunum. Blái liturinn (í steypunni) sýnir að 0% af hlutfalli rúmmáls (þ.e. skortur á grófu fylliefni), sem þýðir að aðskilnaður er til staðar. Blár litur fyrir utan (ofan við) steypuna táknar andrúmsloftið.



Mynd 3:
Dæmi um myndun steypuskugga [4]



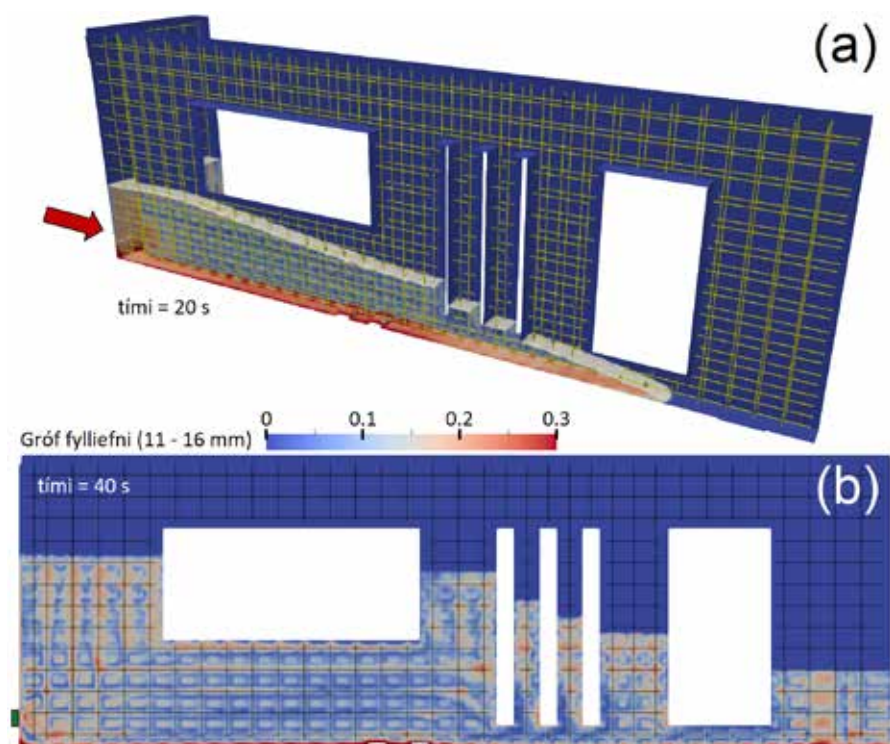
Mynd 4: Möskvanet steypumóts með járnabindingum ásamt máli (í metrum) fyrir tiltekinn vegg

Eins og áður hefur verið nefnt þá sýna myndir 5b og 6b dreifingu grófra fylliefna alveg við yfirborð útiveggs. Einnig er staðsetning bendistáls sýnd, sem er þá staðsett 34 mm innar inn í vegg. Hið háa magn fylliefna við botn mótsins (dökkrauði liturinn) er afleiðing þess að frekar óstöðug steypa er notuð í reikningunum. Nánar tiltekið, þá er aðskilnaður bæði vegna þyngdarhröðunar og svo einnig vegna skerhraðamismunar. Hið síðarnefnda er kallað á ensku „shear rate induced particle migration“ og er oft lýst með eftirfarandi jöfnu [6,7,8,9]

$$V_s^{SR} = -k\nabla\dot{\gamma}$$

þar sem V_s^{SR} er aðskilnaðarhraði (e. settling speed), k er aðskilnaðarstuðul (e. migration coefficient) og $\dot{\gamma}$ er skerhraðinn (e. shear rate). Athuga ber að stefna aðskilnaðarhraðans V_s^{SR} er ekki í neina ákveðna átt, ólík aðskilnaðar vegna þyngdarhröðunar [6] (e. settling by gravity) sem stefnir alltaf niður á við. Samkvæmt þessu reiknifyrirkomulagi er aðskilnaðarhraðinn engan veginn föst stærð, heldur mjög breytilegur háður tíma, ástandi og flæðihraða steypunnar [1,6].

Eins og myndir 5 og 6 sýna, þá hefur járnabindingin mikil áhrif á kornadreifingu fylliefna við yfirborð steypunnar, nokkuð sem gæti auðveldlega leitt til skuggaráka í endanlegri útkomu steypuvirkisins. Á sumum stöðum er þessi yfirborðspéttleiki hærri við bendistálið, en á öðrum stöðum er þéttleikinn minni, nokkuð sem er afleiðing átaka milli ofangreindra tveggja aðskilnaðartegunda (þ.e. vegna þyngdarhröðunar og skerhraðamismunar). Þegar bornar eru saman myndir 5b og 6b, þá



Mynd 5: Niðurstöður reikninga þegar steypunni er dælt í mótið að neðanverðu á augnablikinu $t = 20$ s (efri mynd) og 40 s (neðri mynd) eftir að byrjað er að að dæla

er greinilegur mismunur á milli þess þegar dælt er að neðanverðu og þegar dælt er ofarlega í mótið. Fyrir hið fyrra tilfelli (mynd 5b), þá eru þéttleikarákir til staðar við flæðiiinntak, sem eru svo til ekki til staðar fyrir hið seinna tilfelli (mynd 6b). Fyrir bæði tilfellin eru greinileg þéttleikarákir til staðar bæði við og fyrir neðan glugga og hurð.

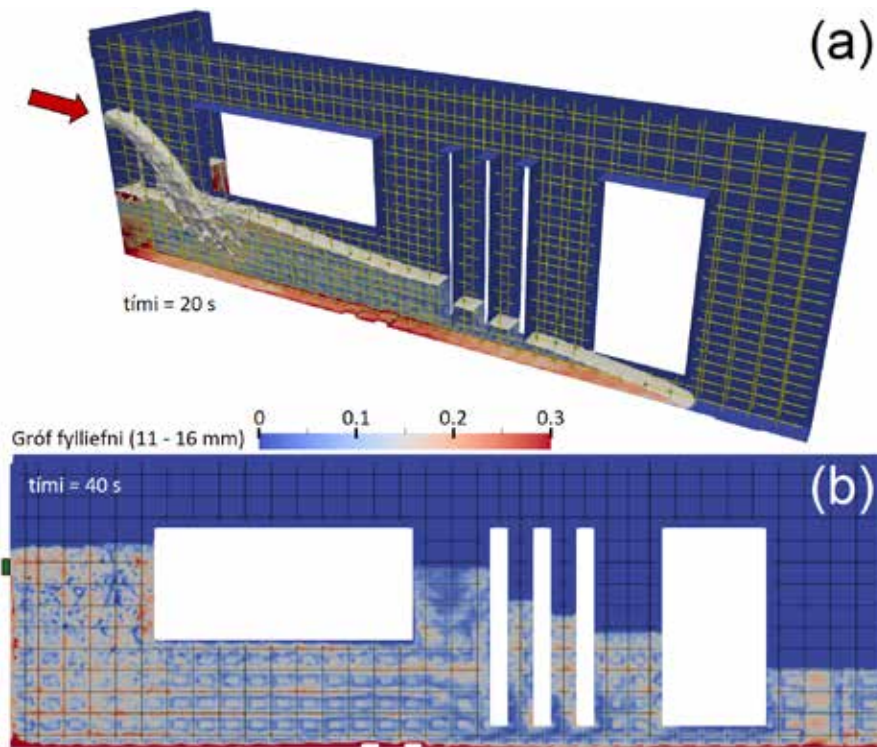
Eins og sést á mynd 4, þá samanstendur mótið einnig af ákveðnum hliðarvegg sem stefnir inn í byggingu og hefur einfalda járnabindingu til miðju. Í hvorugt tilfella, mynd 5 eða 6, voru þéttleikarákir til staðar í þessum hluta mótsins, en hinsvegar var venjulegur aðskilnaður greinilegur.

Niðurstaða reikningana er að þéttleikarákir (og þar með hugsanlegar skuggarákir) þurfa ekki að vera til staðar við allt yfirborð steypuvirkis, þar sem slíkt er háð staðsetningu flæðiiinntaks

og staðsetningu bendistáls. Til að athuga áhrif stöðuleika steypu á myndun þéttleikaráka, þá er stefnt að því að endurtaka ofangreinda reikninga, með stöðuga steypu og láta aðeins skerhraðamismun mynda hugsanlegar rákir. En slíkur aðskilnaður er alltaf til staðar (mismikill þó), óháð hvort steypan er stöðug eða ekki.

Jón Elvar Wallevik,
Björn Hjartarson

Rannsóknastofa byggingariðnaðarins,
Nýsköpunarmiðstöð Íslands



Mynd 6: Niðurstöður reikninga þegar dæling steypu á sér stað frá ofanverðum hluta mótsins á augnablikinu $t = 20$ s (efri mynd) og 40 s (neðri mynd) eftir dæling hófst.

Heimildir:

- [1] J.E. Wallevik, Reiknilegt spálíkan fyrir niðurlögn og aðskilnað steypu, Sigmál, 1. tbl., 32 árgangur, 2019.
- [2] Verkefni styrkt af Rannsóknasjóði Rannís - RANNIS - styrktarnúmer 163382-05.
- [3] H.G. Weller, G. Tabor, H. Jasak, C. Fureby, A tensorial approach to computational continuum mechanics using object-oriented techniques, Comput. Phys. 12 (1998) 620-631.
- [4] <http://www.concrete.org.uk/fingertips-nuggets.asp?cmd=display&id=1022>
- [5] <http://primpclub.com/2018/03/19/ghosting-a-unique-problem-for-concrete-flooring/>
- [6] J.E. Wallevik, W. Mansour, O.H. Wallevik, Computational Segregation Analysis During Casting of SCC. In: Mechtcherine V., Khayat K., Secieru E. (eds) Rheology and Processing of Construction Materials. RheoCon 2019, SCC 2019. RILEM Bookseries, vol 23. Springer, Cham, 2020.
- [7] H.A. Barnes, J.F. Hutton, K. Walters, An Introduction to Rheology, Elsevier Science, Amsterdam, 1989.
- [8] J.E. Wallevik, Rheology of Particle Suspensions - Fresh Concrete, Mortar and Cement Paste with Various Types of Lignosulfonates, Ph.D. thesis, Department of Structural Engineering, The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, 2003, <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/236410>
- [9] J. Spangenberg, N. Roussel, J.H. Hattel, H. Stang, J. Skocek, M.R. Geiker, Flow induced particle migration in fresh concrete: Theoretical frame, numerical simulations and experimental results on model fluids, Cem. Concr. Res. 42 (2012) 633-641.



ÞEKKING Í VERKÍ

VERKÍS er öflugt og framsækið ráðgjafarfyrtæki sem býður fyrsta flokks þjónustu á öllum sviðum verkfræði.

Reynsla og þekking skilar sér til viðskiptavina í traustri og faglegri ráðgjöf og fjölbreyttum lausnum.

HÖFUÐSTÖÐVAR VERKÍS Ofanleiti 2, 103 Reykjavík | sími 422 8000 | verkis.is



ANHÝDRÍT GÓLFÍLÖGN

ÍLÖGN SEM STEINLIGGUR



Steypustöðin býður uppá anhýdrít í flotlausnum. Dælanlegt gífsbundið gólfílagnamefni með frábæra hitaleiðni og góða flæðieiginleika. Hægt er að nálgast frekari upplýsingar á steypustodin.is og anhysdrit.is

Malarhöfða 10 • 110 Reykjavík • s: 4 400 400 • steypustodin@steypustodin.is • www.steypustodin.is



STEYPUSTÖÐIN

ANHÝDRÍT

UMHVERFISVÆNT ÍLAGNAREFNI MEÐ MINNA KOLEFNISSPOR

Anhýdrít ílagnaefni

Anhýdrít- eða gífsbundið gólfílagnaefni hefur verið mikið notað innanhúss síðustu áratugina víða í Evrópu og reynst mjög vel, þökk sé margvíslegum tæknilegum kostum þess en á Íslandi eru í dag ennþá töluverðir fordómar fyrir efniinu. Oft er sagt þetta efni sé ekki nægilega gott vegna þess að styrkur þess er ekki nægur eða að efnið sé mjög viðkvæmt fyrir vatni. Hér verður rætt um hvað anhýdrít-ílagnaefni eru og hverjir eiginleikar þess eru.

Hvað er anhýdrít?

Gífs er bindiefni fyrir anhýdrít-gólfílagnaefni. Gífs hefur efnaformúluna CaSO_4 sem hvarfast síðan við vatn. Þegar kalsíumsúlfat kemst í snerting við vatn myndast kristallar, $\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sem er svo kallað gífssteinn.

Uppruni gífs getur verið náttúrulegt eða gerfigífs. Gerfigífs myndast við hreinsun útblásturs orkuvera sem nota olíu eða kol. Útblásturinn inniheldur brennistein (SO_2 eða SO_3) sem veldur súrri rigningu. Síðan 1983 er skilyrði að hreinsa brennistein úr útblástrum orkuvera og við þessa hreinsun falla til, bara í Þýskalandi, 7 milljón tonn af gerfigífsi á ári. Í stað þess að farga efniinu er það notað í byggingarefni meðal annars sem bindiefni fyrir ílagnaefni. Kolefnisspor anhýdrít er mjög lítið í samanburði við sement, þess vegna er gífsbundið gólfílagnaefni vistvænt valkostur á móti sementsbundnu ílagnaefni.

Eiginleikar

Hefðbundin gólfílögn sem inniheldur sement skreppur saman þegar hún harðnir. Rýrnun getur

verið upp í 8 mm per lengdarmeter. Sprungumyndun er algeng í sementsbundnum gólfílögnum og þarf þess vegna að hanna þennslufúgur með tilliti til þessara formbreytinga. Anhýdrítbundin gólfílögn sýna þessar formbreytingar ekki. Þar með eru þennslufúgur óþarfar nema í gólf sem verður með gólfhitakerfi. Oftast er anhýdrítgólfílagnaefni framleitt á staðnum í sérhönnuðum vögnum með blöndunartæki og dælur. Þar með er efnið alltaf ferskt og nánast ekkert efni fer til spillis. Efnið hefur mjög góða flæðieiginleikar, fyllir öll holrými við hitalögn og er lagt niður með sladdara. Fyrstu 48 klukkutímana á ílögnin ekki að þorna of hratt en þó þarf ekki að halda ílögn rakri eins og þegar sementsbundin efni eru notuð. Eftir þann tíma er ráðlegt að vera



með góða loftræstingu. Til að flýta fyrir útpornun og auka viðloðun við parkett- eða flísalím á að slípa yfirborð létt með viðeigandi vél. Þrýstistyrkur, beygjutogþol og útpornun eru háð efnisvali og samsetningu ílagar. Á markaði eru anhýdrítílagningar til með þrýstistyrk frá >6 MPa og upp í 30 MPa.

Gífsbundið gólfílagnaefni í rými þar sem raki er mikill?

Almennt er efnið notað í herbergjum sem eru með eðlilegt rakastig á milli 30 og 55%. En er hægt að nota þetta efni líka í votrými? Þegar anhýdrítílagnaefni er búið til með þétu fylliefni sem er með lágt mettvatn (<0,6%) þá dregur efnið mun minni raka í sig þegar það kemur í snerting við vatn. Efnið þolir vatnsálag í stuttan tíma en má ekki vera ávallt í snertingu við vatn. Ef gert er ráð fyrir því að vatn

renni oft eftir gólfinu þarf að vernda ílögn fyrir raka með því að nota viðeigandi þéttiefni. Á heimasíðu www.anhydrit.is eru upplýsingar um notkun anhýdrítílagnaefna í votrými. Myglusveppir er áhyggjuefni í dag og oft er mygla tengd við gífs. Mygla getur myndast við gífsveggi af því að pappír á gífsplötum er næring fyrir myglusveppi. Hreint gífs inniheldur ekkert sem mygla getur vaxið á og þar með er óhætt að nota anhýdrítílagnaefni þar sem rakastig er hátt.

Gólfhiti

Anhýdrítílagnaefni hentar mjög vel í gólf með gólfhita, flæðieiginleiki efnisins tryggir það að efnið hylur hitalagnir vel. Varmaleiðnistuðull er $\lambda = 1,2 W/(m \cdot K)$ og þar með leiðir efnið hita mjög vel til yfirborðs og gerir hitakerfi skilvirkt. Mikla áherslu þarf að leggja á val einangrunar undir ílögn, hún þarf að vera nægilega

stíf og þarf að uppfylla kröfur um hljóðvist. Þegar gólf er hitað upp þenst það út og til að koma í veg fyrir spennuþyngun í gólfinu þarf að setja þenslufúgur meðal annars við vegg til þess að gólfð geti í raun hreyft sig frjálst.

Kai Westphal, Steypustöðin

STARFSEMI STEINSTEYPUFÉLAGSINS 2018-2019

Stjórn Steinsteypufélags Íslands setti sér markmið í upphafi starfsárs að vinna með markvissari hætti að því að auka veg steinsteypunnar í íslensku samfélagi. Stefnt var að því að halda fundi um einstök málefni tengd steinsteypu og fara í heimsóknir í fyrirtæki, auk þess að halda árlegan Steinsteypudag og gefa út fréttabréf.

Þann 13. nóvember 2018 buðu Steinsteypufélagið og Mannvit upp á málstofu um sementsfestun í vegagerð. Karsten Iversen, Þorbjörg Sævarsdóttir og John Skalhøj héldu erindi á fundinum, mæting var nokkuð góð og líflegar umræður í kjölfar fyrirlestra.

Að venju var settur mikill kraftur í skipulagningu hins árlega Steinsteypudags. Hann var haldinn

með hefðbundnu sniði þann 15. febrúar 2019 á Grand Hótel. Mæting var góð og alls 14 erindi flutt um hinar fjölmörgu hliðar steinsteypunnar. Þar voru einnig veitt Steinsteypuverðlaunin 2019 og var það Bláa Lónið Retreat sem hlaut þau. Var það samdóma álit þeirra sem að deginum komu að hann hafi verið almennt vel heppnaður, skemmtilegur og fullur af fróðleik að venju.

Samhliða Steinsteypudeginum var gefið út hið árlega fréttabréf Steinsteypufélags Íslands, Sigmál, og var ritstjórn félagsins einnig dugleg að uppfæra heimasíðu félagsins og facebook síðu.

Aðalfundur Steinsteypufélagsins var haldinn þann 9. maí 2019 á skrifstofu Mannvits, Urðahvarfi 6. Mikael Svend

Sigursteinsson gekk úr stjórn en áfram sátu Guðbjartur Jón Einarsson, Kai Westphal og Karsten Iversen. Nýr kom inn Halldór Haukur Sigurðsson og Ingunn Loftsdóttir var endurkjörin. Að auki var kosinn varamaður sem situr fundi og tekur þátt í starfi stjórnar, Lárus Helgi Lárusson. Erla Margrét Gunnarsdóttir hefur gengt starfi framkvæmdastjóra starfsárið 2018-2019.

Við þökkum kærlega fyrir samfylgdina og stefnum ótrauð áfram. Á dagskrá starfsárs 2019-2020 eru fleiri fundir, heimsóknir í fyrirtæki, steinsteypudagur auk þess sem stjórnin mun leggja aukna áherslu á menntun og fræðslu um steinsteypu.

*Ingunn Loftsdóttir,
verkfræðingur*

FEHMARNBELT FIXED LINK

CURRENT STATUS AND MAJOR CHALLENGES TO CONCRETE DURABILITY

Abstract

The Fehmarnbelt Fixed Link project is one of the largest infrastructure projects in Europe. An 18km broad crossing between Denmark and Germany served by ferries shall be connected with a tunnel. Construction is scheduled to start in 2020 and to be finalised in 2028. This paper presents the current status, some initial results of durability testing and discusses the strategy for a service life of 120 years.

Current status

The State Treaty between Denmark and Germany was signed in 2008. The Danish Minister for Transport then commissioned Femern A/S with the task of planning, constructing and operating a self-financed fixed link for road and rail traffic across the Fehmarnbelt between Germany and Denmark. The vision is that by establishing a fixed link between Scandinavia and the rest of Europe, a foundation will be created for free movement that will provide a sustainable, positive development for people and society in establishing new growth opportunities in the Scandinavian and Northern European region.

The link will be financed by loans guaranteed by the Danish State to be re-paid by user fees, plus EU-grants. During the project design phase, several technical solutions were investigated such as a cable stayed bridge, a suspension bridge and a bored tunnel, but after careful consideration it was recommended that the link should be constructed as an immersed tunnel.

On the Danish side, the approval was granted in 2015 through the Construction Act. (The link is designed with two motorway lanes each way + two electrified rail tracks with a capacity according to the traffic forecast. Proactive maintenance will be implemented during operation to ensure operations after expiration of the technical design life of 120 years of original design. The Tunnel will consist of 79 standard elements and 10 special two-storey elements, all pre-fabricated on shore on the Lolland side.

The financial analysis was updated in 2016 and comprises a project budget of 52.6 billion Danish kroner with a repayment period of 36 years. The same year the conditional contracts for the civil works were signed with the joint venture FLC for the Tunnel North, Tunnel South and the Portal and Ramps & Landworks contracts as well as with the joint venture FBC for the Dredging and Reclamation contract.

Advanced activities have been going on at the Lolland construction site to prepare for the construction phase, including e.g. upgrading of the road network, installation of utilities and re-arrangement of land drainage.

The German Regulatory Approval was received in the beginning of 2019. The decision was then appealed to the higher administrative court in Leipzig, where the final approval is expected to be granted in the second half of 2020.

Concrete strategy

Early in the planning phase, Femern A/S appointed an Expert Group charged with the obligation of preparing Femern A/S requirements to concrete according to the agreed strategy and then to use these requirements for the tender documents. The strategy has been used when general discussions occurred during the development of the requirements and will later be used in case of the contractors' request for changes or in case of non-conformities.

Femern A/S has prepared the concrete requirements to materials and execution with the aim to ensure a service life of 120 years using well-known technology. The 120 years must be ensured in a marine environment with frost action in the winter season.

Femern A/S has defined a framework of requirements which will result in the desired service life and which will ensure solutions within known technology.

For easier reference, the requirements are based on the framework of EN 206 and EN 13670 with sub standards for constituents and test standards. The amount of clarifications and amendments are of course massive, as for example EN 206 is only securing a service life of 50 years.

Field exposure site

Femern A/S contracted in 2010 the Laboratory at the Danish Technological Institute as their

house laboratory for among others the following tasks:

- Perform a comprehensive pretesting of different concrete mixes
- Arrange a field exposure site in Rødbyhavn – close to the Fehmarnbelt.

with the aim to serve the following purposes:

- Collecting fresh, hardening and hardened concrete properties from various concrete compositions in order to have an input to the enquiry documents. For example the resistance against chloride ingress in concrete of age: 28 days, ½ year, 2, 5 and eventually, 10 years old.
- Expose large test-panels from the Contractors' pretesting in an environment identical to the environment for the coming Fixed Link
- A field exposure site will make it possible to store the Contractors' full scale trials in a secure and permanent way so that the development of the durability can be monitored. It will then be possible to conclude whether or not the actual used mix design follows the anticipated development from the pre-contract award trials.
- The Field Exposure Site will give an opportunity to collect data for future projects and serve as a platform for research activities for Universities and Institutes.

The Field Exposure Site could only give 3-4 years results before the procurement of the Fehmarnbelt Fixed Link was started. The Expert group therefore also collected data from the construction of the two other major infrastructure projects (The Great Belt fixed link – completed in 1998, and the Øresund fixed link – completed in 2000). The

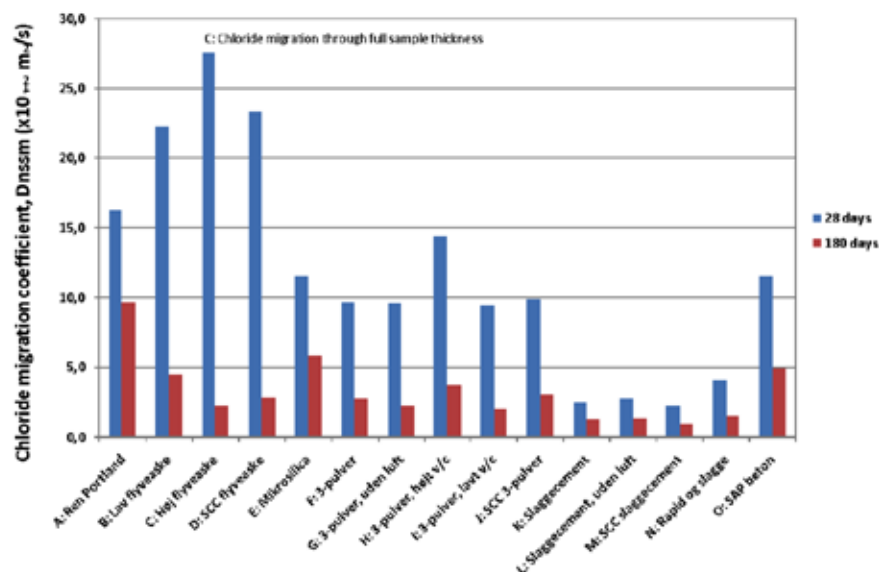


Figure 1: Chloride migration coefficients after 28 and 180 days

original data from these projects were supplemented with up to date durability inspections supported with a number of drilled out cores.

In this way the results from the pretesting were calibrated to more than ten years of real life exposure of similar concrete in similar structures in a similar environment, and from these 10 years, the results can be extrapolated to the required service life of 120 years.

Results

Fifteen mix designs were developed with the aim to represent typical mix designs used for major civil engineering projects in southern Scandinavia plus some slag cement based mixes and SCC-variations. Target slump was set to 160 mm (except for SCC) and normal w/c-ratio to 0.40 (except mix H at 0.45 and mix I at 0.35). All mixes had a target air content of 4.5% except mix G and mix L, where the target air content was 2.0%. In mix O, the air content was generated by super absorbing polymers. Based on advice from the Expert Group and experiences from the construction of the Øresund Link as well as the Citytunnel in Malmö, Sweden, it was chosen to perform the chloride

migration testing with NT Build 492 and the frost resistance testing with SS 13 72 44-I (the Borås method).

Two wall slabs (h x w x t = 2000x1000x200 mm) from each mix design were cast in the laboratory. One slab was cored and analyzed, and one slab was transported to Rødbyhavn for field exposure. The initial results from the laboratory cured slabs are shown in Figure 1 and 2.

The data collected from the pre-testing indicates that:

- Frost-resistant concrete can be obtained with many different binder combinations.
- Concretes with slag-cement do not have a sufficient frost-resistance, using the criteria from the Øresund Link.
- Air-entrainment is necessary to obtain frost-resistance.
- Concretes with fly ash have a high chloride migration at 28 days – the more fly ash the higher.
- Concretes with fly ash have a low chloride migration at 180 days – the more fly ash the lower
- Concrete with high fly ash content has a very low chloride migration at 180 days – almost as low as concrete

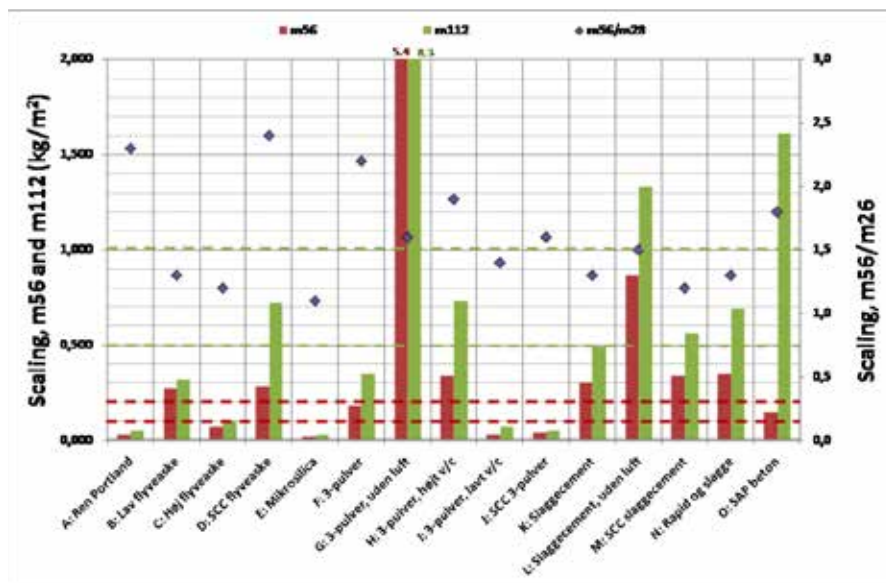


Figure 2: Frost scaling after 56 and 112 cycles according to SS 13 72 44 A

with slag cement

- All binder combinations except the pure Portland cement mix has a Chloride Migration Coefficient of $3.5 \pm 2.5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ after 180 days.

Concrete requirements

Performance requirements can only be used in a contract if methods for calculating the service life based on test results are commonly agreed and scientifically accepted. Such methods have so far not been identified.

An important part of this conclusion is the fact that even if chloride migration can be evaluated with some certainty, the threshold value for chloride induced corrosion is not known or cannot be measured. Therefore, the Expert Group has introduced detailed requirements to subjects like:

- Constituents
- Mix Design
- Production facilities
- Casting
- Curing

In addition, Quality Assurance, Certification, Education, Traceability and similar topics are dealt with in the specification. For special requirements – for example frost resistance – a performance based test method will be required for the pretesting.

Ulf Jönsson, M.Sc.
Femern A/S

HRINGDU NÚNA 519 5191



STEINSTEYPAN

PERFORMANCE ENGINEERED CONCRETE CASE STUDY AT ZNM-PHASE I PROJECT

Concrete is regarded as one of the most used man-made material in the world. Over the past few decades, a tremendous work has been put by concrete technologists, researchers and applicators to optimize the performance of concrete to cope with the challenges of the construction market in many aspects.

Despite the advancement in concrete technology nowadays, it is still observed that the majority of the projects worldwide are following prescriptive specifications that in the opinion of the author, prescriptive specifications can, to a wide extent, hinder the usage of new concrete technologies and implementation of innovative construction systems.

It is very common that concrete specifications are repeated from one job to another without taking into consideration the specific constraints that may be faced during the construction stage at a specific project. Being part of the contractual binding documents at any projects, contractors following prescriptive specifications may end up constrained with requirements that do not eventually lead to the target performance of the concrete structure.

In this respect, performance-based specifications come with a great advantage where the contractors and concrete suppliers are bound to achieve the target performance of the structure with a great deal of freedom in choosing the adequate raw materials, concrete types, innovative concrete design models, placing methods and other factors that

together can only lead to a successful performance of the end product, more specifically in serviceability and sustainability aspects.

Many efforts and campaigns have been launched to promote a shift from traditional prescriptive specifications to the totally innovative performance-based specifications for concrete. For instance, the National Ready-Mix Concrete Association (NRMCA) launched an initiative called "P2P". Also, committee number 329 of the American Concrete Institute issued in 2014 the first comprehensive report on developing performance requirements as an alternative to the current prescriptive requirements in codes and specifications.

This article presents a case on concrete application at a prestigious project in Abu Dhabi, phase 1 of Zayed National Museum project (figure 1), where the target service life and aesthetic finish of the concrete structure were only achieved when the author was permitted to follow a performance engineered concrete design and casting method instead of the limiting requirements of the prescriptive specifications.

Phase 1 of the project consisted of casting highly congested steel reinforced, fair-face walls of 8 meters in height. The target performance for the concrete and structure can be briefed as:

- Concrete grade: 60 MPa at 28 days.
- Service life: 100 years of service life,



Figure 1: Zayed National Museum

considering very severe chloride and sulfate exposure.

- Fair face concrete surface finish where only very minor surface blemishes are permitted. Blowholes, discoloration, watermarks, staining, joints and cracks are strictly not permitted.

The prescriptive specifications which were initially followed at the project set the below briefed concrete requirements that failed to yield the target performance of the structure with respect to the aesthetic and service life aspects:

- Cementitious content limits: 60 to 65% of ground granulated blast furnace slag (GGBS) and 5% to 6% silica fume.
- Slump of 150 ± 25 mm for vibrated concrete or a slump flow of 550 ± 50 mm for self-consolidating concrete if used.
- Placing methods: conventional deposition from the top of the wall.

After several failed mockup trials to achieve the target performance while following the aforementioned requirements, the client allowed the deviation from the prescriptive specifications and accepted the fact that an innovative placing method needs to take place using a concrete mix that has to be designed based on the target performance.

Measurable compliance criteria and verification methods were set for each target performance. These criteria formed part of the new performance-based agreement.

Placing method

It was confirmed through several mockup trials that the conventional method for placing concrete would not result into the aimed fair faced concrete surface. While pouring the concrete in free fall in a highly



Figure 2: Concrete pump connected to the bottom side of the formwork

congested reinforced wall from 8 meter height, the aggregate was segregating to a considerable extent. The release agent was losing part of its effect as some cement paste was always sticking and quickly drying on the inner walls of the formwork prior to receiving the final concrete layer. Even with excess vibration using long shaft vibrators, honeycombing, blemishes and discoloration were forming on the concrete surface.

In order to prevent the above phenomena, it was concluded that it is of vital importance to allow the concrete to flow and fill the formwork from the bottom to the top. It was believed that in this case, concrete would remain homogeneous while placing and formwork inner walls remain clean until they receive the final concrete layer. Moreover, while concrete is sliding upward on the formwork surface, bug and pin holes would theoretically be wiped off.

For this, a special inlet pipe was fixed at a height of 30 centimeter from the bottom of the formwork and self-consolidating concrete with well-designed properties was pumping through this inlet at a fairly slow rate of 2 to 3 meters per hour (figure 2).

Extra lateral load pressure associated with the new placing method was considered during the design of the formwork.

Performance engineered mix design

The concrete mix was designed with the performance of the end-product first in mind. Aggregate and sand breakdown, type and percentage of cementitious materials, water to cement ratio, type and dosage of admixture chemicals were carefully selected to ensure raw materials synergy and proper performance and robustness of the mix.

Self-consolidating concrete (SCC) was believed to be needed for this application. The fresh and hardened properties of the SCC mix were mainly set based on the passing-ability, filling-ability, strength and durability of the mix. These properties were set as acceptance criteria for the mix.

-Rheological properties:

Very low yield stress and relatively high plastic viscosity were believed to be required for the SCC mix to ensure a good filling-ability with a minimal static and dynamic

segregation considering the height of the walls.

Based on the Rheograph chart and as illustrated in figure 3, the red market zone was targeted for the rheological properties of the mix [1]. The target values were set as:

- o Yield stress: in the range of 25 Pa
- o Plastic viscosity: in the range of 90 Pa.s

The yield stress in the range of 25 Pa was correlated to a slump flow of 700 ± 50 mm which was also tested on site.

Rheological properties were measured during the design stage as well as during the supply of concrete on site using Rheometer 4SCC (figure 4). The G-yield (mA) and the H-viscosity (mA.s) obtained from Rheometer 4SCC where indirectly correlated to the yield stress [Pa] and plastic viscosity [Pa.s] of Viscometer 5 developed by Contec in Iceland.

- Serviceability:

Using Life 365 prediction model, a service life analysis based on chloride ingress was carried.

Based on the chloride concentration in the surrounding, ambient temperature, concrete protection layer(s), steel reinforcement type and the design concrete cover over the reinforcement, the service life prediction model resulted that the concrete has to have a chloride migration coefficient of less than $2 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ at 56 days in order to achieve a service life of 100 years. This value was used for the design of the mix and as an acceptance criterion for the service life during the concrete supply.

- Selection and proportioning of materials:

- o Water to cement ratio: a low w/c

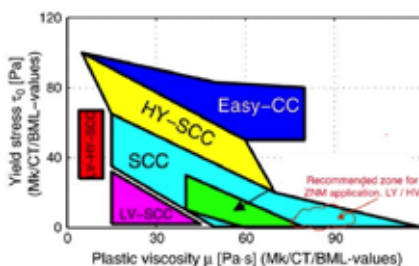


Figure 3: Recommended yield stress and plastic viscosity on the Rheograph classification chart using Contec Rheometer [1]

of 0.34 was set for the mix in order to achieve the target compressive strength of 60Mpa and increase the plastic viscosity of the mix.

o Supplementary cementitious materials (SCM): based on several trials on concrete with different SCM combinations, it was concluded that the target rheology and serviceability is achieved by a partial replacement of the ordinary Portland cement with a blend of GGBS, fly ash and silica fume:

- GGBS: needed to reduce the chloride migration coefficient and to increase the viscosity of the mix.
- Fly ash: needed to ease the pumpability of the viscous mix and to obtain a consistent fair face surface. It also reduces the chloride migration coefficient.
- Silica fume: needed to have a better robustness as well as to reduce the chloride migration coefficient of the mix.
- o Plasticizing admixture: high range polycarboxylate admixture was used.
- o Viscosity modifying admixture: occasionally used during the production when a fine tuning was needed to meet the target plastic viscosity range.



Figure 4: Rheometer 4SCC by Contec-Iceland used at ZNM project

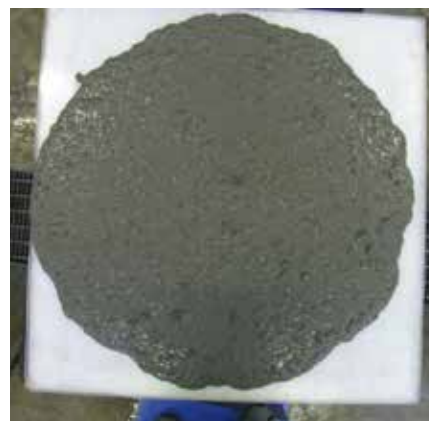


Figure 5: slump flow and look of the SCC mix

End performance result:

The end performance of the mix and placing method was very successful (figure 5). Average testing results for all samples taken on site are tabulated below in table 1.

Figures 6 and 7 show the obvious difference in concrete finish between the conventional concrete and the

Strength	Chloride migration 56d	@	Corr. Yield Stress	Corr. Plastic Viscosity	Slump flow	J-ring	V-Funnel	Static Segregation
76Mpa	$0.89 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$		15 Pa	92 Pa.s	730mm	700mm	10 Sec.	6%

Table 1: Summary testing results



Figure 6: Conventional vs Performance Engineered Concrete - mockup

performance engineered concrete cast upward during the mock-up stage.

Upward placing of the performance engineered concrete resulted a very smooth and consistent surface which

almost free of any blemishes or discoloration (figure 8). A localized cosmetic repair was carried out after the tie-rod holes were sealed.

Wassim Mansour,
Steypustöðin ehf | Loftorka

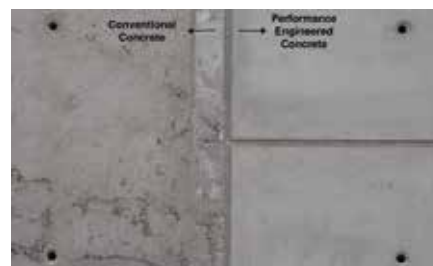


Figure 7: Closer look at the difference in concrete surface finish



Figure 8: final surface finish of the Performance Engineered Concrete

References:

[1] O.H. Wallevik, J.E. Wallevik. Rheology as a tool in concrete science: The use of rheographs and workability boxes, 2011, Cement and Concrete Research

Árið 2020 er tímamótaár í starfsemi Hnits verkfræðistofu hf, því fyrirtækið fagnar á árinu 50 ára afmæli. Auðlind Hnits er fyrst og fremst fólkið og við getum státað af því að eiga samheldinn og traustan hóp starfsfólks. Við höldum ótrauð áfram inn í sjötta áratuginn í starfsemiinni.

HNITMIÐUÐ ÞJÓNUSTA Í HÁLFA ÖLD

MÁLSTOFA UM VISTVÆNA STEYPU

Í september á síðasta ári buðu Steinsteypufélag Íslands og EFLA til málstofu um vistvæna steypu. Málstofan var afar vel sótt og ljóst að mikill áhugi var á málefninu enda hefur eftirspurn eftir umhverfisvænni steypu aukist mikið.

Málstofan var haldin í húsakynnum EFLU að Lynghálslí 4 í Reykjavík og stóðu Steinsteypufélag Íslands ásamt EFLU að málstofunni. Boðið var upp á fjögur erindi og opnar umræður. Karsten Iversen, varaformaður Steinsteypufélagsins, bauð gesti velkomna og sagði frá dagskrá fundarins. Fyrirlesarar málstofunnar voru sammála um að það væri afar þýðingarmikið að framleiðendur greini frá umhverfisáhrifum steypu. Vistferilsgreiningar og umhverfisyfirlýsingar væru mikilvægur liður í þeirri vegferð.

Þróun mála hérlandis

Dr. Ólafur Wallevik hjá Nýsköpunarmiðstöð Ísland tók fyrst til máls og ræddi um þróun mála á Íslandi með tilliti til vistvænna byggingarefna. Honum fannst brýnt að steypuiðnaðurinn á Íslandi leggði sitt af mörkum við að greina eigin umhverfisáhrif og leggja til upplýsingar í formi vistferilsgreininga eða umhverfisyfirlýsinga (Environmental Product Declarations, EPD) þannig að bæði framleiðendur og byggingaraðilar færu ekki á mis við tækifæri til að sýna fram á umhverfisvæna og endingargóða steypu í umhverfissvottuðum byggingum.

Eftirspurn eftir vistænni vöru aukist til muna

Jesper Sand Damtoft hjá sementsframleiðandanum Aalborg

Portland í Danmörku, sagði frá fjölda aðferða sem hafa verið í þróun til að gera sementsframleiðslu umhverfisvænni, t.d. með betri orkunýtingu og nýjum hráefnum. Hann sagði m.a. frá þróunarverkefninu Futurecem, sem vonir standa til að muni draga úr kolefnisspori framleiðslunnar um allt að 30%. Jesper sagði að hingað til hefði verið skortur á fjárhagslegum hvötum til að greiða fyrir götur þróunarstarfsemi fyrir vistvæna sementsframleiðslu, en að

umræðan hefði tekið stakkaskiptum á undanfögnu ári og að nú væri eftirspurnin orðin gríðarleg.

Steypuframleiðendur noti vistferilsgreiningar

Eftir stutt kaffihlé fékk orðið Vetle Haug, framkvæmdastjóri hjá norsku samtökunum Byggetengrenser, og sagði hann frá því hvernig sterk hagsmunaöfl í Noregi og skortur á hlutlausum upplýsingum gerðu það að verkum að stjórnvöld væru farin að taka ákvarðanir



Fyrirlesarar á málstofunni: Vetle Houg, Jesper Sand Damtoft, Dr. Ólafur Wallevik og Alexandra Kjeld



Fjöldi gesta lagði leið sína á málstofuna

um efnisval í byggingum og ráðstöfunum fjármuna, án þess að hafa viðeigandi gögn til að styðja mál sitt. Hann hvatti til þess að steypuframleiðendur gæfu út EPD og að gerðar yrðu vistferilsgreiningar til að aðstoða stjórnvöld og fjárfesta við að taka bestu ákvarðanirnar. Einnig sagði hann frá núverandi þróunarverkefni um að fanga kolefni frá sementsverksmiðju Norcem í Brevik og dæla því neðansjávar.

Umhverfisvottanir bygginga

Að lokum tók Alexandra Kjeld, umhverfisverkfræðingur hjá EFLU, til máls og setti umhverfisvottanir bygginga í samhengi við vistferilshugsun (e. life cycle thinking) í byggingariðnaðinum. Hún sýndi nokkur dæmi um hvernig vistferilsgreiningar hafa verið nýttar á bæði undirbúnings- og framkvæmdarstigi verkefna til að þróa leiðir til að draga

úr umhverfisáhrifum. Þannig hafa verið útfærðar leiðir til að draga verulega úr hlut steypu í kolefnisspori byggingarinnar. Hluttur steypu í kolefnisspori, t.d. með því að endurskoða hönnun, fjölga steypustyrktarflokkum, og með því að minnka hlutfall sements.

Frétt og myndir af heimasíðu EFLU, efla.is 25.9.2019



Rannsóknarstofa

Steinsteypa, múr og fylliefni

Eftirlit, prófanir og vottun efnisgæða
Úttektir og vottun steypustöðva

Umhverfis- og efnamælingar

Jarðefnarannsóknir

Greining á myglu og sýnataka

EFLA VERKFRÆDISTOFA

☎ 412 6000 🌐 www.efla.is

STEINSTEYPUÐAGURINN 2019

Hinn árlegi steinsteypudagur var haldinn á Grand Hótel þann 15. febrúar 2019. Dagskrá var stútfull og fjölbreytt og stóð yfir frá klukkan 8:30-16:20. Dagurinn var mjög vel sóttur, fyrirlestrar voru áhugaverðir og skemmtilegir og aðsókn með besta móti. Það var formaður Steinsteypufélagsins, Guðbjartur Jón Einarsson, sem setti daginn.

Það var Anna Jóna Kjartansdóttir, Öryggis- og gæðastjóri hjá Ístak, sem reið á vaðið og fræddi fundagesti um stafrænar úttektir hjá Ístak. Að því loknu voru tveir fyrirlestrar frá stjórnarmönnum félagsins um málefni sem félagið hefur sett á dagskrá. Annars vegar erindi um

gerð þjóðarskjala við evrópsku steypustaðlana EN 206 og EN 13670 sem Karsten Iversen hélt og hins vegar umfjöllun um námskeiðishald sem Ingunn Loftsdóttir hélt. Var vel tekið í hugmyndir stjórnar og hefur hún haldið áfram vinnu með þessi mál. Síðasta erindi fyrir kaffihlé var frá Borge Johannes Wigum hjá Hornsteinn um Sementstegundir frá Norcem. Þar var m.a. rætt um leiðir sem fyrirtækið sér í að lækka kolefnisspor í sementsframleiðslu.

Eftir ljúffengt kaffihlé kom Dr. Ólafur Wallevik, forstöðumaður rannsóknastofu byggingariðnaðarins og talaði um vistvæna steypu. Ljóst er að auka þarf umræðu um

vistspor steypu og leiðir til að lækka það. Á núverandi starfsári hefur þetta efni einmitt verið sett á dagskrá og m.a. haldinn fundur um málefnið sem fjallað er um hér í blaðinu.

Gísli Guðmundsson frá Mannvit hélt síðan erindi um steypu í sjávarfallaumhverfi á Íslandi og Þorbjörg Sævarsdóttir hjá Eflu um hvernig hægt væri að nýta endurunna steypu til vegagerðar. Það er því ljóst að steinsteypu er hægt að nota á fjölbreyttan hátt. Það var síðan Henk Jonkers frá Delft sem sagði fundargestum frá mjög áhugverðu efni sem hefur verið þróað, þ.e. steinsteypa sem lagar sig sjálf með aðstoð baktería.





Í boði var ljúffengt hlaðborð í veitingasal Grand Hótel og mættu allir fundargestir saddir og sælir til seinni hálfleiks. Þar var áherslan meiri á framkvæmdir og framkvæmdaverkefni sem framundan eru í íslensku samfélagi.

Steve Christer arkitekt hjá Stúdíó Granda kynnti hönnun stofunnar á skrifstofum Alþingis undir heitinu „Engin framtíð án fortíðar“. Eftir það kom Heimir Rafn Bjarkason hjá JáVerk og sagði frá byggingarframkvæmdum á Bláa Lónið, Hótel og heilsulind. En það verkefni hlaut einmitt Steinsteypuverðlaunin 2019.

Guðbjartur Jón Einarsson hjá

Mannvit og formaður Steinsteypufélagsins kynnti framkvæmdir við stækkun á Búrfellsvirkjun, en þar var mikil og sterk steypa notuð við krefjandi aðstæður eins og venjan er við virkjanaframkvæmdir. Í lok þessa þriðja hluta ráðstefnunnar kom síðan Gunnar Svavarsson, framkvæmdastjóri NLSH ofh. og kynnti á mjög skilvirkan hátt Hringbrautaverkefnið og stöðuna.

Eftir seinna kaffi kom síðan Þorsteinn R. Hermannsson Samgöngustjóri Reykjavíkurborgar og kynnti áætlanir um Borgarlínu og þar á eftir Páll Svavar Pálsson forstöðumaður Verkfræðideildar FLE hjá Isavia með erindi um uppbyggingaráfram á Keflavíkurflugvelli.

Að því loknu voru Steinsteypuverðlaun Íslands 2019 veitt, en það var Bláa Lónið Retreat sem hlaut þau enda var það samdóma álit dómnefndar að mikill sómi væri að notkun, meðhöndlun og hönnun steinsteypu í mannvirkinu.

Að lokinni ráðstefnu var spjallað yfir léttum veitingum sem að þessu sinni voru í boði Norcem og þakkar stjórn Steinsteypufélags Íslands kærlega fyrir stuðninginn. Að sjálfsögðu þakkar félagið einnig öllum þeim sem tóku þátt í skipulagningu, héldu erindi eða voru með á einn eða annan hátt. Takk fyrir.

Ingunn Loftsdóttir, verkfræðingur f.h. Steinsteypufélags Íslands

Við byggjum á sterkri sögu

Í yfir 70 ár höfum við tekið þátt í uppbyggingu íslensks samfélags og búið daglegu lífi umgjörð með fallegum heimilum og traustum byggingum. Á langri vegferð hefur orðið til dýrmæt þekking og reynsla, sem skilar sér í gæðum og styrkleika. Framleiðslan byggir á íslenskum hráefnum og hvert mannvirki er gert til að endast.

Byggðu með þeim sem þú getur treyst.



Það var skortur á sjúkrarúmum í borginni þegar bygging Borgarspítala hófst árið 1952. Fimmtán árum síðar var spítalinn vígður og var opnun hans mikið framfaraskref fyrir heilbrigðisþjónustuna í landinu. BM Vallá tók þátt í þeirri uppbyggingu – heilbrigði landans til heilla. **Við byggjum á sterkri sögu.**



bmvalla.is

