

VERKTÆKNI

ICELANDIC JOURNAL OF ENGINEERING

TÍMARIT VFÍ

1. TBL. 27. ÁRG. 2021

Verkfræðingafélag Íslands



Verkfræðingafélag Íslands

01/2021

Verktækni - Tímarit

Verkfræðingafélags Íslands

Icelandic Journal of Engineering

Efnisyfirlit

Ritryndar vísindagreinar

- 5 Frammistöðumælir tækniteyma.
Rúnar Unnþórsson, Guðmundur V. Oddsson.

Annað efni

- 21 Naustavör í Kópavogi – Rannsóknir og grundun.
Pálmi R. Pálmason, Gunnar Þorláksson, Guðjón Þór Ólafsson.

VERKTÆKNI

Ritnefnd

Dr. Bjarni Bessason, ritstjóri, Háskóli Íslands.
Dr. Helgi Þór Ingason, Háskólinn í Reykjavík.
Dr. Kristinn Andersen, Háskóli Íslands.
Dr. Marís S. Guðjónsdóttir, Háskólinn í Reykjavík.
Ritstjórnarfulltrúi: Sigrún S. Hafstein, sigrun@verktækni.is

Verkfræðingafélag Íslands var stofnað 1912. Allt frá stofnun hefur útgáfa verið mikilvægur liður í faglegu starfi félagsins. Verktækni tímarit Verkfræðingafélags Íslands kom fyrst út í september 2013 og var meðal annars ætlað að leysa af hólmi Árbók félagsins. Í tímaritinu voru birtar ritryndar greinar og almennar tækni- og vísindagreinar auk annars efnis. Fram að þeim tíma, frá 1995, var blaðið 16 blaðsíður og kom út allt að tólf sinnum á ári. Í dag er áherslan á útgáfu ritryndra fræðigreina og er takmarkið að Verktækni tímarit Verkfræðingafélags Íslands (e. Icelandic Journal of Engineering) verði alþjóðlegt fræðirit í fyrsta flokki.

Öll rit sem Verkfræðingafélag Íslands hefur gefið út má nálgast á Tímarit.is

Útgefandi: Verkfræðingafélags Íslands – Engjateigi 9 – 105 Reykjavík.

Útgefandi áskilur sér rétt til að birta og geyma efni blaðsins á rafrænu formi, svo sem á netinu.

Leyfilegt er að birta efni úr Verktækni ef heimildar er getið.



<https://doi.org/10.33112/ije.27.1>

Frammistöðumælir tækniteyma

Rúnar Unnþórsson^a, Guðmundur V. Oddsson^a,

^aIðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild, Háskóla Íslands,
Hjarðarhaga 2-6, 107 Reykjavík.

Fyrirspurnir/Correspondance

Guðmundur V. Oddsson
gvo@hi.is

Greinin barst 17. desember 2020.
Samþykkt til birtingar 28. júní 2021.
Birt á vef 28. júní 2021.

Ágrip

Kynnt er aðferðafræði sem er þróuð fyrir kennara til að hjálpa þeim að meta frammistöðu teymis nemenda í verkfræðiverkefni. Aðferðafræðin er verkfæri sem hjálpar kennaranum að bera kennsl á þá þætti sem koma í veg fyrir að teymið nái hámarks frammistöðu. Aðferðafræðin byggir á ítarlegri heimildarannsókn á frammistöðumati nemendateyma. Aðferðir til að mæla árangur nemendateyma og þeir þættir sem hafa áhrif á frammistöðu voru kortlagðir og notaðir sem grunnur að þróun aðferðafræðinnar sem kynnt er í greininni. Aðferðin er nokkurs konar hitamælir á frammistöðu teyma. Með því að nota aðferðafræðina fá kennarar betri skilning á þeim málum sem koma í veg fyrir að teymið nái betri árangri. Aðferðafræðin er mjög gagnlegt tæki fyrir kennara sem hafa umsjón með flóknu teymi nemenda og þurfa að geta greint frammistöðuvandamál á kerfisbundinn hátt. Aðferðafræðin gæti verið gagnleg til að meta árangur annarra tegunda teyma – t.d. starfandi verkfræðinga og tæknifólks.

Lykilorð: Frammistaða, teymi, nemendur, liðaframmistöðumat.

Abstract

Presented is a methodology developed for teachers to help them to evaluate the performance of a team of students in an engineering project-based course. The methodology is a tool that will help the teacher to identify the components that are preventing the team from advancing to a high-performance level. The methodology is based on a thorough study of the literature on the performance of teams. Methods for measuring the performance of teams and the factors that impact performance were mapped and used as foundation for developing the presented methodology. Using the methodology teachers get a much better understanding of the issues that are preventing the team from advancing. The methodology is a very useful tool for teachers that are supervising a complex team of students and need to be able to identify performance issues in a systematic manner. The methodology has the potential to be useful for evaluating the performance of other types of teams – e.g. in industry.

Keywords: Performance, team, students, team evaluation.

Inngangur

Árangur liða er margþætt hugtak og því getur verið erfitt að greina frammistöðuvandamál innan teymanna. Þetta á sérstaklega við um flókin námskeið sem byggjast á verkefnum þar sem nemendateymið samanstendur af 30 einstaklingum eða fleiri og mest af vinnu teymisins fer fram utan kennslustundanna. Dæmi um slíkt verkefni – og hvatinn að þessu starfi – er verkfræðilegt verkefnabundið námskeið sem hefur verið í boði hjá Háskóla Íslands í 10 ár, þar af 8 ár undir umsjón annars höfunda. Í námskeiðinu hanna nemendur og framleiða eins sætis rafknúinn kappakstursbíl fyrir Formula Student / Formula SAE keppnirnar. Nemendateymið samanstendur árlega af um það bil 40 nemendum, aðallega véla-, iðnaðar- og rafmagnsverkfræðinemum. Nemendur úr öðrum greinum hafa einnig tekið þátt; t.d. úr tölvunarfræði, eðlisfræði, viðskiptafræði og jafnvel stjórnmálafræði. Meirihluti nemenda er á fyrsta eða öðru ári í grunnnámi. Tilgangur þessarar vinnu er að búa til ramma fyrir mat á mögulegum umbótasvæðum í frammistöðu teymis í námi. Aðalatriðið er að búa til ramma er gefur yfirsýn en fer ekki í smáatriði fyrir hvern þátt, né gefur ramminn ráð til að leysa þau mál sem greind eru. Þessi grein miðar að því að finna viðeigandi þætti sem hafa áhrif á frammistöðu teymanna og að smíða umræddan ramma á þann hátt að hann eigi auðveldlega við um teymisvinnu í námi og það þurfi ekki mikla fyrirhöfn né mjög sérhæfða þjálfun til að nota hann. Aðferðafræðin sem við kynnum hér tekur saman helstu þætti sem þarf til að meta frammistöðu þannig að gagnasöfnun verður markvissari í gegnum athuganir og viðtöl. Hún hjálpar einnig við úrvinnslu gagnanna. Þessi grein sýnir hvernig þættirnir voru ákvarðaðir og gefur tillögu að úrvinnslu. Beitingu aðferðarinnar má sjá í (Unnthorsson & Oddsson, 2020). Þar er aðferðinni beitt á Formula Student þátttöku Háskóla Íslands.

Aðferðafræði

Rannsókn þessi er heimildarýni þar sem stuðst var við Web of Science gagnagrunninn, sem hefur sérstaka stöðu í vísindasamfélaginu og er viðhaldið af Clarivate Analytics. Leitað var að fyrri rannsóknum um þætti er hafa áhrif á liðavinnu nemenda. Leitað var að greinum með eftirfarandi leitarskilyrðum: TI = (team NEAR/2 performance) AND SU=("EDUCATION SCIENTIFIC DISCIPLINES" OR "EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH" OR Engineering). Leitin skilaði 147 niðurstöðum (31. Maí 2019). Útdrættir þessara greina voru lesnir með það að markmiði að finna greinar sem tengdust efni þessarar rannsóknar. Grein var valin í rýni ef hún lagði til eða taldi upp þætti sem höfðu áhrif á frammistöðu liðsins. Eftir lesturinn fækkaði greinunum niður í 46 sem fóru í heildarlestur. Lesturinn leiddi í ljós að 45 af þessum greinum innihéldu upplýsingar um þætti sem hafa áhrif á árangur. Við lestur greinanna var leitað eftir þáttum sem sagðir voru hafa áhrif á frammistöðu. Allir þættir voru skrifaðir niður. Síðan voru allir þættir rýndir með tilliti til verkfræðinemendavinnu og þeir valdir sem voru viðeigandi. Þáttur var talinn viðeigandi ef hann tengdist verkefni, verkfræðivinnu, fólki, skipuheild og viðhorfum. Þáttur var ekki valinn ef hann var of sértækur eða tengdist beint ákveðinni aðferð (t.d. Belbin Self-perception inventory). Þættir sem voru svipaðir voru sameinaðir í einn þátt. Lesturinn sýndi tvö meginþemu, greiningu á þáttum sem hafa áhrif á frammistöðu og hvernig árangur er mældur. Flokkarnir sem notaðir voru til að flokka þættina voru innblásnir af heimildum, svo og því hvernig þættirnir voru settir fram. Flokkarnir eru ekki niðurstaða sem slík heldur aðeins hjálpartæki til að búa til hugarkort yfir það sem hefur áhrif á frammistöðu liðsins. Þættirnir voru flokkaðir í: Teymisskipan, liðsmenn, teymisstjórnun, innri starfshóp liðs, umhverfi teymis, verkefni og samskipti. Kerfin sem mæla árangur reyndust fá, sértæk og frekar flókin. Ekkert þeirra tók á öllum þáttum. Þau eru ekki kynnt hér en allir þættir sem þau taka á eru með í eftirfarandi samantekt. Þáttum og hópum sem fundust í heimildarannsókninni var raðað til að mynda ramma og tillögur að framsetningu voru gerðar, báðar töflur með möguleika á að reikna út eitt stig og sjónrænt sem ratsjárflínurit.

Staða þekkingar

Ritrýndar greinar voru lesnar til að bera kennsl á þætti sem fullyrt er að hafi áhrif á frammistöðu teymisins. Þessir þættir voru síðan flokkaðir í rökrétta hópa til að auðvelda framsetningu þeirra. Eftirfarandi er niðurstaða heimildarýnninnar á þeim 45 greinum sem voru viðeigandi og eru niðurstöðurnar kynntar í hópunum sem þættirnir tilheyrja.

Liðsmeðlimir (e. team members)

Að mæla eiginleika liðsmanna og nota sem mælikerfi hefur verið gert út frá mismunandi aðferðum. Notuð hafa verið persónuleikapróf (e. Big five personality test) (Kichuk & Wiesner, 1997), Myers-Briggs flokkun (e. Myers-Briggs Type indicator) (Culp & Smith, 2001), Kolb reynslunám (e. the Kolb experiential learning theory) (Lau, Beckman, & Agogino, 2012), lærdómsstílslíkan Felder og Silverman (e. the Felder and Silverman learning style model) (Goswami, Walia, & Singh, 2015) og sjálfsskynjunarlíkan Belbins (e. the Belbins' Self-Perception inventory) (Nukic, Galic, & Dolacek-Alduk, 2015). Þessi mælikerfi hafa verið notuð til að reyna að tengja frammistöðu liðs við ákveðna eiginleika innan hvers líkans. Aðrir liðaárangursþættir (eiginleiki meðlima) eru hvatning (e. motivation) (Salas, Cooke og Rosen, 2008), menningarlegir þættir (e. cultural factors) (Salas o.fl., 2008), færni (e. skills) (Driskell, Salas og Hughes, 2010), viðhorf (e. attitudes) (Driskell o.fl., 2010) og vitrænir þættir (e. cognitive factors). Vitrænir þættir eins og vitrænir fjölbreytileikar (e. cognitive diversity) (Sauer, Felsing, Franke og Ruttinger, 2006), örvitrænir þættir (micro-cognitive factors) mannhugans (eins og athyglisstjórnun (e. attention management), minni osfrv.) (Palmqvist, Bergstrom og Henriqson, 2012) og vitræn geta (e. cognitive ability) (Salas et al., 2008). Hegðun liðsmanna, eins og frumkvæðis félagsleg hegðun (e. proactive socialization) (Pennaforte, 2017) getur haft áhrif á frammistöðu.

Samskipti (e. communication)

Líta má á samskipti sem innri eða ytri samskipti (Sivasubramaniam, Liebowitz, & Lackman, 2012). Hægt er að meta innri samskipti út frá samskiptatíðni (Patrashkova-Volzdoska, McComb, Green, & Compton, 2003), verkfærum sem veitt eru til að auðvelda samskipti, eðli samskipta og stig samskipta (DeFranco, Neill, & Clariana, 2011). Líta má á munnleg samskipti sem eina gerð samskipta eða safn orðaskipta (e. verbal episodes) (Menekse, Purzer, & Heo, 2019). Til eru þrjár gerðir af þáttum: spurningar, átök og rökhugsunarskipti (e. reasoning episodes) (Menekse et al., 2019). Munnleg samskipti má magntaka t.d. með: fjölda framsagna (e. utterance), fjölda orða í framsögn eða lengd framsagna en ekki sem tónfall eða líkamsmál (Macht & Nembhard, 2015). Ekki eru öll samskipti gagnleg og misskilningur kemur ítrekað fram. Misræmi í samskiptum má flokka í 6 stig, frá I til VI. Stig I er að yfirfærsla merkingar er í eðli sínu gölluð (e. meaning-transfer inherently flawed), stig II er minni háttar misskilningur eða mistúlkun venja (e. minor misunderstandings or misreadings routine), stig III er álitnir persónulegir annmarkar (e. presumed personal deficiencies), stig IV er markmiðatenging (stjórn, tengsl, sjálfsmýnd, verkfærni) (e. Goal-referenced (control, affiliation, identity, instrumentality)), stig V er menningarlegur munur á tungumáli og samskiptamynstri (e. Group/cultural norm differences in language and communication) og að lokum er stig VI hugmyndafræðilegur rammi samskipta; félags-menningarlegt valdaójafnvægi (e. Ideological framings of talk; socio-cultural power imbalances) (Brewer & Holmes, 2016).

Innri samskiptin er einnig hægt að meta með samstarfsgæðum (e. Collaboration Quality) sem bjóða upp á heildstætt mat sem sameinar: umfang umræðna, dýpt sameiginlegs framlags sem byggir á hugmyndum liðsmanna, útfærslu hugmynda liðsmanna, notkun á hvernig/ hvers vegna spurningum við að kanna hugmyndir liðsmanna og sameiginlegt eðli ákvarðana (Menekse, Higashi, Schunn, & Baehr, 2017). Með ytri samskiptum er átt við samskipti utan teymisins, til skipuheimildarinnar eða viðskiptavina. Forysta getur haft mikil áhrif á samskipti innan hópsins og er t.d. umbreytingarforysta (e. Transformational leadership) með persónulegri viðurkenningu,

stuðningi, vitsmunalegri örvun, hvetjandi samskiptum og framtíðarsýn (Menegazzo, Cruz-Ortiz, Ortega-Maldonado, & Salanova, 2015) fær um slík áhrif.

Liðaskipulag (e. team structure)

Liðið er skipað meðlimum og bæði eiginleikar meðlima og samstarf þeirra hafa áhrif á frammistöðu liðsins. Eiginleikar teymis geta tengst hæfileikum liðsmanna (Nukic et al., 2015; Rouse, Cannonbowers, & Salas, 1992), óskum liðsmanna (Nukic et al., 2015), sveigjanleika liðsmanna (Nukic et al., 2015) og persónuleika þeirra (Nukic et al., 2015). Liðasamsetningar tengjast því hvers konar bakgrunn meðlimur hefur, fjölbreytileika þeirra (Nukic et al., 2015) eða hversu þverfagleg liðin eru (DeFranco et al., 2011), hvernig uppbygging umbunar er í teyminu (Rouse et al., 1992), stærð teymisins (Guastello, 2010; Nukic et al., 2015; Rouse et al., 1992), mismunandi hlutverk í liðinu (Rouse et al., 1992), hvernig þessum hlutverkum er úthlutað (Nukic et al., 2015) og loks hvernig liðið er valið (Sinclair, Siemieniuch, Haslam, Henshaw, & Evans, 2012). Sýnt hefur verið fram á að þátttökutími meðlima (e. tenure) (hversu lengi fólk vinnur saman) hefur áhrif á frammistöðu teymisins og verður það að teljast mikilvægur þáttur (Sivasubramaniam et al., 2012). Lið getur verið á mismunandi stöðum svo samstaðsetning (e. colocation) liða (Patrashkova-Volzdoska et al., 2003) skiptir máli. Lið starfar einnig á mörgum tímalínnum eða tímaumhverfum (e. time ecologies)(Guastello, 2010). Annar þáttur í teymisskipaninni eru innri ferlar þess, þeir verða að vera kerfisbundnir (Lynn & Reilly, 2000) og hafa ferla til að skrá og geyma upplýsingar (Lynn & Reilly, 2000).

Liðsumhverfi (e. team environment)

Liðsumhverfi er umhverfið sem teymi starfar í. Samhengið felur í sér: nægilegt fjármagn, forystu og skipulag, tilvist trausts, kerfi fyrir frammistöðu og mat og þóknun (Nukic et al., 2015). Skipuheild sem liðið er hluti af hefur einnig áhrif á frammistöðu teymisins bæði út frá notkun liðsins (hvernig það notar teymi til að leysa vandamál, bæta ferla og virkja starfsmenn í teymisvinnu) og stuðningi sem það býður upp á (úthlutar viðunandi auðlindum (e. resources) til að hjálpa liði að starfa og ná markmiðum sínum sem og að meta framlag liða sinna) (Lee, To, & Yu, 2013).

Verk (e. tasks)

Verk eru kjarninn í teymisvinnunni. Þau verða að vera tilgreind í umfangi (e. scope) til að passa við liðið. Hönnun verka (Sinclair et al., 2012) sem og vinnuhönnunin (sjálfræði, fjölbreytni færni, verkaauðkenning og mikilvægi verka) (Nukic et al., 2015) er í fyrirrúmi fyrir teymið. Verk eru af mismunandi gerðum (Salas, Cooke, & Rosen, 2008) og ein verkaflokkun (Driskell, Salas, & Hughes, 2010) býður upp á fjóra aðalverkaflokka: val á eða ákvarðanatökuverk (e. choosing or decision-making tasks), samningaviðræðnaverker (e. negotiating tasks), framkvæmd verkefna (e. executing tasks) og að búa til verk (e. generating tasks).

Vinnuálag getur haft áhrif á afköst og má líta á það sem tvöfalt: tímapressu og eftirspurn eftir auðlindum (Urban et al., 1996). Hversu mikið liðsmaður getur unnið út af fyrir sig, eða einstaklingsbundið verk (Salas, Cooke, et al., 2008) á móti hve mikið verk eru tengd innbyrðis (hvernig liðsmenn þurfa upplýsingar, efni og stuðning hvert frá öðru) (Bron, Endedijk, van Veelen, & Veldkamp, 2018; Salas, Cooke, et al., 2008) hefur áhrif á árangur. Einnig geta skjöl haft áhrif á hönnunarverk í formi samræmingar hönnunarskjala (Dong, Hill, & Agogino, 2004).

Innri virkni liða (e. team inner workings)

Hægt er að mæla eiginleika liðs (e. team characteristics) á þremur ásum: tilhneigingu til samstarfs (vilji meðlima til samstarfs), sveigjanleika teymisins (mælir að hve miklu leyti allir liðsmenn gætu framkvæmt ýmsar aðgerðir í teyminu) og forgangssamhljóða (mælir að hve miklu leyti teymin hafa þróað sameiginlega heildstæða nálgun til að vinna verk sín) (Grant & Hallam, 2016). Traustþættir hafa áhrif á teymið og má líta á það sem verkefnaferlaþætti (hugrænt (e. cognitive-

based) traust, traust byggt á áhrifum (e. affective-based), samvinnu og eftirliti) eða sem uppbyggingu og samhengi þátta liðs (fjölbreytni teymis, langlífi teymis, nálægð teymis og málsmeðferðar og gagnvirkir réttlæti (e. procedural and interactional justice)) (Zhang & Zhang, 2015).

Liðsþjálfun er að auka hæfni liðanna (Salas, DiazGranados, et al., 2008). Mælt er með því að vinna að fimm hlutum: (i) rauntímamálum, (ii) einbeita sér að því að þróa þakklæti fyrir sérstöðu, (iii) þróa reiknirit (e. algorithms) og uppbyggingu fyrir hópfunni, (iv) búa til hugmyndastjórnunarkerfi fyrir hópinn og að lokum, (v) þróa kerfi innri ráðgjafa (Grossman, 1997). Félagsleg og menningarleg hegðun hefur áhrif á frammistöðu liðsins. Félagsmótun liða (Pennaforte, 2017) og liðamenningin er hversu vel gildi og viðhorf falla saman innan teymisins (Hodgson, Hubbard, & Siemieniuch, 2013). Sum hegðun hefur áhrif á virkni hópa. Sumir liðsmenn nota þvingunaráhrif sem þvingunarleið til að hafa áhrif á aðra liðsmenn (Lee et al., 2013). Aðrir fara með straumnum án þess að leggja sitt af mörkum í teymisvinnunni, slíkt nefnist félagsleg leti (Schippers, 2014). Þetta krefst þess oft að aðrir liðsmenn taki upp slakann, oft með meðvirkni og vinni þá vinnu sem ekki hefur verið unnin (Schippers, 2014). Ekki falla allir liðsmenn á sinn stað og búast má við einhverjum aðlögunarferðileikum (Lee et al., 2013).

Liðshæfni er samanlögð færni til að takast á við teymisvinnuna, þar með talin reynsla (Sivasubramaniam et al., 2012). Liðsnám er þegar lið byggir upp og viðheldur sameiginlegri hugmynd (e. conception) um verkefni sín (Bron et al., 2018). Teymisvitund er heildarvitund (e. macro cognition) innbyrðis tengsla ferla í teyminu (Salas, Cooke, et al., 2008). Fjölbreytni teymis í mismunandi þáttum eins og (i) lýðfræðilegum eiginleikum; (ii) verktengdri þekkingu, færni og hæfileikum (einnig kölluð hagnýtur fjölbreytileiki (e. functional diversity) (Sivasubramaniam et al., 2012)); (iii) gildum, skoðunum og viðhorfum (e. values, beliefs and attitudes); (iv) persónuleika, hugræns- og hegðunarstílum (e. cognitive and behavioural styles) (og námsstílum (Lau et al., 2012)); (v) staða vinnuhópsins í skipuheit (Sauer, Felsing, Franke, & Ruttinger, 2006).

Samheldni teymis (Rouse et al., 1992) eða samheldni hópsins er hversu mikla persónulega tengingu liðsfélagar finna hver við annan (esprit de corps) (Sivasubramaniam et al., 2012). Samheldni er hægt að meta af hópstjórum með þriggja atriða kvarða Seashore (Patrashkova-Volzdoska et al., 2003). Samhæfing teymis, hversu vel teymi vinnur saman og hvernig liðsmaður vikur sér undan verki eins og sumir vilja ekki vinna með öðrum eða liðsmaður fer af leið (e. scope creep) (Culp & Smith, 2001). Sameiginleg stefnumörkun er hversu vel teymi vinnur saman, liðsmenn hjálpa hverjir öðrum og halda áfram með hugmyndir hver annars (Driskell et al., 2010). Samstarfsandrámsloft er mælt með fjölda þátta, svo sem trausti, stuðningi, upplýsingamiðlun, gagnkvæmri virðingu, þátttöku og samkennd (Lee et al., 2013).

Hvernig liðsmaður skilur heiminn fer eftir hugmyndaegum fyrirmyndum (e. mental models) þeirra. Hugmyndalíkan er aðferð þar sem menn geta gert lýsingar á tilgangi og formi kerfisins, skýringar á virkni kerfisins og athuguðu (e. observed) kerfisástandi (Rouse et al., 1992). Hugmyndalíkon fjalla um ytri heim, kerfið sem er í gangi og hvernig menn takast á við það kerfi í hugum sínum. Hinn ytri heim er hægt að sýna á fjórum stigum: tilgangi – hvers vegna kerfi er til, virkni – hvernig kerfi starfar, segir – hvað kerfi gerir og myndast – hvernig kerfi lítur út (Rouse et al., 1992).

Liðsstjórnun (e. team management)

Þættir sem hafa áhrif á frammistöðu teymis í gegnum liðsstjórnun eru margir. Til þess að teymi vinni rétt þarf að leggja fram markmið eða framtíðarsýn fyrir verkefnið. Markmiðið þarf að vera skýrt og stefnan stöðug (e. vision stable) (Lynn & Reilly, 2000). Skýrleika markmiða er hægt að mæla með markmiðasamstöðu innan teymisins (Sivasubramaniam et al., 2012). Skýr markmið snúast

um það að hve miklu leyti liðsmenn telja markmið liðs síns þýðingarmikil, skilja verkefni liðsins og afleiðingar árangurs þess (Lee et al., 2013). Markmið ætti að tengjast árangri teymisins (e. team effectiveness) sem er mat á árangri ferlanna (Salas, Cooke, et al., 2008).

Ákvarðanatataka er hvernig liðið tekur ákvarðanir. Þessar ákvarðanir munu hafa mótverkandi markmið (e. conflicting goals), eru teknar í breytilegu umhverfi, munu krefjast forystu, eru innbyggðar í skipulagslegt samhengi og oft í fjölmönnum teyimum (Rouse et al., 1992). Til þess að meta ákvarðanirnar er hægt að nota liðsígugun (e. team reflexivity) þ.e. hvernig liðsmenn velta sameiginlega fyrir sér markmiðum, aðferðum og ferlum liðsins (Gabelica, Van den Bossche, De Maeyer, Segers, & Gijsselaers, 2014). Endurgjöf teymis (e. team feedback) er skilgreind sem miðlun upplýsinga, veitt af utanaðkomandi aðila, er varðar aðgerðir, atburði, ferla eða hegðun tengda verklokum eða teymisvinnu (Gabelica et al., 2014).

Árangursendurgjöf (e. performance feedback) (Guastello, 2010) er nauðsynleg fyrir lið svo það geti samræmt störf sín. Ein nálgunin er að nota þrjú skref: (i) byggja á endurgjöf og útskýra (a) hvers vegna árangur náðist (eða skortur er á honum) og (b) gefa dæmi um aðferðir (e. tactics) sem geta skýrt árangur, (ii) eru aðrir möguleikar til að bæta árangur? Að lokum, (iii) settu markmið og þróaðu áætlanir fyrir næsta verkefni (Gabelica et al., 2014).

Lokapáttur liðsstjórnunar eru ferli hennar. Á hæsta stigi verður stjórnunin að vera tvískipt (Daniel & Davis, 2009); (i) koma á, miðla og skilja markmið teymis sem sameiginlega teymissýn og (ii) stofna rekstrarhópsumsýslu (e. operational team structure) sem auðveldar víxlverkandi innbyrðis tengsl (e. cross-functional inter-relationships) (Daniel & Davis, 2009). Á ítarlegra stigi þurfa ferlin að takast á við mál eins og: félagslega leti, gagnkvæman tilgang, sérstök markmið, sjálfvirkni liða og átök (Nukic et al., 2015). Nákvæmari skilgreining á stjórnun teymis væri: Liðsstjórnun kemur fram við samspil manna – verka – hluta (e. human–task–artefact), hún er markmiðsmiðuð og háð samhengi starfseminnar (Palmqvist, Bergstrom, & Henriqson, 2012).

Gerð frammistöðumælis tækniteyma

Strax í upphafi heimildarannsóknarinnar kom í ljós að þættir sem hafa áhrif á frammistöðu teyma eru fjölmargir og ekki væri hægt að taka tillit til allra. Þessi grein fjallar um hönnun aðferðafræði til að meta frammistöðu tækniteyma – með áherslu á teymisvinnu nemendadrifinna nemendaverkefna í verkfræðinámi. Höfundar fóru í gegnum alla þættina og völdu þá sem skipta máli fyrir nemendadrifin verkfræðiverkefni. Framsetning þessara þátta er sú sama og í greinunum sem þeir voru teknir úr. Við frekari úrvinnslu þáttanna kom í ljós að nokkra þætti vantaði til að geta metið frammistöðuna. Nýjum þáttum var því bætt við eða þáttum breytt. Aðferðafræðin inniheldur sex þætti sem koma ekki beint frá heimildunum. Þátturinn „félagsleg leti og meðvirkni“ í „Innri virkni liða“ er samsettur af þáttunum „félagsleg leti“ og „meðvirkni“. Þátturinn „færni“ í „liðsmeðlima“ hópnum er ónákvæmur og var skipt í „verkhæfni“ og „mannleg hæfni“ til að endurspegla tæknilegt eðli starfsins. Síðan eru þrjú þættir sem fundust ekki í heimildunum. Flækjustig verka og hvernig verk eru innbyrðis háð eru mikilvægir þættir flókinnar verkfræðivinnu. Þættinum „liðssamhæfing“ var bætt við hópinn „liðsstjórnun“ til að tengja stjórnun liðanna betur við innri vinnuna. Gagnvirkni verka (e. task interdependence) vísar til þess að hve miklu leyti liðsmenn þurfa upplýsingar, efni og stuðning hver frá öðrum til að leysa verkið sitt (Liu & Li, 2012). Flækjustig verka (e. task complexity) er samansafn hvers konar einkenna verka (e. task characteristics) sem hefur áhrif á frammistöðu verks (Liu & Li, 2012). Einkenni verka eru þættir í sex hópum: markmið, ílag, ferli, frálág, tími og framsetning. Í sérhverjum hópi eru þættir sem hafa jákvæð (+) eða neikvæð (-) áhrif á flækjustig og eru sýndir í Töflu 1.

Tafla 1 – Þættir er hafa áhrif á flækjustig verka (e. Complexity contributory factors).

Einkenna hópur	Áhrif á flækjustig: (+) eykur og (-) minnkar flækjustig
Markmið/frálag	Skýrleiki (-), Magn (+), Árekstrar (+), Varakerfi (-), breytingar (+)
Ílag	Skýrleiki (-), Magn (U-laga), margbreytileiki (+), ónákvæmni (+), hraði breytinga (+), Varakerfi (-), Árekstrar (+), Vanskipulögð aðstoð (+), Misræmi (-), Ekki vanabundnir atburðir (+)
Ferli	Skýrleiki (-), Fjöldi leiða (+), fjöldi aðgerða (+), Endurtekning (-), Vitsmunalegt álag af aðgerð (+), Líkamlegt álag af aðgerð (+)
Tími	Samtímakeyrsla (+), Þrýstingur (+)
Framsetning	Uppsetning (veltur á verktegund), Misleitni (+), Samhæfni (-)

Frammistöðumælirinn

Markmið þessarar greinar er að koma með matsramma sem auðveldar mat á frammistöðu teymisvinnu í verkfræðikennslu og er ætlað að bera kennsl á vandamálasvæði. Höfundar tóku saman alla þætti sem taldir eru hafa áhrif á frammistöðu liða og skilgreindu safn þátta sem eru mikilvægastir í samhengi við verkfræðivinnu. Samantekt af öllum þáttum og skilgreiningu á þeim má sjá í Tafla 2. Til að fá yfirlit yfir frammistöðu liðs þarf að meta alla þessa 43 þætti.

Tafla 2 – Samantekt og skilgreining á öllum 42 þáttum í 7 hópum.

<p>Liðsstjórnun (e. team management)</p> <p>Liðssamhæfing (e. team coordination) er hversu vel teymi vinnur saman og hvernig liðsmeðlimir hugsanlega víkja frá leikreglum, eins og þegar sumir vilja ekki vinna með öðrum eða fara út fyrir verksvið sitt (e. go off on tangents). Ákvörðunartaka (e. decision making) er hvernig liðið tekur ákvarðanir. Þessar ákvarðanir munu hafa misvísandi markmið, eru teknar í breytilegu umhverfi, krefjast forystu, eru ígræddar í skipuheit og oft í fjölmönnum teyðum. Liðsihugun (e. team reflexivity) er hvernig meðlimir velta sameiginlega fyrir sér markmiðum, aðferðum og ferlum liðs. Liðsendurgjöf (e. team feedback) er miðlun upplýsinga sem veittar eru af utanaðkomandi aðila varðandi aðgerðir, atburði, ferla eða hegðun í samhengi við verklok eða teymisvinnu. Liðsstjórnunarferli (e. team management processes) eru um að koma á fót, miðla og skilja markmið liðsins sem sameiginlega dagskrá liðsins sem og að koma á rekstrarhópsskipulagi sem gerir kleift að auðvelda þverfagleg samskipti (e. cross-functional inter-relationships). Þessir ferlar þurfa að takast á við mál eins og: félagslega leti, gagnkvæman tilgang, sérstök markmið, skilvirkni teymis (e. team self-efficiency) og átök. Markvirkni liðs (e. team effectiveness) er mat á árangri ferlanna (e. outcomes of the processes). Markmið & sýn (e. mission & vision) er að leggja fram skýr markmið og stöðuga sýn fyrir verkefnið. Skýr markmið snúast um það að hve miklu leyti meðlimir telja markmið liðs síns mikilvæg, skilja markmið liðs síns og afleiðingar árangurs liðs. Árangursendurgjöf (e. performance feedback) er að nota endurgjöf sem fékkst til að útskýra hvers vegna árangur náðist (eða skortur á slíkum), gefa dæmi um aðferðir sem geta skýrt þetta, velta fyrir sér hvort aðrir möguleikar séu til staðar til að bæta árangur og að lokum að setja sér markmið og þróa áætlanir fyrir næsta verkefni.</p>
<p>Liðsumhverfi (e. team environment)</p> <p>Skipuheidarígræðsla (e. organizational embedding) er hvernig samtökin nota teymi til að leysa vandamál, bæta ferla og virkja starfsmenn í teymisvinnu. Nægar auðlindir (e. sufficient resources) snýst um það hvort skipuheidin úthluti fullnægjandi auðlindum til að hjálpa liðinu að starfa og ná markmiðum sínum. Tilvist trausts (e. existence of trust) milli skipuheidar og liðs. Árangursmælingarkerfi (e. system for performance) bæði til að mæla og meta árangur</p>

teymisins í skipulagslegu samhengi. **Mat og þóknun (e. evaluation and remuneration)** fyrir liðið og meðlimi þess.

Innri virkni liðs (e. team inner workings)

Liðsfélagsmótun (e. team socialization) er hvernig félagsleg og menningarleg hegðun hefur áhrif á frammistöðu liðs. Félagsmótun teymis og liðamenningin er hve vel gildi og viðhorf liðsmanna falla saman innan teymisins. **Þvingunaráhrif (e. coercive influence)** er þegar liðsmenn beita þvingunaraðferðum (e. coercive means) eða ráðskast (e. manipulate) til að hafa áhrif á aðra liðsmenn til að fá vilja sinn. **Félagsleg leti & meðvirkni (e. social loafing & compensation)** er þegar liðsmaður flýtur með flæðinu án þess að leggja sitt af mörkum í teymisvinnunni. Þetta krefst þess að aðrir liðsmenn taki upp félagslegar bætur, eða leysi félagsletingjana af hólmi og vinni þá vinnu sem ekki hefur verið unnin, þ.e. sýni meðvirkni. **Aðlögunarerfiðleikar (e. adaptation difficulty)** er þegar ekki allir liðsmenn falla á sinn stað og búast má við einhverjum aðlögunarerfiðleikum. **Liðslærdómur (e. team learning)** er þegar teymi byggir upp og viðheldur sameiginlegri hugmynd (e. conception) um verkefni sín. **Liðsvitund (e. team cognition)** er heildræn vitund innbyrðis tengsl ferla í teyminu. **Liðseinkenni (e. team characteristics)** eru þrjúþætt: tilhneiging til samstarfs (vilji meðlima til samstarfs), sveigjanleiki teymisins (mælir að hve miklu leyti allir liðsmenn gætu framkvæmt ýmsar aðgerðir í teyminu) og forgangssamhljóð (mælir að hve miklu leyti teymin hafa þróað sameiginlega heildstæða nálgun til að vinna verk sín). **Þættir trausts (e. trust factors)** eru þættir sem hafa áhrif á teymið og má líta á það sem verkefnaferlaþætti hugrænt (e. cognitive-based) traust, traust byggt á áhrifum (e. affective-based), samvinnu og eftirlit eða sem uppbyggingu og samhengi þátta liðs (fjölbreytni teymis, langlífi teymis, nálægð teymis og málsmeðferðar & gagnvirkir réttlæti. **Liðsþjálfun (e. team training)** er hvernig liðið eykur hæfni sína á fimm sviðum: (i) rauntímamálum, (ii) einbeita sér að því að þróa þakklæti fyrir sérstöðu, (iii) þróa reiknirit (e. algorithms) og uppbyggingu fyrir hópfunði, (iv) búa til hugmyndastjórnunarkerfi fyrir hópinn og að lokum, (v) þróa kerfi innri ráðgjafa.

Liðsskipulag (e. team structure)

Liðseiginleikar (e. team attributes) er tengt hæfileikum liðsmanna, óskum liðsmanna, sveigjanleika liðsmanna og persónuleika þeirra. **Liðssamsetning (e. team compositions)** tengjast því hvers konar bakgrunn meðlimir hefa, fjölbreytileiki þeirra eða hversu þverfagleg liðin eru, hvernig uppbygging umbunar er í teyminu, stærð teymisins, mismunandi hlutverk í liðinu, hvernig þessum hlutverkum er úthlutað og að lokum, hvernig liðið er valið. **Skipulagðir ferlar (e. systematic processes)** eru hvernig innri ferlar eru kerfisbundnir að uppbyggingu. **Upplýsingageymsla (e. recording and filing information)** er hvort viðeigandi upplýsingar séu geymdar og aðgengilegar. **Starfsemi á mörgum tímalínunum (e. operate on multiple time horizons)** er hvort liðið hafi mörg mismunandi tímamörk. **Samstaðsetning (e. team colocation)** er hvort lið séu á sama stað eður ei. **Þátttökutími í liði (e. team tenure)** er hversu lengi fólk vinnur saman í liðinu.

Liðsmeðlimir (e. team members)

Fyrirbyggjandi félagsmótunarhegðun (e. proactive socialization behaviors) er hegðun liðsmanna er getur haft áhrif á frammistöðu liðs. **Hvatning (e. motivation)** er drifkrafturinn sem hjálpar okkur að ná markmiðum. Hvatning getur komið að innan (e. intrinsic) eða að utan (e. extrinsic). Þessi þáttur fjallar einnig hvað er gert til að auka hvatningu. **Verkhæfni (e. task skills)** eru nauðsynleg færni liðsmanna sem þarf til að leysa verk á fullnægjandi hátt. **Mannleg hæfni (e. interpersonal skills)** eru nauðsynleg færni sem liðsmenn þurfa til að eiga samskipti á áhrifaríkan hátt. **Viðhorf (e. attitudes)** er skilgreint sem vilji einstaklingsins til að vinna áfram með sama teymi, traustið sem þarf milli liðsmanna og viljinn til að starfa í öðrum teyimum. **Hugrænir þættir (e. cognitive factors)** fjalla um hugræna fjölbreytni (e. cognitive diversity), örviðræna þætti (e. micro-cognitive factors) mannshugans (eins og athyglisstjórnun, minni

o.s.frv..) og vitræna getu (e. cognitive ability) sem er almenn andleg geta sem felur í sér rökhugsun, lausn vandamála, skipulagningu, óhlutbundna hugsun, skilning á flókinni hugmynd og að læra af reynslu.

Verk (e. task)

Umfang (e. scope) er rétt val og samsvörun verka við hæfni liðsmanna, samþætting auðlinda og árangur teymisins. **Vinnuálag (e. workload)** er skilgreind út frá tveimur þáttum: tímapressu og eftirspurn eftir auðlindum. **Samhengi verka og skjala (e. task coherence)** er hversu vel skjöl samræmast við hönnunarverkefni. **Flækjustig verka (e. complexity of task)** er samansafn hvers konar eiginleika verka er hefa áhrif á frammistöðu verks. Verk einkennum (e. task characteristics) er hægt að skipta í sex hópa: markmið, inntak, ferli, framleiðsla, tími og framsetning. Hver hópur hefur nokkra þætti sem hafa jákvæð (+) eða neikvæð (-) áhrif á flækjustig (sjá alla þætti í Tafla 1). **Gagnvirkni verka (e. task interdependence)** vísar til þess að hve miklu leyti liðsmenn þurfa upplýsingar, efni og stuðning hver frá öðrum til að geta sinnt verkum sínum.

Samskipti (e. communication)

Innri samskipti (e. internal communication) eru samskiptin innan teymisins. Tengist tíðni samskipta, verkfærum sem eru veitt til að hjálpa til við samskipti, eðli samskipta og hversu mikil samskipti eru. **Misræmi í samskiptum (e. miscommunications)** fjallar um ekki gagnleg samskipti og misskilning. Misræmi getur verið allt frá því hvernig yfirfærsla merkingar er í eðli sínu gölluð, minniháttar misskilningur, talinn (e. presumed) persónulegri annmarkar, mismunandi tilvísanir í markmið, munur á hópa- / menningarlegu viðmiði (e. group/cultural norm) í máli og samskiptum, hugmyndafræðilegur rammi tals upp í félags-menningarlegt valdamisvægi (e. socio-cultural power imbalances). **Ytri samskipti (e. external communication)** vísar til samskipta utan teymisins, til skipuheimildarinnar eða viðskiptavina.

Tillagan er að nota viðtöl við kennara og liðsmenn til að fá yfirsýn yfir stöðuna. Þættirnir 43 sem áður voru skilgreindir (sjá Tafla 2) eru leiðbeinandi við framkvæmd viðtalsins. Við mat á þáttum er nauðsynlegt að hafa skilgreiningarnar við höndina. Þar sem ramminn er ekki hannaður til að vera mjög nákvæmur er nóg að meta hvern þátt á einfaldan þriggja stiga tölukvarða; núll fyrir að þáttur virkar ekki fullnægjandi, einn fyrir fullnægjandi frammistöðu og tveir fyrir góða frammistöðu. Tafla 3 sýnir dæmi um niðurstöður úr mati þar sem stuðst er við þess konar einkunnakvarða, sjá ítarlegri umfjöllun í Unnthorsson og Oddsson (2020).

Tafla 3 – Dæmi um niðurstöður einkunnagjafar fyrir alla 43 frammistöðuþættina og heildarstig hvers þáttarhóps.

Liðsstjórnun	Liðssamhæfing	2	Liðsskipulag	Liðseiginleikar	2
	Ákvörðunartaka	0		Liðssamsetning	2
	Liðsíhugun	0		Skipulagðir ferlar	1
	Liðsendurgjöf	0		Upplýsingageymsla	1
	Liðsstjórnunarferli	1		Starfsemi á mörgum tímálínum	0
	Markvirkni liðs	0		Samstaðsetning	2
	Markmið / sýn	0		Þátttökutími í liði	0
	Árangursendurgjöf	0		Samtals (hámark 14)	8
	Samtals (hámark 16)	3		Fyrirbyggjandi félagsmótunarhegðun	2
Liðsumh	Skipuheimildarígræðsla	0	Liðsmeðlim	Hvatning	2
	Nægar auðlindir	1		Verkhæfni	0
	Tilvist trausts	1		Mannleg hæfni	1

Innri virkni liðs	Árangursmælikerfi	1	Verk	Viðhorf	2
	Mat og þóknun	2		Hugrænir þættir	2
	Samtals (hámark 10)	5		Samtals (hámark 12)	9
	Liðsfélagsmótun	2		Umfang	0
	Þvingunaráhrif	0		Vinnuálag	0
	Félagsleg leti og meðvirkni	2		Samhengi verka og skjala	0
	Aðlögunarerfiðleikar	2		Flækjustig verka	1
	Liðslærdómur	1		Gagnvirkni verka	1
	Liðsvitund	1		Samtals (hámark 10)	2
	Liðseinkenni	1		Innri samskipti	2
	Þættir trausts	2		Misræmi í samskiptum	1
	Liðsþjálfun	1		Ytri samskipti	2
Samtals (hámark 18)	12	Samskipti	Samtals (hámark 6)	5	

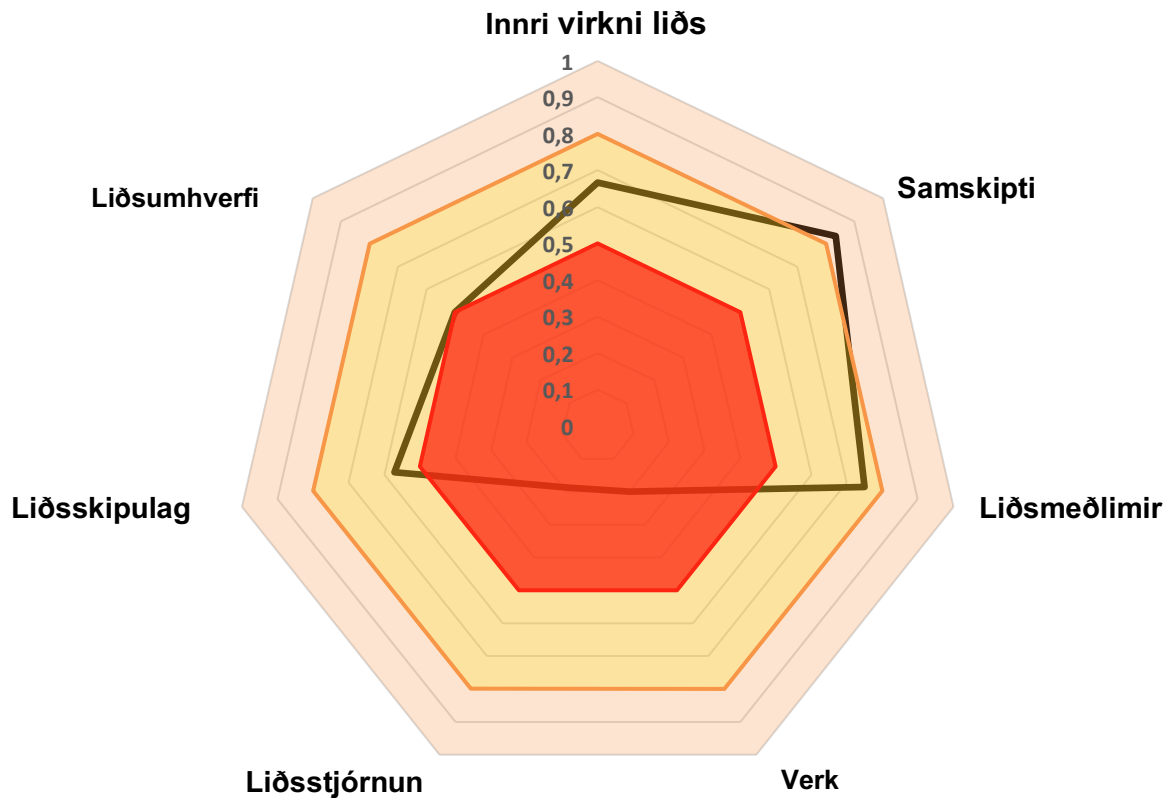
Stig fyrir þættina eru síðan dregin saman fyrir hvern hóp. Höfundar stinga upp á tveimur leiðum til að leggja saman stig til að skapa heildareinkunn:

- 1) **Jafnt vægi þátta** þar sem hver þáttur getur fengið mest 2 stig og hver hópur mest tvisvar sinnu fjöldi þátta (merkt sem *hámark* töflu 3). Heildarstigin verða samanlögð stig allra þátta (mest 86 stig)
- 2) **Jafnt vægi hópa** þar sem hver hópur getur fengið 100 stig. Heildarstigin verða samanlögð stig allra hópanna (mest 700 stig).

Tafla 4 - Heildarstig þáttahópa, hámarksstig sem hægt er að fá í hverjum hóp og einkunn mv. einkunnarfyrirkomulag, einkunn á heildarframmistöðu með tveimur aðferðum (Unnthorsson & Oddsson, 2020).

Þáttahópar	Jöfn vigtun frammistöðuþátta			Jöfn vigtun hópa		
	Stig	Hámark	Einkunn %	Stig	Hámark	Einkunn %
Innri virkni liðs	12	18	67%	67	100	67%
Samskipti	5	6	83%	83	100	83%
Liðsmeðlimir	9	12	75%	75	100	75%
Verk	2	10	20%	20	100	20%
Liðsstjórnun	3	16	19%	19	100	19%
Liðsskipulag	7	14	50%	50	100	50%
Liðsumhverfi	5	10	50%	50	100	50%
	43	86	50%	414	700	59%

Til að auðvelda auðkenningu vandamálasvæða benda höfundar á að nota ratsjárrit með stigagjöf hópsins í 100 kvarða. Mynd 1 sýnir dæmi um myndræna framsetningu á frammistöðuþáttum (úr töflu 4) með ratsjárriti.



Mynd 1 – Ratsjármynd sem sýnir þáttahópana 7 og hvernig myndrænt má sjá einkunnir sem fást með aðferðinni.

Umræða

Aðferðafræðin sem hér var kynnt veitir ekki ítarlegt mat á frammistöðu heldur gefur hún vísbendingar – hún er einhvers konar hitamælir á frammistöðuna. Við heimildarýnina fundust nokkrar aðferðir sem nota má til að meta frammistöðu teyma og er gaman að setja aðferðafræðina sem kynnt var hér í samhengi við nokkrar þeirra. Til að byrja með er heimspekileg nálgun (Soltanzadeh & Mooney, 2016). Aðferðafræðin sem kynnt er hér er blanda af kerfisbundinni nálgun þar sem heildin er skoðuð og stigveldi. Heildstæða nálgunin tekur á umbreytingarferlinu frá ílagi, umbreytingu yfir í frágang en stigveldisnálgunin í eðli sínu brýtur kerfið niður í viðráðanlega búta sem hægt er að meta og draga saman í lokin. Grundvallarmælikerfið (Rouse et al., 1992) í aðferðafræðinni sem kynnt er í þessari grein er í flokknum munnleg / skrifleg skýrsla en ekki reynslu (e. empirical)- eða greiningarlíkan (e. analytical modelling). Aðferðin miðar að því að finna vandamálasvæði og viðtöl henta mjög vel til að fá skjóta innsýn. Sama gildir um grundvallarsviðin sem aðferðin fjallar um. Það eru þrjú meginsvið, nýmyndun gilds hugtaks (e. the synthesis of a valid concept) stjórnun auðlinda og innri starfsemi teymis (Keefe, Glancey, & Cloud, 2007) og fjallar PAINTER um þau öll. Aðferðin beinist að því að greina hvort markmið viðskipta og hönnunar séu þekkt og notuð við framkvæmd verkefnisins (Dong et al., 2004). Og svo hvort þessi markmið séu í takt við innri starfsemi teymisvinnunnar. Aðferðin tekur bæði tillit til ytri og innri frammistöðu teymisins (Zhang & Zhang, 2015). Aðferðin fjallar þó ekki um ítarlegri þætti eins og mæliaðferðir (Andersson, Rankin, & Diptee, 2017), mælingarvandamál (Mendibil & Macbryde, 2005) eða hvernig

eigi að smíða mælikerfi fyrir teymisvinnuna (Mendibil & Macbryde, 2005). Aðferðin fer heldur ekki í smáatriði varðandi vinnuafsnýtingu (Grant & Hallam, 2016), jafningjamat (Williams, He, Elger, & Schumacher, 2007) eða einstaklingsvitund (Dong et al., 2004).

Aðferðin ætti að vera gagnleg við greiningu á almennum teyimum sem og tækniteyimum, sem fyrsta vísbendingartæki á hugsanlegum vandamálssvæðum í teymisvinnu. Mat á árangri og skilvirkni aðferðarinnar er einnig áhugavert. Höfundar hafa notað aðferðina til að meta nemendadrifið, þverfaglegt verkefni í háskólanum þar sem erfitt hefur reynst að bæta árangur árangur í lengri tíma (Unnthorsson & Oddsson, 2020). Með því að vinna með lykildpersónum sem þekkja til teymisins er hægt að beita aðferðinni á fljótlegan hátt til að fá heildaryfirsýn yfir frammistöðupætti teymis og til að greina hvar helstu frammistöðuvandamál liggja. Eins og áður segir var aðferðafræðin hugsuð sem einhvers konar hitamælir á frammistöðu teymis. Vegna þess var einkunnagjöfin höfð gróf, þ.e. einungis þrjár einkunnir gefnar, og því er í lagi þó að lykildpersónurnar sem unnið er með við greininguna þekki ekki fyllilega til allra frammistöðupáttanna – aðferðin gefur engu að síður vísbendingar um stöðuna.

Höfundar sjá fyrir sér framtíðarvinnu þar sem hægt væri að gera ítarlegri leiðbeiningar um hvernig mætti safna gögnum til að meta þættina 43. Það mundi fela í sér gerð spurningalista fyrir sérhvern þátt. Sem dæmi um spurningar þá eru þættirnir liðsíhugun (e. team reflexivity) og liðsendurgjöf (e. team feedback) tengdir (Gabelica et al., 2014). Fyrir liðsendurgjöf gæti spurning verið: *Hefurðu fengið endurgjöf á frammistöðu liðsins tengda einstaka einingum verksins?* Á meðan spurning fyrir þáttinn liðsíhugun gæti verið: *Er skipulög úrvinnsla á endurgjöf á frammistöðu liðs þar sem liðið íhugar a) hvernig árangur eða vandamál liðsins tengjast við hegðun þess, b) hvort liðið gat náð sama árangri á annan hátt og c) hvernig verður liðið betra í næsta verkefni?* Framkvæmd gæti verið á nokkra vegu, til dæmis: liðsmenn svara sjálfir, matsaðili ræðir við liðsmenn, matsaðili metur án viðræðu eða teymið íhugar og svarar spurningum saman.

Samantekt

Kynnt var kerfisbundin aðferðafræði til að meta frammistöðu nemendateyma í umfangsmiklum verkefnanámskeiðum. Aðferðin var þróuð út frá niðurstöðum ítarlegrar heimildarvinnu um aðferðir til að meta frammistöðu nemendateyma. Aðferðin tekur á 43 frammistöðupáttum sem skipt var í sjö hópa eftir eðli þeirra. Gögnin sem aðferðin byggir á eru fengin með viðtölum við lykildpersónur, sem þekkja vel til teymisins og starfsumhverfis þess. Allir frammistöðupættirnir hafa verið skilgreindir og nýtast skilgreiningarnar til leiðbeiningar í viðtölunum. Aðferðin er fljótleg í notkun og gefur vísbendingar um frammistöðu teymis. Niðurstöðurnar má rýna á töfluformi eða á ratsjarkorti. Niðurstöðurnar nýtast síðan til að meta hvort ástæður séu til breytinga og til að taka ákvarðanir um forgangsröðun aðgerða.

Aðferðafræðin byggir á því að viðmælendur fara kerfisbundið í gegnum frammistöðupættina 43 og ræða þá, hugleiða og meta. Er það mat höfunda að til að teymi geti bætt frammistöðu sína þurfi reglulega að ræða, hugleiða og meta frammistöðupættina. Þar sem aðferðafræðin tekur á fjölmörgum þáttum sem hafa áhrif á frammistöðuna, þ.e. innri þáttum sem og ytri þáttum, nýtist hún bæði stjórnendum sem og teyminum sjálfum. Í framtíðinni væri fróðlegt að prófa aðferðina utan menntageirans því frammistöðupættirnir 43 eiga einnig við teymi í atvinnulífinu.

Heimildir

Andersson, D., Rankin, A., & Diptee, D. (2017). Approaches to team performance assessment: a comparison of self-assessment reports and behavioral observer scales. *Cognition Technology & Work*, 19(2-3), 517-528. doi:10.1007/s10111-017-0428-0

- Brewer, E. C., & Holmes, T. L. (2016). Better Communication = Better Teams: A Communication Exercise to Improve Team Performance. *Ieee Transactions on Professional Communication*, 59(3), 288-298. doi:10.1109/tpc.2016.2590018
- Bron, R., Endedijk, M. D., van Veelen, R., & Veldkamp, B. P. (2018). The Joint Influence of Intra- and Inter-Team Learning Processes on Team Performance: A Constructive or Destructive Combination? *Vocations and Learning*, 11(3), 449-474. doi:10.1007/s12186-018-9197-z
- Culp, G., & Smith, A. (2001). Understanding psychological type to improve project team performance. *Journal of Management in Engineering*, 17(1), 24-33. doi:10.1061/(asce)0742-597x(2001)17:1(24)
- Daniel, L. J., & Davis, C. R. (2009). WHAT MAKES HIGH-PERFORMANCE TEAMS EXCEL? *Research-Technology Management*, 52(4), 40-45.
- DeFranco, J. F., Neill, C. F., & Clariana, R. B. (2011). A Cognitive Collaborative Model To Improve Performance in Engineering Teams-A Study of Team Outcomes and Mental Model Sharing. *Systems Engineering*, 14(3), 267-278. doi:10.1002/sys.20178
- Dong, A., Hill, A. W., & Agogino, A. M. (2004). A document analysis method for characterizing design team performance. *Journal of Mechanical Design*, 126(3), 378-385. doi:10.1115/1.1711818
- Driskell, J. E., Salas, E., & Hughes, S. (2010). Collective Orientation and Team Performance: Development of an Individual Differences Measure. *Human Factors*, 52(2), 316-328. doi:10.1177/0018720809359522
- Gabelica, C., Van den Bossche, P., De Maeyer, S., Segers, M., & Gijssels, W. (2014). The effect of team feedback and guided reflexivity on team performance change. *Learning and Instruction*, 34, 86-96. doi:10.1016/j.learninstruc.2014.09.001
- Goswami, A., Walia, G., & Singh, A. (2015). Using Learning Styles of Software Professionals to Improve Their Inspection Team Performance. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 25(9-10), 1721-1726. doi:10.1142/s0218194015710060
- Grant, K. P., & Hallam, C. R. A. (2016). Team performance in a lean manufacturing operation: it takes the will and a way to succeed. *International Journal of Technology Management*, 70(2-3), 177-192. doi:10.1504/ijtm.2016.075161
- Grossman, S. (1997). Turning technical groups into high-performance teams. *Research-Technology Management*, 40(2), 9-11.
- Guastello, S. J. (2010). Nonlinear Dynamics of Team Performance and Adaptability in Emergency Response. *Human Factors*, 52(2), 162-172. doi:10.1177/0018720809359003
- Hodgson, A., Hubbard, E. M., & Siemieniuch, C. E. (2013). Toward an Understanding of Culture and the Performance of Teams in Complex Systems. *Ieee Systems Journal*, 7(4), 606-615. doi:10.1109/jsyst.2012.2206153
- Keefe, M., Glancey, J., & Cloud, N. (2007). Assessing student team performance on industry sponsored design projects. *Journal of Mechanical Design*, 129(7), 692-700. doi:10.1115/1.2722791
- Kichuk, S. L., & Wiesner, W. H. (1997). The Big Five personality factors and team performance: implications for selecting successful product design teams. *Journal of Engineering and Technology Management*, 14(3-4), 195-221. doi:10.1016/s0923-4748(97)00010-6
- Lau, K., Beckman, S. L., & Agogino, A. M. (2012). Diversity in Design Teams: An Investigation of Learning Styles and their Impact on Team Performance and Innovation. *International Journal of Engineering Education*, 28(2), 293-301.
- Lee, P. K. C., To, W. M., & Yu, B. T. W. (2013). Team attributes and performance of operational service teams: An empirical taxonomy development. *International Journal of Production Economics*, 142(1), 51-60. doi:10.1016/j.ijpe.2012.05.005
- Liu, P., & Li, Z. (2012). Task complexity: A review and conceptualization framework. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(6), 553-568. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.09.001>

- Lynn, G. S., & Reilly, R. R. (2000). Measuring team performance. *Research-Technology Management*, 43(2), 48-56.
- Macht, G. A., & Nembhard, D. A. (2015). Measures and models of personality and their effects on communication and team performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 49, 78-89. doi:10.1016/j.ergon.2015.05.006
- Mendibil, K., & Macbryde, J. (2005). Designing effective team-based performance measurement systems: an integrated approach. *Production Planning & Control*, 16(2), 208-225. doi:10.1080/09537280512331333101
- Menegazzo, J. S., Cruz-Ortiz, V., Ortega-Maldonado, A., & Salanova, M. (2015). Positive Institutions and their relationship with transformational leadership, empathy and team performance. *Multidisciplinary Journal for Education Social and Technological Sciences*, 2(2), 38-64. doi:10.4995/muse.2014.3694
- Menekse, M., Higashi, R., Schunn, C. D., & Baehr, E. (2017). The Role of Robotics Teams' Collaboration Quality on Team Performance in a Robotics Tournament. *Journal of Engineering Education*, 106(4), 564-584. doi:10.1002/jee.20178
- Menekse, M., Purzer, S., & Heo, D. (2019). An investigation of verbal episodes that relate to individual and team performance in engineering student teams. *International Journal of Stem Education*, 6, 13. doi:10.1186/s40594-019-0160-9
- Nukic, I. S., Galic, M., & Dolacek-Alduk, Z. (2015). IMPACT OF CHANGES IN A PROJECT TEAM STRUCTURE ON THE TEAM PERFORMANCE. *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-E-Gfos*, 10, 47-57. doi:10.13167/2015.10.7
- Palmqvist, H., Bergstrom, J., & Henriqson, E. (2012). How to assess team performance in terms of control: a protocol based on cognitive systems engineering. *Cognition Technology & Work*, 14(4), 337-353. doi:10.1007/s10111-011-0183-6
- Patrashkova-Volzdoska, R. R., McComb, S. A., Green, S. G., & Compton, W. D. (2003). Examining a curvilinear relationship between communication frequency and team performance in cross-functional project teams. *Ieee Transactions on Engineering Management*, 50(3), 262-269. doi:10.1109/tem.2003.817298
- Pennaforte, A. (2017). The influence of proactive socialization behaviors and team socialization on individual performance in the team. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 17(4), 413-421.
- Rouse, W. B., Cannonbowers, J. A., & Salas, E. (1992). THE ROLE OF MENTAL MODELS IN TEAM PERFORMANCE IN COMPLEX-SYSTEMS. *Ieee Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 22(6), 1296-1308. doi:10.1109/21.199457
- Salas, E., Cooke, N. J., & Rosen, M. A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547. doi:10.1518/001872008x288457
- Salas, E., DiazGranados, D., Klein, C., Burke, C. S., Stagl, K. C., Goodwin, G. F., & Halpin, S. M. (2008). Does Team Training Improve Team Performance? A Meta-Analysis. *Human Factors*, 50(6), 903-933. doi:10.1518/001872008x375009
- Sauer, J., Felsing, T., Franke, H., & Ruttinger, B. (2006). Cognitive diversity and team performance in a complex multiple task environment. *Ergonomics*, 49(10), 934-954. doi:10.1080/00140130600577502
- Schippers, M. C. (2014). Social Loafing Tendencies and Team Performance: The Compensating Effect of Agreeableness and Conscientiousness. *Academy of Management Learning & Education*, 13(1), 62-81. doi:10.5465/amle.2012.0191
- Sinclair, M. A., Siemieniuch, C. E., Haslam, R. A., Henshaw, M., & Evans, L. (2012). The development of a tool to predict team performance. *Applied Ergonomics*, 43(1), 176-183. doi:10.1016/j.apergo.2011.05.004

- Sivasubramaniam, N., Liebowitz, S. J., & Lackman, C. L. (2012). Determinants of New Product Development Team Performance: A Meta-analytic Review. *Journal of Product Innovation Management*, 29(5), 803-820. doi:10.1111/j.1540-5885.2012.00940.x
- Soltanzadeh, S., & Mooney, M. (2016). Systems Thinking and Team Performance Analysis. *International Sport Coaching Journal*, 3(2), 184-191. doi:10.1123/iscj.2015-0120
- Unnthorsson, R., & Oddsson, G. V. (2020). Frammistöðumat á umfangsmiklum nemendateymum. *Verktækni*, 26(1).
- Urban, J. M., Weaver, J. L., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1996). Effects of workload and structure on team processes and performance: Implications for complex team decision making. *Human Factors*, 38(2), 300-310. doi:10.1518/001872096779048101
- Williams, B. C., He, B. B., Elger, D. F., & Schumacher, B. E. (2007). Peer evaluation as a motivator for improved team performance in Bio/Ag engineering design classes. *International Journal of Engineering Education*, 23(4), 698-704.
- Zhang, L. Y., & Zhang, X. (2015). SVM-Based Techniques for Predicting Cross-Functional Team Performance: Using Team Trust as a Predictor. *Ieee Transactions on Engineering Management*, 62(1), 114-121. doi:10.1109/tem.2014.2380177



Naustavör í Kópavogi – Rannsóknir og grundun

Pálmi R. Pálmason^a, Gunnar Þorláksson^b, Guðjón Þór Ólafsson^b

^aVerkís, verkfræðistofa, Ofanleiti 2, 103 Reykjavík.

^bBYGG byggingafélag, Borgartúni 31, 105 Reykjavík

Fyrirspurnir/Correspondance

Pálmi R. Pálmason
prp@verkis.is

Samþykkt til birtingar 24. ágúst 2021.

Aðfararorð

Verkís og fyrirrennari þess hefur verið ráðgefandi um grundun á Naustasvæði í Kópavogi frá því Björgun hf. hóf að fylla þar upp úr síðustu aldamótum. Fyllingarsvæðið er um 500 m langt, allt að 200 m breitt og liggur nokkuð samsíða Kársnesbraut, sjá mynd 1.

Svæðið náði frá landi um 150 m eða svo út í sunnanverðan Fossvog. Þá voru þarna laus botnlög almennt 4-5 m þykk, einkum fíngert set, mis-skeljaríkur fínsandur og sylti. Fyllt var yfir svæðið með mól sem dæluskip Björgunar Sandey vann af sjávarbotni, einkum úr Kollafirði, en að einhverju leyti einnig úr Engeyjarri. Í fyrstu var fyllt austast á svæðinu, nokkurn veginn í fulla breidd 100 – 150 m og þannig óx fyllingarsvæðið til vesturs. Mólinni var í fyrstu dælt upp að fjöru, en eftir að yfirborð fyllingarinnar náði upp úr sjó var dælt á það. Þannig varð nokkur aðskilnaður í fyllingunni því „fleytið“ rann einkum vestur af fyllingunni út í sjó. Þegar á leið þurfti að gera nokkurra metra djúpa rennu inn í fyllinguna svo unnt væri með sæmilegu móti að koma fyllingarefni úr skipinu nægilega langt upp á fyllinguna. Allan þennan hluta vinnunnar annaðist Björgun hf. og naut eftir atvikum aðstoðar verktaka.

Þegar skipulag lá fyrir voru byggingarreitir á fyllingunni fergðir. Fergið var einkum mól sem síðar nýttist annars staðar á svæðinu. Sigplötur voru settar á nokkrum stöðum á fyllingunni áður en fergt var, til þess annars vegar að greina sigræða svo segja mætti hvenær óhætt væri að fjarlægja fergið og hefja þar byggingu húsa, en hins vegar hvert líklegt heildarsig yrði á svæðinu og hvort það yrði breytilegt frá einum stað til annars.

Sigplötum var m.a. komið fyrir á lóð húsa nr. 52-58 líkt og við fergingu annarra lóða og grannt fylgst með sigi í botnlögum. Ólíkt öðrum lóðum, þar sem sig var nokkuð jafn yfir alla lóðina, var sig mismikið á lóðinni; minnst syðst og vestast en jókst bæði til norðurs og austurs, en þykkt lausu botnlaganna jókst þangað. Sigmælingar bentu þannig til þess annars vegar að sig þarna tæki hlutfallslega langan tíma og hins vegar að líkur á mismunasigi húsa á lóðinni væru nokkrar. Því þótti ljóst að nota þyrfti aðrar aðferðir á þessari lóð en gert hafði verið á lóðum þeim sem þegar hafði verið byggt á.

Í fyrstu var kannað hvort þjöppun næðist með tveimur 13-15 t titurvölturum sem valta mundu samhliða og samtímis. Í slíkum völturum er unnt að stilla titringstíðni. Þetta var reynt, en ekki

náðist nægilegur titringur í dýpstu botnlögum svo þjöppun næðist. Því varð annað að koma til. Hér er þess jafnframt að geta að í NA-horni lóðarinnar er dýpst á fast, þ.e. lausu lögin þykkust, svo einhvers konar djúppjöppun þurfti þar. Líklega hafði „innsiglingarrenna“ Sandeyjar verið þarna og endurfyllt af fingerðasta fleytinu þegar dælt var inn á fyllinguna austar.

Í ljósi þessa mælti Verkís með djúppjöppun með „titurstaur“, aðferð sem hafði m.a. skilað góðum árangri í grunni Þjórsárstíflu í Kvíslaveitu skömmu fyrir síðustu aldamót. Aðferðin leiddi til viðunandi þjöppunar lausu botnlaganna í stíflugrunninum.

Þar sem viðkomandi tæki, krani, titurhamar, og H-biti með ásoðnum „eyrum“ voru tiltæk á vormán-uðum var ákveðið að reyna og sjá hvernig til tækist, hvort viðunandi þjöppun næðist.

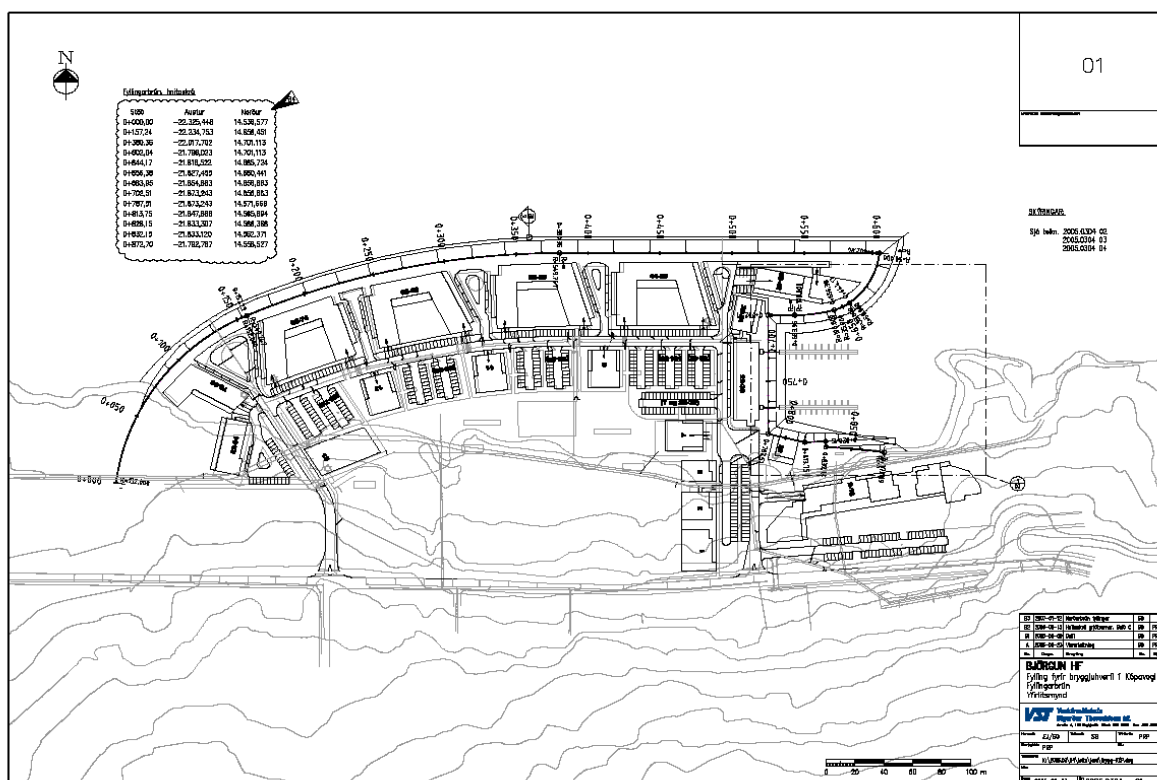
Í greinargerð þessari eru tekin saman helstu gögn um aðgerðir á lóð Naustavara 52-58 svo sem; upplýsingar um lausu botnlögin í lóðinni og fergingu þar, sigmælingar, boranir, vatnshæðarmælingar í rörum er ná niður úr botnlögum, völtun og djúppjöppun ásamt líklegum áhrifum umræddra aðgerða.

Eitt helsta áhyggjuefnið var að djúppjöppun kynni að valda ysjun í lausu botnlögum.

Miðað var við að húsalengjan í Naustavör 52-58 yrði grunduð á fyllingunni og þá þannig að húsið sem er U-laga hvíldi á þykki ríkulega járnbentri botnplötu sem tengd væri áhvílandi veggjum á þann hátt að samverkun yrði milli botnplata og veggja. Grunnurinn er þannig líkastur „steinnökkva“ og svo stífur að álag á grunninn verður sem jafnast og þannig dregið úr möguleikum og líkum á mismunasigi milli einstakra húshluta. Allar lagnir eru í nökkvanum sem einfaldar framkvæmdirnar umtalsvert.

Mikil og affærasæl samvinna var með þeim sem að verkinu komu sem skilaði góðri framkvæmd og mjög viðunandi árangri að því er best verður séð.

Helstu þátttakendur í framkvæmdinni voru: Gunnar Þorláksson, Einar Már Steingrímsson, Guðjón Þór Ólafsson og fjölmargir aðrir hjá BYGG svo og ýmsir frá Verkís.



Yfirlit yfir myndir

Mynd 1	VST hf. Teikn. 2005.0304 01, dags. 2005-06-23. Björgun hf. Fylling fyrir bryggjuhverfi Naustahverfi í Kópavogi. Fyllingarbrún, Yfirlitsmynd.	22
Mynd 2	VST hf. Teikn. 2005-0304-3, dags. 2006-03-07. Björgun og BYGG. Laus jarðlög og fylling í Kópavogi, 3-vídd.	25
Mynd 3	Lóðir við Naustavör, hús nr. 52-58 eru auðkennd bleik á lit.	27
Mynd 4	Sýnir vatnshæðarmæla sem settir voru niður í janúar 2020. Sigplata var í hverju húshorni.	28
Mynd 5	Snið A-A eftir austurhlið húss nr. 52-58.	29
Mynd 6	Snið B-B eftir vesturhlið húss nr. 52-58.	29
Mynd 7	Sigplötur í fargi á húsgrunni nr. 52-58.	30
Mynd 8	Sigmælingar á fargi í grunnum nr. 52-58.	30
Mynd 9	Titurhamarinn á staurnum hangandi í krana.	31
Mynd 10	Djúppjöppun með titurstaur. Hér eru tvenn „eyru“, soðin hornrétt á bitann. Hvert eyra er tæpur 1 m á lengd, um 0,25 m breið stálplata við staurinn.	32
Mynd 11	Djúppjöppun með titurstaur. Nokkrar þjöppunarholur á svæðinu.	32
Mynd 12	Veðurþættir sem Veðurstofan mældi við Bústaðaveg meðan á þjöppun stóð.	34
Mynd 13	Vatnshæðarferillinn 30. janúar 2020. X-ásinn sýnir m y.s. en y-ásinn tíma.	35
Mynd 14	Vatnshæð.	35
Mynd 15	Vatnshæð.	36

Yfirlit yfir töflur

Tafla 1	Dýpi borhola við Bryggjuhverfi í Kópavogi.	23
Tafla 2	Niðurstöður rannsókna á sýnum.	24
Tafla 3	Sigeiginleikar notaðir í fyrstu sigreikningum.	25
Tafla 4	Langtíma efniseiginleikar.	26

Jarðlög á svæðinu

Fyrir lágu m.a. eftirfarandi upplýsingar um boranir, sýnatöku og niðurstöður rannsókna á sýnum úr lausu botnlögum áður en fylling Björgunar hófst:

Tafla 5 Dýpi borhola við Bryggjuhverfi í Kópavogi.

Hola	Dýpi á hafsbötn [m]	Dýpi á fast [m]	Þykkt botnlags [m]
A	-4,0	-7,7	3,7
B	-3,5	-7,2	3,7
C	-4,0	-8,0	4,0
D	-4,5	-8,4	3,9
E	-3,9	-9,0	5,1

Staðsetning umræddra borhola er sýnd á mynd 3.

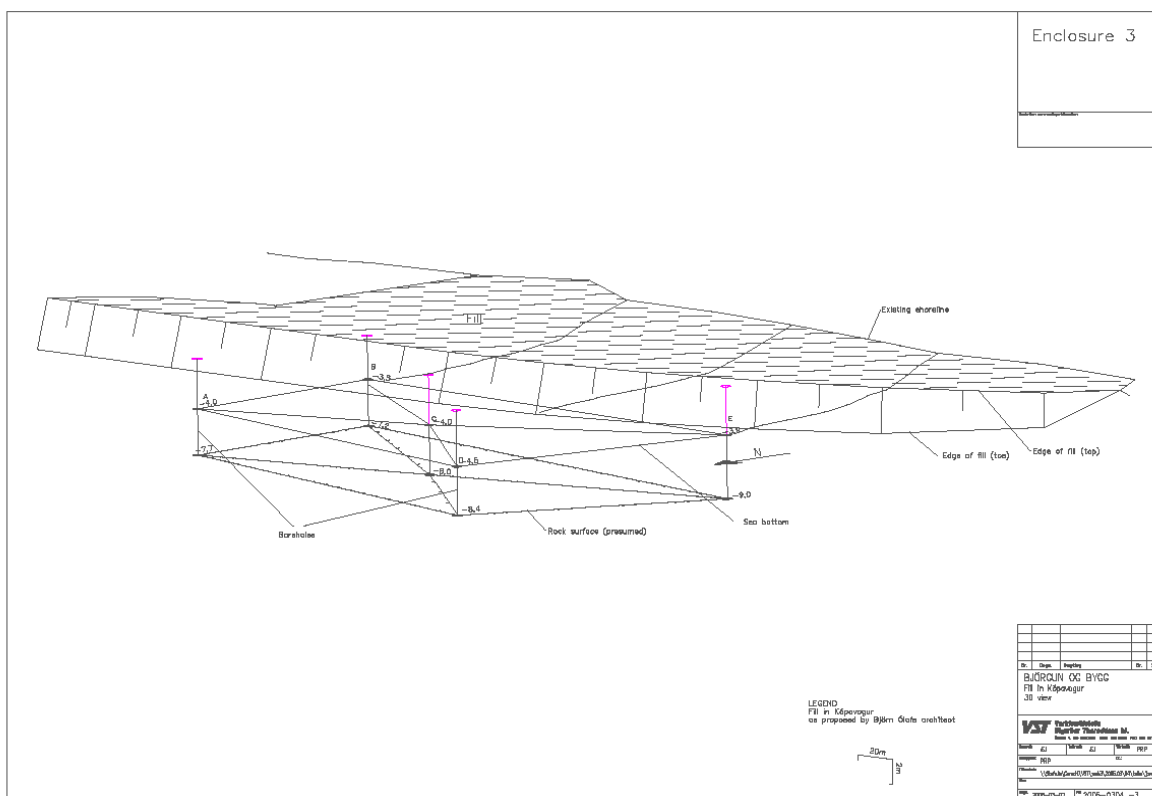
Niðurstöður borana leiddu í ljós að þykkt lausu botnlaganna utarlega á fyllingarsvæðinu væri almennt 4 til 5 m og ykist heldur eftir því sem fjær dregur landi.

Tafla 6 Niðurstöður rannsókna á sýnum.

Sýni	Dýpi [m]	Greining	Raki [%]	Rúmþyngd [kN/m ³]	Korna-rúmþyngd [kN/m ³]
A-1-1	-6,6	Grá sylti/leir, skeljabrot	80,7	14,8	-
A-2-1	-5,3	Grá sylti/leir, mjög mjúk skeljabrot	70,5	15,6	2,76
A-3-1	-4,1	Grá sylti/leir/sandur og skeljabrot	115,2	-	-
B-1-1	-5,5	Grá sylti/leir, skeljar og vottur af gróðurtrefjum. Þétt efni í öllum hólknum.	116,4	13,8	2,56
B-2-1	-3,6	Dökkgrá/svört sylti/leir, vottur af fínum sandi og skeljabrot. Virðist lífrænt í bland	136,5	-	-
B-2-3	-4,5	Grá sylti/leir með skeljabrotum	86,2	14,6	-
C-1-1	-6,1	Grár leir/sylti með skeljabrotum af gróðurefnum, þétt efni í öllum hólknum.	70,7	15,0	-
C-2-1	-4,1	Sendin sylti/leir með skeljabrotum	107,2	-	-
D-1-1	-6,7	Grár leir/sylti með skeljabrotum	78,8	14,8	-
D-2-1	-4,6	Sendin sylti/leir með skeljabrotum	65,6	-	-
E-1-1	-6,1	Grár þéttur leir/sylti með skeljabrotum	95,7	14,9	2,59
E-2-1	-3,4	Sendin svört efja. Rotnunarlykt	131,7	-	-

Sýnin þóttu benda ótvírætt til þess að setið þarna sé um flest líkt því sem algengt er við svipaðar aðstæður við innanverðan Faxaflóa þótt lagskipting væri að líkum ólík.

Þar sem sýnin voru röskuð fengust hvorki úr þeim einhlítar upplýsingar um sigeiginleika né skúfstyrk viðkomandi botnlaga. Hins vegar var álitid að niðurstöður þær sem fram koma í Töflu 2 nægðu t.þ.a. segja mætti með viðunandi vissu fyrir um líklegt sig á svæðinu undan fyrirhugaðri álagsaukningu sem og að með samanburði við önnur laus botnlög á Reykjavíkursvæðinu fengist nægilega nákvæm vitneskja um skúfstyrksþætti lausu botnlaganna.



Mynd 3 Laus jarðlög og fylling í Kópavogi, 3-vídd.

Sigeiginleikar - áætlaðir

Sigeiginleikar fyllingarinnar voru því ákvarðaðir út frá samanburði við viðkomandi eiginleika úr prófunum á sýnum úr svipuðum botnlögum á Reykjavíkursvæðinu. Miðað var við að í sigreikningum yrði notuð aðferð N. Janbu og lagt til að eftirfarandi eiginleikar yrðu notaðir:

Tafla 7 Sigeiginleikar notaðir í fyrstu sigreikningum

Efni	Efniseiginleikar			
	Rúmþyngd [kN/m ³]	m-gildi	r _s [σ > p _c]	C _v [cm ² /mín.]
Fínsandur	17	20	500	1,0
Sylti	17	15	250	0,5

Þessi gildi eru trúlega nærri lagi og þá sem meðalgildi fyrir hvora jarðlagsgerð sem er. Að hinu er þó að gæta að jarðlögin þarna eru að því er virðist ekki einsleit, ýmist fínsandur eða sylti á stóru svæði heldur einhvers konar blanda þessara efnisgerða svo að mjög nákvæma þekkingu á þykkt og efnisgerð þyrfti svo ætti að vera unnt að segja með nákvæmni og vissu fyrir um hegðun botnlaganna undan álagi á einhverjum stað. Því þótti nærtækara og líklegra til viðunandi árangurs að fergja byggingarreitina og fylgjast grannt með sigi undan farginu sem var gert.

Af sjálfu leiðir að í sigreikningum þarf enn fremur að gera ráð fyrir sigi í sjálfri fyllingunni, en þar sem fyllingarmölin er fremur grófgerð kemur sig í henni fram jafnóðum og álag eykst.

Enn fremur þótti ljóst að leiðrétt þyrfti töluleg gildi efniseiginleika í ljósi niðurstaðna sigmælinga á hverjum stað.

Skúfstyrkur – áætlaður

Sýni úr lausu botnlögum voru röskuð, eins og nefnt er að framan, svo ekki fengust úr þeim einhlítar upplýsingar um skúfstyrk. Hann er því áætlaður annars vegar út frá því sem reynst hefur vera í svipuðum jarðlögum á Reykjavíkursvæðinu og hins vegar út frá niðurstöðum stæðni-reikninga sbr. áður útgefnar skýrslur.

Í fínefnaríkum jarðlögum flyst öll álagsaukning í fyrstu á vatn í efninu svo að vatnsþrýstingur hækkar sem veldur tímabundinni lækkun skúfstyrks þess. Með tímanum lagast viðkomandi vatnsþrýstingur að ríkjandi grunnvatnsstöðu og skúfstyrkurinn hækkar samsvarandi.

a) Á framkvæmdatíma

Á framkvæmdatíma er í fínefnaríkum jarðvegi gjarnan reiknað með svokölluðum „ódrenuðum“ skúfstyrk og að hann sé 0,4xlóðrétt álag. Þetta var m.a. haft til hliðsjónar í fyrri stæðnireikningum okkar fyrir fyllingarbrúnina. Það reyndist hins vegar ofmat í ljósi þess að brúnin skreið fram.

Nær lagi virtist vera að „ódrenaður“ skúfstyrkur í lausu jarðlögum sé: $\tau = 20$ kPa þ.e. aðeins þriðjungur til helmingur þess sem að óreyndu hefði mátt ætla.

Því lögðum við til að miðað yrði á fyllingartíma (skammtímaálag) við að sá skúfstyrkur væri í óspjölluðum botnlögum á svæðinu.

b) Til langs tíma

Þótt botnlögin séu að hluta til sýltarrík og því hlutfallslega þétt, eru inn á milli grófgerðari fínsandslög sem flýta fyrir sigi og aðlögun (útjöfnun) vatnsþrýstings. Því gerum við ráð fyrir að skúfstyrkur í lausu botnlögum hækki umtalsvert með tímanum. Hversu hratt það gerist er háð lekt og þykkt lausu botnlaganna á hverjum stað. Af þessu leiðir að til langs tíma ræðst staðbundinn skúfstyrkur þarna einkum af aðstæðum þ.e.a.s. af núningshorni í efninu og virku álagi.

Þannig reiknast t.d. skúfstyrkur til langs tíma á 6 m dýpt og 5 m undir grunnvatnsborði miðað við að meðalrúmpýngd sé 18 kN/m^3 og núningshorn 45° , en samloðun engin:

$$\tau = (18 \times 1 + 8 \times 5) \text{ tg } 45^\circ = 58 \text{ kPa}$$

Erfitt er að segja einhlítt um hversu langur tími þurfi að líða frá því að fyllt er yfir botnlög þar til slíkt ástand verði komið á, enda ótal breytistærðir ákvarðandi þar um.

Miðað við að meðallagþykkt sýltar milli grófgerðra (sand)laga sé 2 m og að svonefndur sigstuðull c_v sýltarinnar sé $0,5 \text{ cm}^2/\text{mín}$ tæki viðkomandi styrktaraukning um tvær vikur.

Þetta mætti t.d. staðfesta með því að fylgjast með lækkun vatnsþrýstings í botnlögum.

Lagt var til að við grundun á svæðinu verði miðað við gildi í Töflu 4.

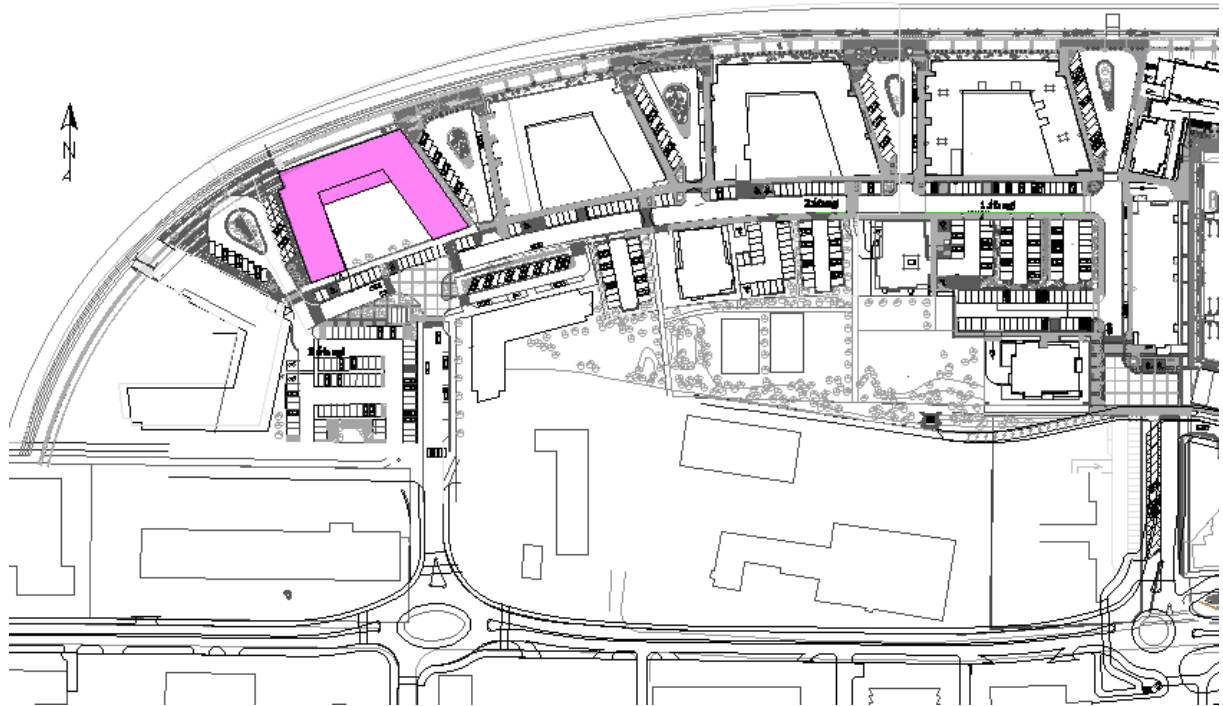
Tafla 8 Langtíma efniseiginleikar.

Efni	Rúmpýngd [kN/m ³]	Fjaðurstuðull [kPa]	Samloðun [kPa]		Núningshorn [°]	
			Hágildi	Lággildi	Hágildi	Lággildi
Botnlag	17	5.000	25	10	30	25
Botnlag-fylling	17	6.000	0	0	35	30
Fylling	19	20.000	0	0	45	40

Jarðlög í grunni N52-58

Rannsóknir bentu ekki til annars en að hvoru tveggja, þ.e. sjávarbotni og undirliggjandi klapparborði, hallaði jafnt og fremur lítið út í Fossvog. Þannig er um 4 m sjávardýpt þegar komið er 150 m eða svo frá landi, en þar eru 8-9 m á fast.

Lóðin Naustavör 52-58 er næstvestasta lóðin í Bryggjuhverfinu á norðanverðu Kársnesi. Mynd 3 sýnir vestari hluta Naustavararsvæðisins.



Mynd 4 Lóðir við Naustavör, hús nr. 52-58 eru auðkennd bleik á lit.

Samkvæmt borunum eru botnlög á svæðinu almennt 4-5 m þykk, einkum fremur fíngert set, mis- skeljaríkur fínsandur og sylti. Reyndar er þetta ekki einhlítt, því lausu botnlögin í N52-58 lóðinni eru sums staðar allmiklu þykkri auk þess sem þeim hallar miklu meira til NA en almennt er þarna. Björgun hf hóf að fylla á svæðið upp úr síðustu aldamótum. Fyllingarefnið var að mestu eða öllu leyti fíngerð, á köflum skeljarík, sendin mól úr námum þeim sem fyrirtækið nýtti þá í sjó. Mólinni fylgdi nokkuð af fínsandi og sylti, sem skildist mjög frá þegar efninu var dælt á land. Fíngerðasti efnishlutinn flaut vestur eftir fyllingunni eftir að hún náði upp úr sjó. Fleytið settist til ýmist vestarlega á henni eða rann í sjó fram. Vegna þessa eru líkur á einhverri lagskiptingu í fyllingunni og undirliggjandi botnlögum.

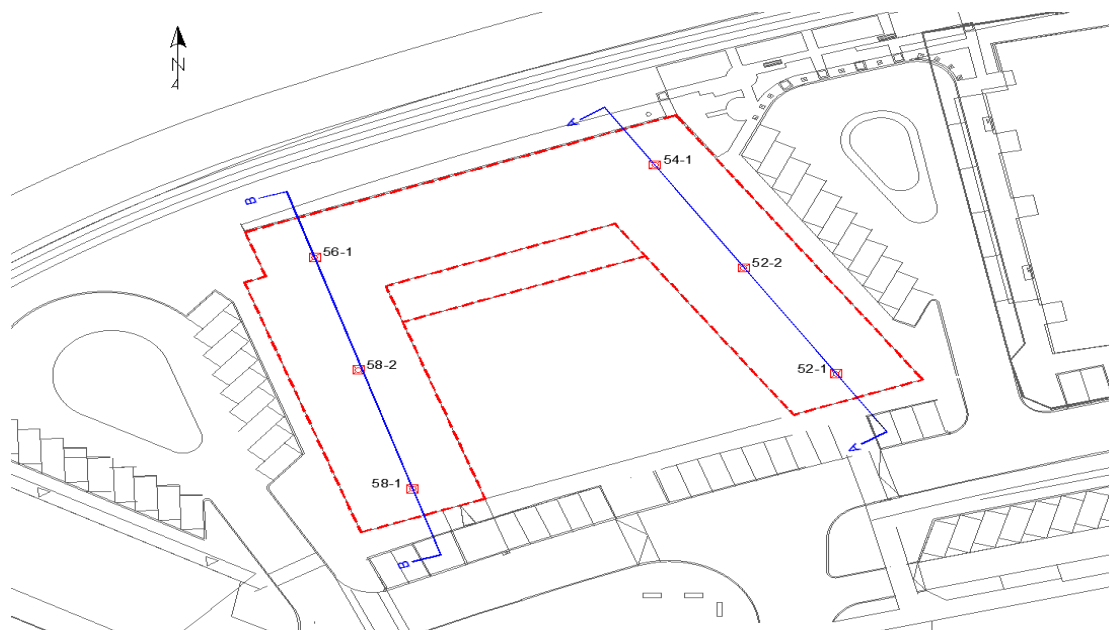
Við upphaf framkvæmda á svæðinu var ströndin 150 m sunnar í Fossvogi en nú er.

Boranir

Þegar einsýnt þótti að frekari ráðstafana væri þörf til þess að komast hjá skaðlegu mismunasi- gí húsanna að Naustavör 52-58 var afraðið að kanna lausu botnlögin í grunninum frekar. Fyrirtæki Árna Kópssonar var fengið til þess að bora sex rannsóknarholur sem ná niður í gegnum lausu botnlögin. Sýni voru tekin í borholunum og jarðlagaskipting í þeim greind með 0,5 m nákvæmni eða svo. Vatnshæðarmælur voru settir í holurnar til þess að fylgjast eftir atvikum með vatnsþrýstingsbreytingum við þjöppun lausu botnlaganna.

Rannsóknir þessar leiddu í ljós að milli fyllingar og klappar og/eða jökulruðnings eru misþykk, fremur laus, miskeljarík fínsands- og syltarlög, svo sem og við mátti búast skv. niðurstöðum sigmælinga.

Að öðru jöfnu veldur slík lagskipting hvoru tveggja; auknum sigráða og styrk. Botnlögin eru þykkust í NA-horni grunnsins og þynnast þaðan til suðvesturs að því marki, að suðvestast í lóðinni eru þau, ef einhver þá óveruleg.



Mynd 5 Sýnir vatnshæðarmæla sem settir voru niður í janúar 2020. Sigplata var í hverju húshorni.

Malarfylling nær niður í 7,0 - 9,5 m dýpt. Undir henni er allt að 6,5 m þykkt laust (sjávar)set, einkum mis-skeljaríkur fínsandur og þunn syltarlög. Hér er hafður svigi í ljósi þess að hugsanlega er a.m.k. hluti lagsins fleyti.

Í nokkrum holum undir sjávarsetinu næst klöpp er 1 - 2,5 m þykkur jökulruðningur.

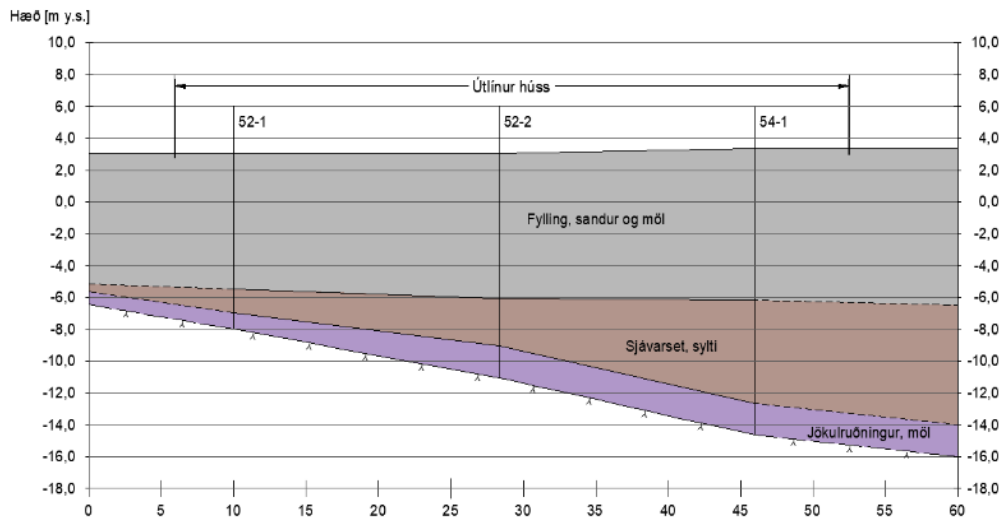
Dýpi á klöpp í lóðinni er mismikið, frá um 8 m niður í allt að 18 m og því þótti veruleg hættu á að húsið missigi yrði ekkert að gert. Þessi mikla dýpt á fast kom á óvart því fyrri rannsóknir bentu alls ekki til slíks.

Jafnframt er þess að gæta að syltarríka setið gaf tilefni til þess að lögin kynnu að ysast í verulegum jarðskjálfta.

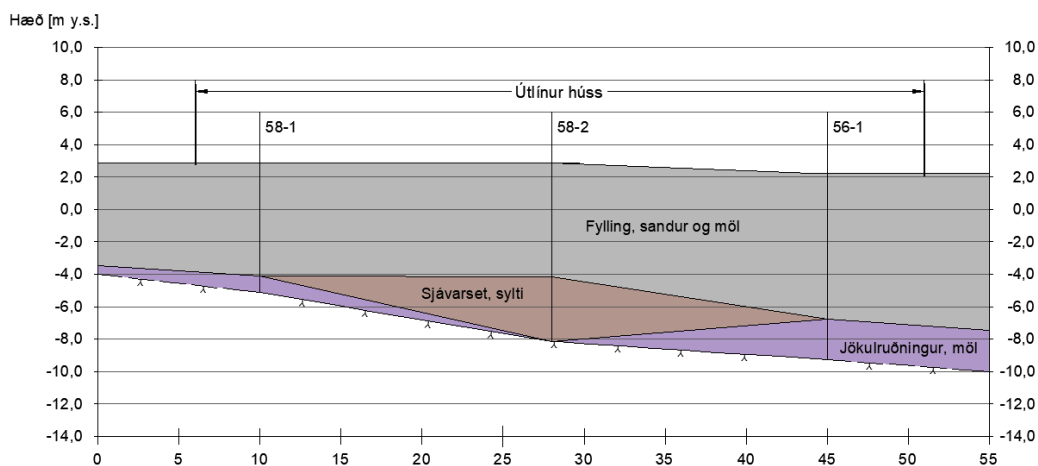
Helstu niðurstöður rannsókna sjást á myndum 5 og 6. Athygli vöktu breytileg jarðlög í lóðinni og hversu mismikil dýpt er þar á fast.

Því þótti nauðsynlegt að fylgjast grannt með áhrifum allra þjöppunaraðgerða í grunninum, hvort heldur væri sig, færsla eða vatnsþrýstingsbreytingar.

Sjá myndir 5 og 6.



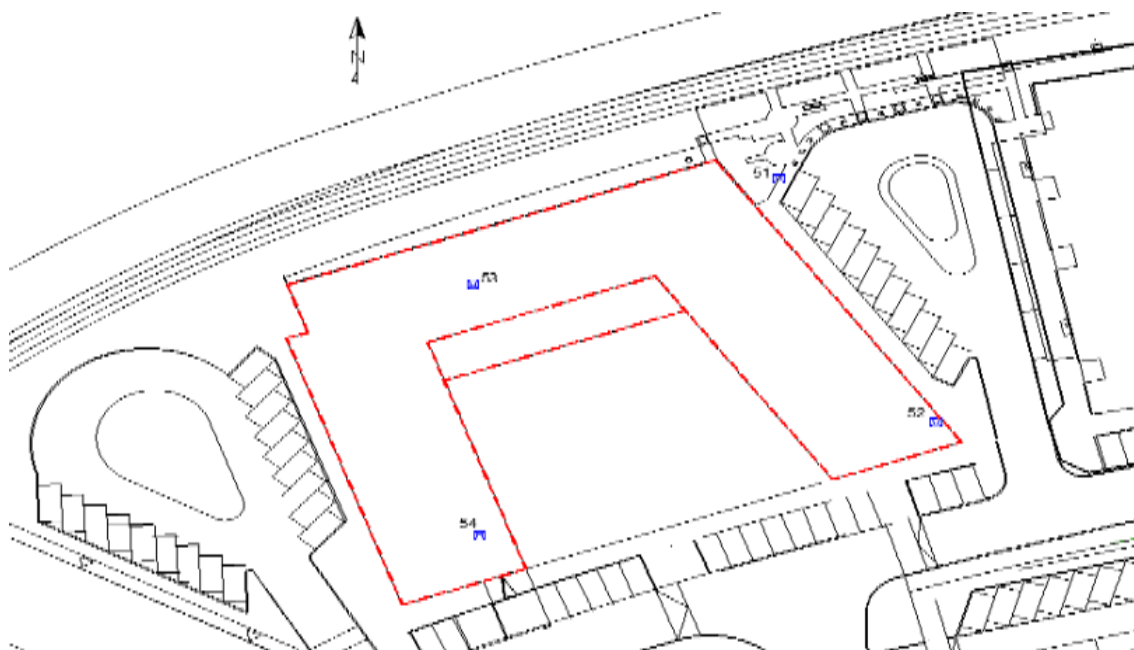
Mynd 6 Snið A-A eftir austurhlið húss nr. 52-58.



Mynd 7 Snið B-B eftir vesturhlið húss nr. 52-58.

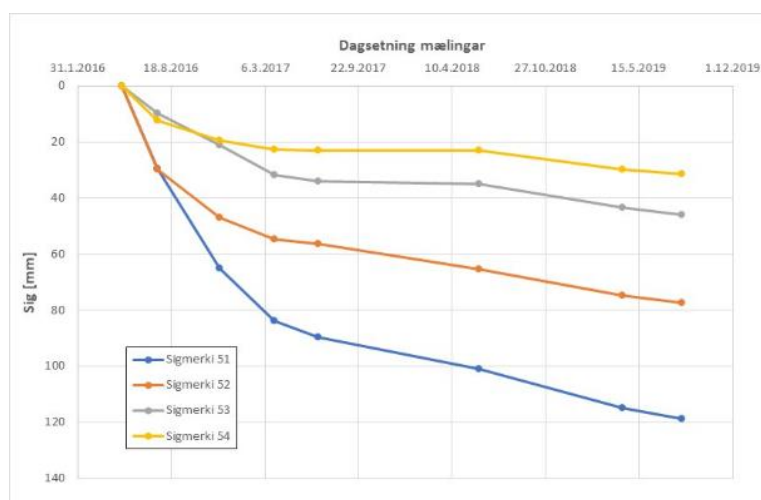
Grunnur N52-58, farg og sig

Til þess að botnlögin undir fyllingunni sigju varanlega var svæðið fergt vorið 2016. Fargið var almennt nokkuð umfram það álag sem verður frá áformuðum húsum á reitnum. Í fargið voru skömmu eftir að það komst á settar sigplötur, sem fyrst var mælt á í maí 2016. Sjá myndir 7 og 8.



Mynd 8 Sigplötur í fargi á húsgrunni nr. 52-58.

Á Mynd 8 eru niðurstöður mælinga á þær sigplötur sem auðkenndar eru á Mynd 7, en mælingar hófust sem fyrr segir um mitt ár 2016. Plöturnar hafa sigið mjög mismikið, frá um 30 mm plata 54, sem er í SV horni lóðarinnar, upp í um 120 mm, siglata nr. 51 í NA horninu. Hinar tvær sigplöturnar; nr. 52 í SA-horni og nr. 53 um mitt hús nr. 54, hafa einnig sigið umtalsvert.



Mynd 9 Sigmælingar á fargi í grunnnum nr. 52-58.

Ólíkt sigi á öðrum lóðum á svæðinu sigu mælipunktur í lóðinni mismikið, sjá Mynd 8. Út frá þekkingu á aðstæðum við sigmælan, var áætlað hversu miklu heildarsigi mætti að óbreyttu búast við á hverjum stað miðað við svipað álag. Sigferlarnir bentu enn fremur til að mismunasig þarna yrði óviðunandi og að framhald sigs yrði þarna talsvert, hraðast fyrst, en síðar mundi hægja á því. Með tímanum drægi úr hvoru tveggja sikhraða og sigi.

Mesta sigið yrði í norðaustur horni lóðarinnar, minnkandi bæði til suðurs og vesturs.

Aðgerðir til að flýta sigi

Til þess að flýta frekara sigi í lausu botnlögunum í lóðinni var reynd djúppjöppun með titurvölturum. Áður var farg fjarlæggt og lóðin lækkuð í kóta +2,5 m eða svo í hæðarkerfi Reykjavíkurborgar. Við þjöppunina voru samtímis notaðir tveir 13-15 t titurvaltarar, sem ekið var löturhægt samhliða með aðeins örstutt milli valtaranna sem í fyrstu voru stilltir á hæstu titringstíðni. Allt kom þó fyrir ekki. Þetta skilaði lítilli sem engri þjöppun lausu laganna djúpt í grunninum svo það var aflagt. Annað varð að koma til svo ekki þyrfti að grunda húsin á staurum.

Djúppjöppun, reikningslegar forsendur

Innskot

Við þéttingu grunns þjósárstíflu í Kvíslaveitu þar sem eru hlutfallslega laus, fínsending, lek setlög, hafði náðst að þjappa og þétta stíflugrunninn með svokölluðum „titurestaur“. Þá eru gjarnan tvö eða fleiri eyru soðin hornrétt á H-bita sem rekinn er niður í grunninn. Eyrur þessi eru um 1 m langar og um 0,25 m breiðar stálplötur, tvær og tvær í hverri hæð sbr. meðf. Mynd 10. Bitinn er rekinn, með eða án titrings, í fulla dýpt og þar settur titringur á hann. Titringurinn er gjarnan hafður á staurnum í nokkrar mínútur í hverri dýpt og hann því næst dreginn upp í um 1 m þrepum og látið titra í smá tíma, t.d. 5 mín. í hverju þrepi. Titringurinn leiðist út í ofanefnd eyru sem orsaka titring í lausa jarðlaginu sem þjappast þannig. Beint áhrifasvæði titringsins nær þannig vel 1 m út frá staurnum auk þess sem titringsins gætir bæði upp og niður frá eyrunum og umhverfis staurinn.

Slíkur titurhamar er til hérlendis og fékkst sá með skömmum fyrirvara leigður í framkvæmdina. Guðjón Þór Ólafsson jarðvinnuverkstjóri hjá BYGG útvegaði H-bita og í samvinnu við Stefán formann verktaka þess sem á titurhamarinn gekk hratt að ganga frá umræddum tólum og tækjum í grunninum.

Hafist var handa við djúppjöppunina 25. mars 2020 og má segja að verkið hafi í heild gengið að óskum þrátt fyrir smávægilegar „hraðhindranir“ af ýmsum toga.

Titurstaurinn var mest um 19 m langur og hangir í krana, sjá meðf. mynd, rekinn um 18 m.



Mynd 10

Titurhamarinn á staurnum hangandi í krana.

Djúppjöppun hófst í grunninum undir austurálmú hússins. Fyrir hádegi var staurinn rekinn í SA hluta svæðisins, því næst var í NA hlutanum og loks í miðju austurálmú.

Eina vatnsprýstingsútslagið sem varð vart þegar staurinn var fyrst rekinn niður var í mælum 52-2 og 54-1. Síðar um daginn hófst djúppjöppun á ný milli mæla 52-1 og 52-2.

Mesta útslagið var í mæli 52-2 og hélst það svo meðan þjappað var þarna til norðurs, þrátt fyrir að mælir 54-1 hafi verið næst þjöppuninni sem líklega bendir til mismunandi lektar innan jarðlaganna.



Mynd 11 Djúppjöppun með titurstaur. Hér eru tvenn „eyru“, soðin hornrétt á bitann. Hvert eyra er tæpur einn metri á lengd, um 0,25 m breið stálplata við staurinn.



Mynd 12 Djúppjöppun með titurstaur. Nokkrar þjöppunarholur á svæðinu.

Erfitt er að mæla einhlítt árangur þjöppunarvinnunnar en þó má nálgast hann með því t.d. að meta breytingu holrýmdar í lausu botnlögunum, og þá miðað við að sig í grunninum við framkvæmdina sé eingöngu vegna þess að lausu lögin þjappast saman og holrýmd í þeim minnki þar með.

Sé sem dæmi miðað við ástand þar sem þykkt lausra botnlaga hafi verið 2 m fyrir þjöppun og þau þjappast saman um 0,5 m fæst holrýmd n ákvörðuð út frá eftirfarandi líkingu:

$$n = 1 - (\gamma / (1 + w) \gamma_s)$$

Hér er: n holrýmd í lausu botnlögunum (tölugildi)

γ (meðal)rúmþyngd í lausu botnlögunum hér: 15 kN/m³,

w (meðal)rakastig í lausa botnlögunum (tölugildi), hér: 70 %

γ_s (meðal)kornarúmþyngd í lausu botnlögunum, hér: 28,0 kN/m³

Holrýmd fyrir djúppjöppun:

Með því að setja tölugildi þessara efnispáttanna inn í líkinguna fæst að holrýmd í lausu botnlögunum sé 68,5 %.

Holrýmd eftir djúppjöppun:

Miðað við að botnlögin á tilteknum stað í grunninum hafi verið 2 m þykk og þjappast saman í 1,5 m. Þá reiknast holrýmd eftir þjöppun, án tillits til rakabreytinga, 58 % og meðalrúmþyngd þar eftir þjöppun 20 kN/m³. Reikningsleg holrýmd hefur samkvæmt því minnkað um 10 % við aðgerðirnar.

Á þessum niðurstöðum eru þó m.a. þeir annmarkar að við vitum að vatn þrýstist eitthvað út úr botnlögunum við þjöppunina svo rakastig eftir hana er í reynd nokkru lægra en það sem hér er notað og holrýmd eftir þjöppun því líklega nær 55 %.

Útreikningarnir sýna að okkar mati trúlegar niðurstöður og benda til þess að botnlögin hafi þjappast að því marki að sig í þeim undan húsinu verði takmarkað.

Árangur þjöppunar í N52-58 grunni – hönnun undirstaðna

Áhrif þjöppunar með tveimur titurvölturum á mismunandi tíðni á yfirborði grunnsins hefur væntanlega náð niður í gegnum fyllinguna og hún því býsna vel þjöppuð í heild.

Á hinn bóginn náðist ekki á þann hátt að þjappa lausu botnlögin alls staðar í grunninum jafnmikið, sbr. kaflann hér á undan. Lausu botnlögin eru samkvæmt boruninum breytileg að þykkt, sjá jarðlagasnið, mest allt að 8 m.

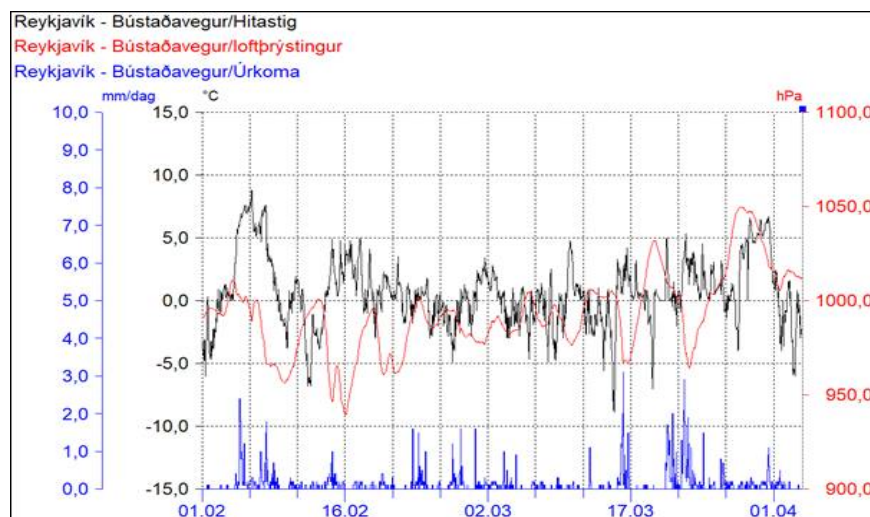
Að því er tekur til áhrifa af djúppjöppuninni er rétt að nefna að þegar reynt var að endurreka titurstaurinn á svæði sem áður hafði verið þjappað reyndist mjög erfitt að koma staurnum niður í gegnum þjappaða lagið.

Til góða kemur að álagið frá húsinu dreifist með aukinni dýpt og þess gætir því hlutfallslega minna þeim mun neðar sem er í grunninum.

Lögð var áhersla á að við hönnun undirstaðna yrði tekið tillit til aðstæðna með því að ganga svo frá steypu undirstöðunni að platan og neðsti hluti veggja yrði stíf heild, sem yfirfæri álag og jafni það sem best út.

Veður

Á ýmsu gekk í veðri á því rúmlega tveggja mánaða tímabil sem djúppjöppun stóð yfir. Á umræddu tímabili gengu nokkrar lægðir yfir landssvæðið með tilheyrandi loftþrýstingsbreytingum, ofankomu og hitasveiflum. Veðrið er þó ekki álitnið hafa haft teljandi áhrif á vatnsþrýsting í borholunum.



Mynd 13 Veðurþættir sem Veðurstofan mældi við Bústaðaveg meðan á þjöppun stóð

Eftir því sem þjöppunin færðist nær sjó minnkaði útslagið í vatnshæðamælunum, sem bendir til þess að jarðlög fjær ströndu þarna séu lekari.

Vatnsþrýstingsmælingar

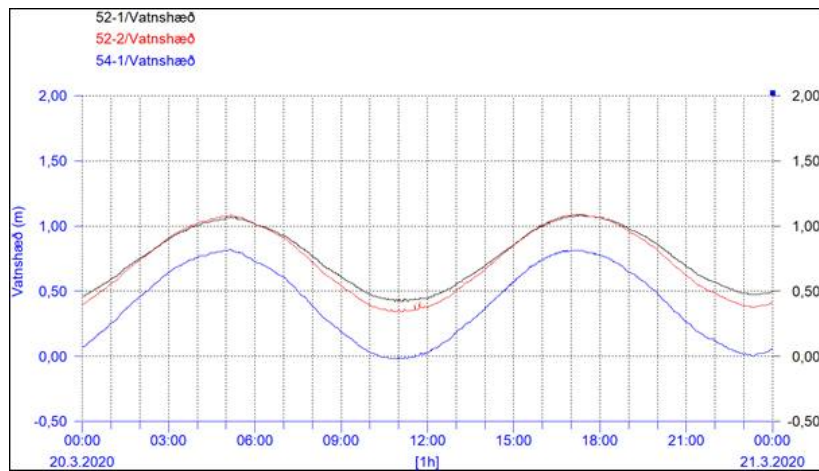
Grunnvatnsstaða í lóðinni stjórnast einkum af meðalsjávarstöðu í Fossvogi, þótt mikið tímabundið aðrennsli kunni að hafa þar áhrif. Fyrirfram var óttast að titringur sá sem þjöppun lausu jarðlaganna ylli leiddi til svo mikillar vatnsþrýstingshækkunar þar að skúfstyrkur í lausu botnlögum lækkaði hættulega mikið meðan slíkt ástand varði. Þrýstingshækkun í jarðlögum myndi á hinn bóginn hækka vatnsborð í borholunum sem kæmi fram í vatnshæðamælunum. Þá þóttu í versta falli vera líkur á að titringurinn ylli staðbundinni ysjun í lausu botnlögum, hugsanlega með ógnvænlegum afleiðingum. Öryggis vegna var því nauðsynlegt að fylgjast grannt með vatnsþrýstingi og breytingum á honum í botnlögum við þjöppunina.

Í þessu skyni voru í janúar 2020 settir niður sex vatnshæðamælur dagana 27. og 28. janúar 2020. Nákvæmni mælanna er 1 cm. Mælarnir voru stilltir til að safna gögnum á 1-5 mínútna fresti, eftir því hvar þjöppun fór fram hverju sinni. Tveir mælur af þeim sex sem voru settir niður sendu niðurstöður beint til Verkíss þar sem forritið Hydras tók við gögnunum og teiknaði vatnshæðina upp, sjá mynd 14. Þannig mátti fylgjast með viðkomandi ástandi án þess að vitja mælanna.

Hinir fjórir mælarnir senda ekki upplýsingarnar heldur þarf að sækja gögnin í þá og lesa inn í Hydras. Mælur sem senda gögnin voru settir þar sem setið var þykkast.

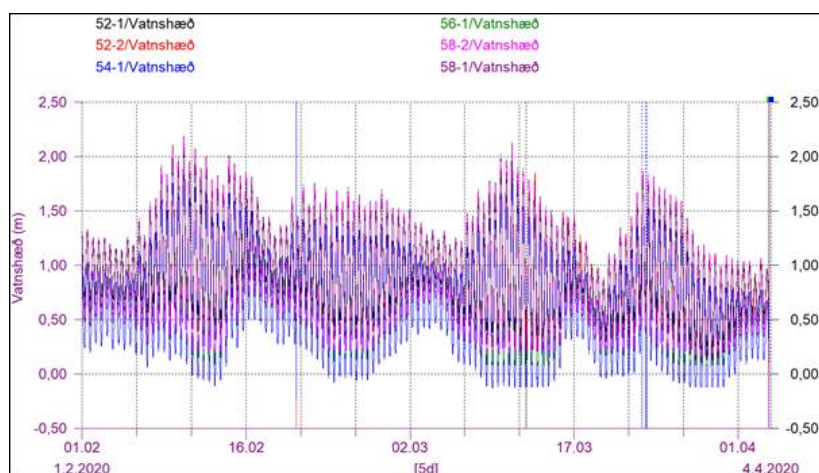
Vatnshæðaferlarnir í mælunum sýna m.a. glögg flóð og fjöru í Fossvogi og jafnframt stórstreymi og smástreymi, sjá Mynd 13, enda mælarnir eingöngu í 30-60 m fjarlægð frá sjó, og standa þar að auki í malarfyllingu sem sjórinn á næsta greiða leið um.

Sigplata var við hvern vatnshæðarmæli.



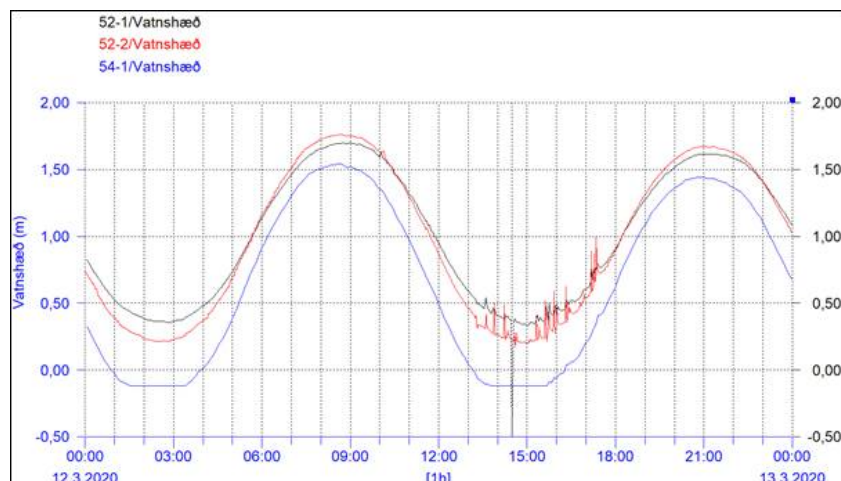
Mynd 14 Vatnshæðarferillinn 30. janúar 2020. X-ásinn sýnir m y.s. en y-ásinn tíma.

Eftir því sem þjöppunin færðist nær sjó minnkaði útslagið í vatnshæðamælunum, sem bendir til þess að jarðlög fjær ströndu þarna séu lekari.



Mynd 15 Vatnshæð.

Vatnshæð í þremur borholum undir austurálmum fyrsta sólarhringinn sem þar var djúppjappað. Vatnsborð í borholum sveiflaðist umtalsvert, en mismikið.



Mynd 16 Vatnshæð.

Vatnshæð undir austurálmú þegar norðausturluti grunnsins var djúp-þjappaður. Meginsveiflurnar endurspeglar flóð og fjöru.

Við þjöppun reis vatnshæð hratt í borholum þegar staurinn var rekinn, en féll hratt aftur. Yfirþrýstingur sem myndast við titringinn jafnaðist þannig hratt út og náði hvergi að byggjast upp svo nokkru nemi á hlutfallslega stóru svæði.

Tæknilegar upplýsingar um framkvæmdirnar

i. Helstu tæki

Valtarinn

Volvo SD 135B sem er 12.7 tonn.

Tromlan er 2,134 m á breidd, en 1,510 m að þvermáli.

Í djúpþjöppun voru valtararnir stilltir á 32 Hz en á púða og yfirborði voru þeir stilltir á 24 Hz.

Við þjöppun bögglabergs (grús) í efsta lag undir hús var notuð tíðnin 26 Hz (hefðbundin í bögglabergi).

Djúppjöppun

Hamarinn er af gerðinni PVE 38E og vegur 7.5 tonn uppsettur.

„Eccentric moment“ (hjámiðjuvægi/miðflóttaafli): 38 kgm.

Max. centrifugal force (útsláttur): 1200 kN.

Biti í hamarinn (H-biti)

Bitinn sem var notaður er 30x30 að ummáli og fyrsti vængur 0,60 m frá neðri enda.

Byrjað var að nota bitann 12 m langan og hann lengdur í 18 m þar sem grunnurinn er dýpstur.

Bitinn var svo stytur í 14 m þegar þjappað var vestar þar sem grynna er á fast.

Á bitanum er 4 vængir (2x2 í hvorri hæð) uppsettir hornrétt á H-bitann.

Verklýsing í djúpþjöppun

Bitinn var rekinn niður með um 2 m millibili. „Gígarnir“ sem mynduðust við þjöppun voru um 2 m í þvermál og um 0,5 m djúpir.

Þjöppun í hverri holu tók að meðaltali um 40 mín.

ii. Tækjaskrá

Eftirtalin tæki voru í meira og minna mæli notuð við grunninn:

- Valtari: tveir Volvo SD135B.
- Dísilhamar: PVE 38E og með honum glussadæla sem telst með (eitt sett frá framleiðanda).
- „Búkollur“: BELL 30D og BELL 30E.
- Borun: Sérlega útbúin tæki frá Vatnsborun Árna Kópssonar.
- Vörubílar: tveir Volvo FH 13 "trailerar", tveir 4 öxla vörubílar Volvo FM 12 og Volvo FH 12 og nokkrir fleiri eftir atvikum.
- Gröfur: Volvo EW 160E (hjólagrafa), NEW HOLLAND 3.6 (hjólagrafa), HITACHI ZX 280 (belta-grafa), VOLVO EC 480 (belta-grafa).
- Mælitæki frá Verkís og Wolfram (gps, alstöð o.fl.).
- Mobile krani: Grove 5220 (220 tonna krani).
- Honda rafstöð, Top Con laserar, Ammann 700 kg þjappa, Atlas Copco 700 kg þjappa, Ammann 230 kg þjappa og Ammann 110 kg þjappa ásamt nokkrum fleiri smátækjum.

Samantekt

Í grein þessari eru dregnar saman upplýsingar um það helsta sem fram hefur farið á lóðinni Naustavör 52-58 sem vegna margháttaðra aðstæðna ríkjandi á lóðinni, einkum jarðfræðilegra og jarðtæknilegra krafðist býsna ítarlegra og umfangsmikilla kannana svo fyllsta öryggis væri gætt í hvívetna.

Mjög góð samvinna hefur verið með þeim sem að framkvæmdunum hafa komið, þ.e: starfsmönnum BYGG og starfsliði VERKÍSS, verkfræðilegra raðgjafa við aðgerðir á svæðinu.

Segja má að flest við framkvæmdir í grunninum hafi gengið snuðrulaust fyrir sig, þótt aðstæður þar séu um margt frábrugðnar t.d. þeim sem eru austar á Naustavararsvæðinu. Klapparyfirborði í grunninum hallar mest til austurs og er á um 8 til 18 m dýpt. Á klöppinni, sem er Reykjavíkurgrágrýti, er víða 1-2 m þykkt jökulruðningslag og ofan á því a.m.k. á hluta lóðarinnar laus, allt upp í um 10 m þykk, mis-skeljarík botnsetslög, einkum sylti og fínsandur.

Að öllu samanlögðu verður a.m.k. enn ekki annað séð en að vel hafi tekist til með flest við grunn húsaraðarinnar Naustavör 52 – 58 í Kópavogi.

