



## **BSc í byggingartæknifræði**

Endurbætur á kaldvatnsbrunnum og  
tillaga að hönnun nýrrar brunngerðar

**Júní 2019**

**Nafn nemanda:** Sigurjón Bjarni Bjarnason

**Kennitala:** 081295-3289

**Leiðbeinandi:** Brynjólfur Björnsson

*24 ECTS ritgerð til BSc í byggingartæknifræði*

## Tækni- og verkfræðideild

### Heiti verkefnis:

Endurbætur á kaldvatnsbrunnum og tillaga að hönnun nýrrar  
brunngerðar

### Námsbraut:

Byggingartæknifræði B.Sc

### Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í tæknifræði B.Sc

### Önn:

Vorönn 2019

### Námskeið:

BT LOK  
1012

### Ágrip:

Fjallað er stuttlega um upphaf vatnsveitunnar í Reykjavík og þeim vandamálum sem voru til staðar í hinu upphaflega dreifikerfi á köldu vatni. Þá er lýst tilurð og tilgangi kaldvatnsbrunna. Farið er yfir uppbyggingu þeirra og mismunandi gerðir kaldvatnsbrunna kynntar. Farið er yfir rekstur þeirra og helstu vandamálum lýst. Í kjölfarið voru skilgreindar lausnir og endurbætur á kaldvatnsbrunnum og ný brunngerð hönnuð. Kostnaður er metinn og hagkvæmni nýrra og endurbættra brunna metin.

### Höfundur:

Sigurjón Bjarni Bjarnason

### Umsjónarkennari:

Guðbrandur Steinþórsson

### Leiðbeinandi:

Brynjólfur Björnsson

### Fyrirtæki/stofnun:

Veitur

### Dagsetning:

### Lykilorð íslensk:

Kaldvatnsbrunnur,  
mælibrunnur

### Lykilorð ensk:

### Dreifing:

opin

lokuð

til:

## Formáli

Verkefni þetta varð til í kjölfar skoðunarferðar Háskólans í Reykjavík til Orkuveitunnar. Kynning var haldin í Rafveituhúsinu í Elliðaárdal um rafveituna, vatnsveituna og hvernig starf Orkuveitunnar hefur þróaðist með árunum.

Þar var rætt við Hlín Benediktsdóttur hjá Veitum og falaðist undirritaður eftir hugmyndum um áhugaverð lokaverkefni, sem hann hafði áhuga á að vinna í samstarfi við Veitur.

Ákveðið var að halda fund hjá Veitum um málið. Á fundinum voru, auk undirritaðs, Hlín og Sverrir Guðmundsson fulltrúar Veitna. Rætt var um að nú væri orðið tímabært að skoða kaldavatnsbrunna, og kanna hvort ekki væru einhverjar nýjar hugmyndir um hönnun þeirra og útfærslu. Þetta skemmtilega og krefjandi verkefni er afsprengi þessa fundar.

Höfundur hafði ekki mikla þekkingu á bakgrunninum, hvorki veitumálum almennt, né kaldavatnsbrunnum, og fannst því verkefnið vera tilvalið tækifæri til að fræðast og læra um heim kaldavatnsbrunna og leita nýrra lausna á hönnun þeirra.

Verkefnið var einstaklega krefjandi en fyrst og fremst áhugavert og skemmtilegt. Leiðbeinanda mínum í verkefninu, Brynjólfi Björnssyni vil ég þakka fyrir frábært samstarf, hann var einstaklega þolinmóður og hafði ætíð hugmyndir og leiðbeiningar um hvað betur mætti fara og hvernig best væri að glíma við viðfangsefnið.

Verkefnið var unnið í góðu samstarfi við Veitur ohf., sem útveguðu upplýsingar, aðstöðu og veittu góðfúslega heimild til að skoða núverandi brunna. Veitum eru færðar sérstakar þakkir fyrir veitta aðstoð.

Ég vil þakka Hlín Benediktsdóttur hjá Veitum sérsaklega fyrir að hafa komið verkefninu af stað.

Loks vil ég þakka þeim Sverri Guðmundsyni og Olgeir Örlygssyni hjá vatnsveitunni hjá Veitum fyrir alla þá aðstoð sem þeir veittu mér. Þeir stóðu þétt við bakið á mér og leiðbeindu mér heilmikið, útveguðu gögn og upplýsingar. Án þeirra hjálpar hefði verkefnið aldrei náð neinu flugi.

Síðast en ekki síst vil ég þakka fjölskyldu minni fyrir að gefa sér tíma í að aðstoða mig og hvetja þegar þess þurfti með.

---

Sigurjón Bjarni Bjarnason

## Efnisyfirlit

Formáli .....	2
Myndaskrá.....	5
Töfluskrá .....	6
Ágrip.....	7
1 Inngangur .....	8
1.1 Markmið verkefnis .....	9
1.2 Ávinningur verkefnis .....	9
2 Forsaga .....	10
3 Almennt um kaldavatnsbrunna.....	12
3.1 Skilgreining á kaldavatnsbrunnum .....	12
3.2 Kaldavatnsbrunnar í Reykjavík .....	12
3.3 Af hverju er þörf á kaldavatnsbrunnum.....	14
4 Núverandi brunnar.....	16
4.1 Reglugerðir og staðlar .....	16
4.2 Öryggi starfsmanna vegna vinnu í kaldavatnsbrunni .....	16
4.2.1 Öryggisráðstafanir mannopsbrunna .....	17
5 Nánari greining á núverandi brunnum .....	18
5.1 Kaldavatnsbrunnar sem voru rannsakaðir .....	18
5.1.1 Kringlumýrarbrunnur (mannvirki nr. 82 ).....	18
5.1.2 Eldri Kringlumýrarbrunnur (mannvirki nr.48).....	19
5.1.3 Dælustöðin Hraunbrún (mannvirki nr.2) .....	19
5.1.4 Vatnsgeymirinn í Litluhlíð (mannvirki nr.112) .....	19
5.1.5 Mannopsbrunnurinn Hólmsársbrunnur (mannvirki nr. 94) .....	19
5.2 Búnaður í kaldavatnsbrunnum sem rannsakaðir voru .....	20
5.3 Almenn umfjöllun um núverandi brunna .....	20
5.3.1 Stórir brunnar .....	20
5.3.2 Mannopsbrunnar .....	22
6 Endurbætur á núverandi brunnum og hönnun nýrra brunna .....	24
6.1 Frekari þróun núverandi brunna .....	24
6.1.1 Fjarstýrðir lokar á lagnir .....	24
6.1.2 Mælibúnaður .....	25
6.2 Dæmi um hentugar staðsetningar á nýjum brunnum.....	25
6.3 Ný hönnun á kaldavatnsbrunnum .....	27

6.3.1 Útfærsla 1 - Mælibrunnar.....	27
6.3.2 Útfærsla 2 – Endurbætt hönnun mannopsbrunna.....	29
6.3.3 Útfærsla 3 – Endurbætur á stórum kaldavatsbrunnum .....	30
6.4 Samantekt – uppbygging mælibrunna .....	31
6.5 Samantekt – endurbætur á mannopsbrunnum .....	33
6.6 Samantekt – endurbætur á stórum brunnum.....	33
6.7 Kostnaðarmat við gerð og endurbætur brunna .....	36
7 Niðurstöður.....	37
7.1 Vandamál við núverandi brunna.....	37
7.2 Hönnun nýrra brunna.....	38
7.3 Endurbætur á núverandi brunnum .....	39
8 Umræða og túlkun .....	39
9 Samantekt .....	41
10 Heimildaskrá .....	42
11 Viðaukar .....	44
11.1 Viðauki 1: Verkferlar fyrir lokuð rými .....	44
11.2 Viðauki 2: Myndir af brunnum sem voru rannsakaðir .....	45
11.3 Viðauki 3: Nýr búnaður Nýr búnaður í mannopsbrunna .....	48
Mælibúnaður fyrir mælibrunna.....	51
11.4 Viðauki 4: Kostnaðaráætlun og útreikningar.....	53
11.5 Viðauki 5: Gátlisti fyrir hönnuði .....	57
11.6 Viðauki 6: Teikningar af nýjum brunnum .....	59

**Myndaskrá**

<i>Mynd 1</i> Kort af öllum kaldavatnsmannvikjum í Reykjavík [10].....	13
<i>Mynd 2: Loki með spindli að ofan</i> [11] .....	15
<i>Mynd 3: Loki með mótur á spindli</i> [11] .....	15
<i>Mynd 4: Inngangur í Kringlumýrarbrunn</i> [14].....	21
<i>Mynd 5: Stigapallur og stigi niður að lögnum</i> [14].....	21
<i>Mynd 6: Handvirkur spjaldloki á 600mm stál lögnum</i> [14] .....	22
<i>Mynd 7: Þrýstingsmælir á lögnum</i> [14] .....	22
<i>Mynd 8: Handvirkur spjaldloki á 250mm stál lögnum</i> [14] .....	22
<i>Mynd 9: Inngangur í Hólmsársbrunn að ofan</i> [14].....	23
<i>Mynd 10: Stigi niður í Hólmsársbrunn</i> [14].....	23
<i>Mynd 11: Aflestur af rennslismæli</i> [14] .....	24
<i>Mynd 12: Rakavél til að koma í veg fyrir ryð á lögnum</i> [14] .....	24
<i>Mynd 13: Dæmi um hverfi sem hægt er að afmarka</i> [13].....	26
<i>Mynd 14: Dæmi um hentugar staðsetningar fyrir mælibrunna</i> [13] .....	26
<i>Mynd 15: Reykjavík-Jarðhiti október 2017-janúar2018, daggildi í fjórum dýpum 10, 20, 50 og 100cm</i> [17] .....	29
<i>Mynd 16: Verkferlar sem ber að fylgja við vinnu í lokuðum rýmum</i> [10] .....	44
<i>Mynd 17: Verkferlar sem ber að fylgja við vinnu í lokuðum rýmum</i> [19] .....	44
<i>Mynd 18: Þrívíddarmynd af Kringlumýrarbrunni, mannvirki nr.82</i> [20] .....	45
<i>Mynd 19: Þrívíddarmynd af eldri Kringlumýrarbrunn, mannvirki nr.48</i> [20].....	45
<i>Mynd 20: Þrívíddarmynd af dælustöðinni í Hraunbrún, mannvirki nr.2</i> [20] .....	46
<i>Mynd 21: Þrívíddarmynd af mannopsbrunn</i> [20] .....	46
<i>Mynd 22: Mynd inn í kaldavatnsbrunninum í Litluhlíð, mannvirki nr.112</i> [21] .....	47
<i>Mynd 23: Hanvirkir lokar á lögnum sem liggja inn í vatnsgeymirinn í Litluhlíð, mannvirki nr.112</i> [21] .....	47
<i>Mynd 24: Samanbrjótanlegur stigi</i> [25] .....	50
<i>Mynd 25: Vifta til að auka loftflæði</i> [26] .....	50

## Töfluskrá

<i>Tafla 1 : Kostnaðarmat á nýjum mælibrunnum og endurbótum á mannopsbrunnum.....</i>	<i>36</i>
<i>Tafla 2: Kostnaðarmat við gerð mælibrunna.....</i>	<i>55</i>
<i>Tafla 3: Kostnaðarmat við endurbætur á mannopsbrunnum.....</i>	<i>56</i>
<i>Tafla 4: Gátlisti fyrir endurbætur á mannopsbrunni .....</i>	<i>57</i>
<i>Tafla 5:Gátlisti fyrir mælibrunn.....</i>	<i>58</i>

## Ágrip

Fjallað er stuttlega um upphaf vatnsveitunnar í Reykjavík og þeim vandamálum sem voru til staðar í hinu upphaflega dreifikerfi á köldu vatni. Þá er lýst tilurð og tilgangi kaldavatsbrunna. Farið er yfir uppbyggingu þeirra og mismunandi gerðir kaldavatsbrunna kynntar. Farið er yfir rekstur þeirra og helstu vandamálum lýst. Í kjölfarið voru skilgreindar lausnir og endurbætur á kaldavatsbrunnum og ný brunngerð hönnuð. Kostnaður er metinn og hagkvæmni nýrra og endurbættra brunna metin.



## 1 Inngangur

Í verkefni þessu eru núverandi kaldavatsbrunnar á höfuðborgarsvæðinu kannaðir. Uppbygging þeirra er könnuð og leitast er við að greina hvaða gallar eru á núverandi hönnun og hvernig unnt sé að endurbæta núverandi brunna. Jafnframt eru nýjar brunngerðir hannaðar til að leysa þær eldri af hólmi.

Núverandi kaldavatsbrunnar voru kannaðir með tilliti til stærðar lagna, uppbyggingu þeirra, hönnunar, staðsetningar og nauðsynjar hvers brunns þ.e. lokar, dælur og mælar. Að lokinni rannsóknarvinnu á umfangi og stöðu núverandi brunna, var hver þáttur í starfsemi þeirra kannaður, lið fyrir lið, athugað hvaða þætti þyrfti að endurbæta í núverandi brunnum og hvaða þætti þyrfti að hanna í nýjum brunnum, þar sem tæknileg útfærsla, öryggismál, stofnkostnaður og hagkvæmni, væru höfð að leiðarljósi.

Út frá rannsókn á núverandi brunnum voru þarfir greindar og þær kröfur skilgreindar sem þarf til hönnunar á nýjum brunnum. Leitað verður nýrra lausna vegna hönnunar og útfærslu á kaldavatsbrunnum fyrir Veitur á höfuðborgarsvæðinu

Veitur töldu verkefnið mjög mikilvægt, þar sem núverandi kaldavatsbrunnar eru barns síns tíma og löngu orðið brýnt að hanna nýjar útfærslur á þeim. Núverandi brunnar uppfylla ekki kröfur um öryggisstaðla sem Veitur vilja framfylgja. Viðhald þeirra og vöktun á búnaði er mjög kostnaðarsamt. Miklar framfarir hafa átt sér stað í ýmis konar tæknibúnaði, s.s. mælitækjum (bæði staðbundnum sem og fjarmælitækni). Sum þessara tækja eru þess eðlis að erfitt og óhagkvæmt kann að vera að koma þeim fyrir í núverandi brunnum. Þannig er talið brýnt af Veitum að endurskoða núverandi hönnun og hanna nýja brunna í samræmi við skilgreinda framtíðarsýn.

Í dag eru ýmsar hættur sem tengjast kaldavatsbrunnum og viðhaldi þeirra. Til dæmis þarf að síga niður í einstaka brunna til eftirlits og könnunar á stöðu búnaðar í brunnum. Hugsanlega má koma í veg fyrir slíkt eftirlit með því að efla og auka við eftirlitsbúnað í brunnum sjálfum. Þar mætti hugsanlega koma fyrir skynjurum, mælitækjum og tengja við miðlæga eftirlitsstöð, eða færanlegar stöðvar. Öryggismál núverandi brunna eru barn síns tíma og brýnt að efla og endurskoða.

Þegar Veitur koma að hönnun og gerð mannvirkja af þessum toga þá er hugsað til 100 ára, en það er sá tími sem mannvirki af þessari gerð skulu endast.

### **1.1 Markmið verkefnis**

Helstu markmið verkefnisins eru:

- Skoða núverandi brunna m.t.t. öryggis, stærðar, búnaðar og staðsetningar
- Greina brunnana, uppbyggingu þeirra og það sem betur mætti fara í hönnun og smíði þeirra
- Hanna nýja kaldavatsbrunna með tilliti til framtíðarsjónamiða og tæknivæðingar
- Greina stofnkostnað við gerð nýrra kaldavatsbrunna
- Greina kostnað við endurbætur á núverandi brunnum
- Teikna upp þá kaldavatsbrunna sem hannaðir voru
- Búa til sérstaka gátlista sem hentugt væri að nota við hönnun nýrra kaldavatsbrunna ásamt endurbótum á þeim gömlu

### **1.2 Ávinningur verkefnis**

Ávinningur verkefnisins er sá að fyrir liggur greining á núverandi kaldavatsbrunnum, kostum þeirra og göllum. Einnig hafa verið lagðar fram hugmyndir að endurbótum á kaldavatsbrunnum og hönnun og teikningar á nýjum kaldavatsbrunnum þar sem tekið er mið af nýrri tækni til stýringar og reksturs brunnanna,

## 2 Forsaga

Vatn er ein af þeim mikilvægu auðlindum sem þarf að vera til staðar til að halda bæjarfélagi gangandi. Það er algert lykilatriði að íbúar hafi óheftan aðgang að góðu köldu vatni. Talið er að fyrstu verk þeirra sem námu land í Reykjavík hafi verið að útbúa vatnsból til að geyma neysluvatn. Við Aðalstræti má finna eitt af elstu mannmínum í Reykjavík og helsta vatnsból Reykjavíkur.

Með aukinni fólksfjölgun jókst vatnsnotkun og vatnsbólum í borginni, fjölgaði. Vitað er um 50 vatnsból sem Reykvíkingar notuðu á 19. öld og fyrsta tug 20. aldar[1].

Bæjarbúar þurftu þó að sækja vatn í vatnsbólin. Málarinn Sigurður Guðmundsson var nokkuð á undan sinni samtíð og teiknaði uppdrætti að vatnsveitu árið 1868, en það var ekki fyrr en um aldamótin 1900, sem slíkar framkvæmdir fóru í gang.

Knud Zimsen var verkfræðingur að mennt og lærði hann við Kaupmannahafnarháskóla. Hann útskrifaðist árið 1900. Eftir námið vann hann sem bæjarverkfræðingur í Kaupmannahöfn og kom þar að ýmsum verkum m.a. uppsetningu skólphreinsunar. Knud kom hingað til lands og var bæjarverkfræðingur í Reykjavík frá árunum 1902-1907 og var síðan kosinn í bæjarstjórn árið 1908[2].

Árið 1902 var Franski spítalinn (þ.e. Laugarspítali), byggður. Sjúkrahús þurfa að sjálfsögðu að nota mikið af köldu og hreinu vatni. Fyrst voru hestar notaðir til að dæla vatni til spítalans en það þótti ekki boðleg lausn. Knud var fenginn til að finna betri leið. Hann lét bora fyrir vatnsbóli sem aðeins var fyrir spítalann og leiddi vatnið beint úr lindinni til spítalans. Þetta er fyrsti vísir að vatnsveitu fyrir Reykjavík, þ.e. í því formi sem við þekkjum í dag.

Þetta sama ár var gerð vatnleiðsla í Lækjagötu fyrir nokkur hús og var það hús númer 12b við Lækjagötu sem var fyrst allra íbúðarhúsa í Reykjavík til þess að fá vatnleiðslu[1]. Árið 1908 var ákveðið að leiða lagnir í fjölda húsa í Reykjavík. Þá var ákveðið að gera kröfur til þeirra starfsmanna sem legðu lagnirnar og þannig var búið til ný starfsgrein, pípulagningarmenn. Ákveðið var að slíkir starfsmenn þyrftu sérstaka löggildingu. Þar með var búið að leggja grunninn að almennu iðnnámi á Íslandi og þarna koma fyrstu löggiltu iðnaðarmennirnir til sögunnar. Upphaflega voru þeir einungis sex og var Knud Zimsen einn af þeim[3].

Þróunin varð hröð og 1906 var ákveðið að stofna Vatnsveitu Reykjavíkur. Margir voru ósáttir við slíka stofnun þar sem kostnaður var mikill, þannig að stofnunin dróst, en árið 1909 var Vatnsveita Reykjavíkur stofnuð. Það sama ár var vatni hleypt á lagnir frá Elliðaánum til Reykjavíkur, vegna mikillar vatnsnotkunar voru Gvendarbrunnar einnig teknir í notkun árið 1909.

Gvendarbrunnar hafa verið í notkun síðan 1909 og voru upprunalegu lagnirnar sem leiddu vatn frá Gvendarbrunnnum til borgarbúa úr timburstokki. Ákveðið var að breyta lagnakerfinu og leiða vatnið með járn lögnum ásamt steiptum lögnum. Áður en vatn var fengið úr Elliðaánum og Gvendarbrunnnum var meðalnotkun hvers íbúa um 18 lítra á dag en jókst í 200 lítra á degi hverjum sem nemur rúmum 11% aukningu á hvern íbúa[4].

En vatnsskortur var ennþá vandamál á þessum árum. Ófullkomið dreifikerfi hafði í för með sér allskyns galla þar sem leki var á lögnum, loft hindraði vatnsrennslið og var umfang dreifikerfisins ekki nóg fyrir borgarbúa.

Árið 1955 var því ákveðið að leita betri úrlausna og ákveðið var að steypa nýja vatnsstokka, fá nýja dælu til að dæla meira vatni úr Gvendarbrunnum og að búa til nýjar aðalæðar til vatnflutnings.

Það sama ár var aðalæð skipt út og ný gerð á Miklubraut sem jók vatnsflutning til íbúa til muna og árið 1957 kom ný dæla í Gvendarbrunna sem gat dælt umtalsverðu magni miðað við fyrri dælur[5]. Með þessum framkvæmdum var auðséð að betra eftirlit þurfti með lögnum til að gera grein fyrir vökvatapi og lofti inn á kerfi.

Ef leki kemur á lögnum vegna einhverra ástæðna þarf að finna hann og laga eins fljótt og unnt er. Bæði getur vatnsleki leitt til tjóns en jafnframt verða neytendur að fá sitt vatn. Áður fyrr var notast við hlustunar pípur sem lagðar voru á lagnir sem talið var að lækju til að elta uppi lekan[6]. Í dag er notast við t.d. þrýstingsmæla á lögnum, sem segja til um hvort um leka sé að ræða.

Helstu vandamálín sem Vatnsveitan stóð frammi fyrir þessi:

- Hafa nægilegt vatn fyrir íbúa
- Leki á lögnum
- Loft inn í lögnum
- Halda þrýsting á kerfinu
- Vöktun á dreifikerfinu

Út frá ofangreindum vandamálum þróaðist kaldavatnsbrunnurinn. Vatnið var leitt í stóra vatnsgeyma sem hægt var að nota þegar það var vatnsskortur. Útbúin voru lokahús til að beina rennsli vatns í lögnum, dæluhús til að dæla vatni í vatnstanka og kaldavatnsbrunnar til að vakta dreifikerfið.

Upprunalega voru kaldavatnsbrunnar notaðir til að geta stöðvað vatnrennsli í lögnum, skolað út óhreinindi sem höfðu safnast saman á botni lagnanna ásamt því að geta eytt loftöppum í lögnum svo vatnið kæmist á leiðarenda. Kaldavatnsbrunnar í dag þjóna sama tilgangi og þeir gömlu. Nú eru þeir fullkomnari að gerð, í þeim er iðulega mælibúnaðar sem vaktar t.d. þrýsting og vatnsrennsli í lögnum.

### 3 Almennt um kaldavatsbrunna

#### 3.1 Skilgreining á kaldavatsbrunnum

Kaldavatsbrunnar eru mannvirki sem gerð eru til að auðvelda dreifingu á köldu vatni, vakta dreifikerfi, geta brugðist við vandamálum sem upp kunna að koma í rekstri dreifikerfisins og geta stjórnað rennsli vatns á tilteknum stöðum.

Kaldavatsbrunnar eru jafnan steypdir ferhyrningslaga niðurgrafnir kassar sem einungis löggiltir aðilar vatnsveitunnar hafa aðgang að [7].

Kaldavatsbrunnar eru yfirleitt staðsettir þar sem lagnir tengjast, þar sem lagnir breyta stefnu og þar sem vitað er að krafist er búnaðar til þess að stjórna vatnsrennslinu. Algengt er að brunnar séu staðsettir með 40-50m millibili svo hægt sé að leiða vatnið um næsta brunn ef þess er þörf. Brunnar þurfa að vera nægilega stórir svo hægt sé að athafna sig ofan í þeim þegar að því kemur að skipta út búnaði eða lagfæra brunninn sjálfan. Að auki þurfa kaldavatsbrunnar að standast kröfur um neysluvatn og skiptir þá lykilmáli að halda þeim frostfríum svo lagnir springi ekki[8].

#### 3.2 Kaldavatsbrunnar í Reykjavík

Kaldavatsbrunnar hafa fylgt vatnsveitunni til margra ára allt frá því að fyrstu vatnsbólun voru byggð. Þá þurfti að komast inn í vatnsbólun til að tengja lagnir við tankana og koma öðrum tækjum fyrir og má því segja að slík vatnsból hafi flokkast sem kaldavatsbrunnar.

Í dag eru 121 [9] kaldavatsbrunnar í Reykjavík og má greina þessa brunna í þrjár megin tegundir þ.e. dælustöðvar, brunnar og vatnstankar.

Á mynd 1 má sjá yfirlit sem sýnir staðsetningu allra vatnsveitu mannvirkja í Reykjavík.

Hver gerð kaldavatsbrunnar hefur mismunandi eiginleika m.t.t. þess tilgangs sem þeir eiga að þjóna.

Dreifikerfi kalds vatns er byggt upp af mörgum mismunandi einingum t.d. dælustöðvum, vatnstönkum, lögnum og brunnum.

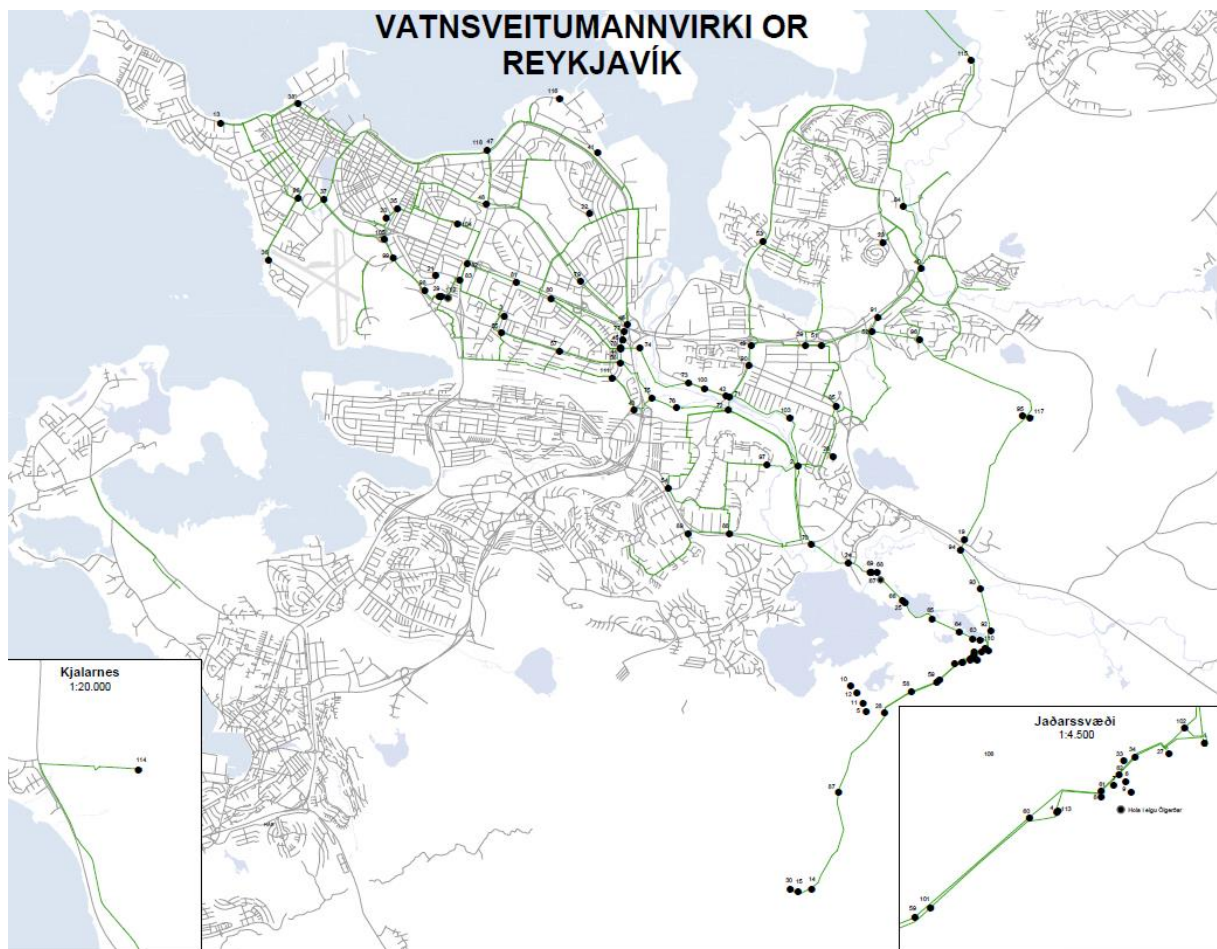
Í dag eru 29 dælustöðvar í Reykjavík [9] en tilgangur dælustöðva er meðal annars að geta afhent neytendum daglegri vatnspörf. Ef um einhverjar framkvæmdir svo sem á vatnsbólum er að ræða og lítið rennsli í gangi, má gangsetja dælurnar, dæla vatni frá tilteknum vatnsgeymum inn á kerfið og halda þannig þrýstingi á kerfinu.

Fjöldi vatnstanka eru 9 [9]. Tilgangur þeirra er að geyma vatn til þess að geta fullnægt daglega vatnspörf borgarbúa og til að halda þrýstingi á dreifikerfinu. Vatnstankar eru yfirleitt á staðsetningu þar sem þeir eru í góðri hæð yfir sjávarmáli til þess að geta notast við hæðarmuninn til að leiða vatnið. Vatnstankarnir eru grafnir niður í jörðu og eru lagnir frá borholum leiddar inn í þá. Sérstök hús eru síðan byggð við tankana. Greiður aðgangur er inn í vatnstankahúsin til að geta stýrt rennsli um tankana, opnað og lokað fyrir lagnir, inn og út. Tankarnir geta alls geymt 30.000m<sup>3</sup>

Kaldvatnsbrunnar á höfuðborgarsvæðinu eru 83 talsins [9]. Brunnarnir eru jafnan flokkaðir í mannopsbrunna og stóra brunna, en þessar gerðir eru hvað algengastar í Reykjavík í dag.

Mannopsbrunnar eru niðurgrafnir kaldvatnsbrunnar. Aðgengi að brunnunum er að ofan. Þeir eru jafnan um 10m<sup>2</sup> að flatarmáli og yfirleitt lokabrunnar þ.e. brunnur með loka á lögn sem stjórnar vatnsrennsli lagnanna.

Stórir kaldvatnsbrunnar eru töluvert stærri en mannopsbrunnarnir. Þeir eru jafnan um 30m<sup>2</sup> að stærð. Oftast standa þeir upp úr jörðu svo hægt er að ganga inn í brunnana að ofan. Þeir eru taldir vera mun öruggari og vegna stærðar þeirra bjóða þeir einnig upp á ýmsa möguleika á búnaði inn í brunninum, sem ekki er unnt að koma fyrir í hefðbundnum mannopsbrunni.



Mynd 1 Kort af öllum kaldvatnsmannvikjum í Reykjavík [10]



### **3.3 Af hverju er þörf á kaldavatsbrunnum**

Upprunalega voru kaldavatsbrunnar notaðir til þess að tæma vatn af lögnum svo hægt væri að hreinsa þær. Þessi þörf er ekki lengur til staðar í sama mæli og áður fyrr.

Í dag eru kaldavatsbrunnar af ýmsum gerðum og stærðum og þjóna mismunandi brunnar mismunandi tilgangi.

Megin tilgangur kaldavatsbrunna er að leiða vatn til notenda eftir þörfum. Með brunnum er hægt að stjórna leið vatnsins, þ.e.a.s. halda uppi þrýsting á kerfinu til að sinna t.d. brunavörnum og afhenda vatn til íbúa eftir þörfum ásamt því að hafa góða yfirsýn á dreifikerfinu.

Með kaldavatsbrunnum er hægt að stjórna vatnsmagni sem rennur um aðalæðar, tappa af lofti svo að vatn komist á áfangastað án erfiðleika, fylgjast með notkun vatnsins og hafa eftirlit með þrýstingi á kerfinu.

Því stærri sem kaldavatsbrunnar eru, þeim mun fleiri tækjum og mælum er hægt að koma þar fyrir. Stærri brunnar gefa því jafnan fleiri og meiri upplýsingar um stöðu kerfisins en þeir smærri.

Í sumum kaldavatsbrunnum eru rennslismælar sem sýna magn á rennsli vatns í gegnum lögnina. Ef rennsli eykst og þar með vatnsmagnið og fer yfir tiltekin viðmiðunarmörk sem segja til um almenna eða venjubundna notkun þá er hægt að kanna það nánar og athuga hvort leki sé á kerfinu.

Sama gildir um þrýstingsmæla, ef þrýstingur fellur þá kann að vera leki á lögn sem leiðir til þrýstingsfalls.

Þannig má sjá rennsli og þrýsting á mismunandi stöðum í kerfinu og auðveldar þetta leitina að hugsanlegum bilunum, auk þess sem brunnar auðvelda stýringu og breytingar á stýringu vatns þurfi til slíks að koma.

Með auknu magni kaldavatsbrunna er aukið upplýsingaflæði í kerfinu og betri yfirsýn fæst af ástandi og stöðu kerfisins. Kaldavatsbrunnar eru mjög mikilvægur hlekkur í dreifikerfinu öllu, og skiptir því fjöldi þeirra og staðsetning miklu máli. En raunin er sú að hægt er að afla mikilvægara upplýsinga í minni brunnum, en þeim sem notaðir eru í dag. Slíkir brunnar þurfa ekki að vera fyrirferðarmiklir og geta verið mun ódýrari í byggingu og hagkvæmari í rekstri en stærri brunnar.

Það er því ekki nauðsynlegt að byggja tugi stórra brunna ef þeir litlu geta haft sambærilega virkni og gefið sömu upplýsingar og þeir stóru.

Fjöldi brunna er hins vegar mikilvægur, en þeim mun fleiri sem þeir eru, þeim mun betri yfirsýn er á kerfinu og þeim mun betri stýringu er unnt að ná. Jafnframt er staðsetning þeirra mikilvæg.

Í sumum tilvikum, þar sem einungis þarf að vera unnt að opna eða loka lögn, eða þar sem loki er á lögn, er unnt að hafa sérstakan spindiloka á lögninni. Spindillinn liggur frá loka á lögn, upp á yfirborðið og þar má tengja sérstakt stýri við spindilinn og opna eða loka fyrir lokann með því að snúa stýrinu. Í framtíðinni mætti búa þannig um hnútana að lítill fjarstýrður

rafmótor sé settur á spindilinn þ.a. ekki þurfi einu sinni að fara á staðinn til að stjórna rennsli í lögninni. Slíkt fyrirkomulag mætti nefna „Örbrunna“. Myndir 2 og 3 sýna loka með spindli sem hægt er að tengja stýri við og loka með mótor á spindli.



*Mynd 2: Loki með spindli að ofan [11]*



*Mynd 3: Loki með mótor á spindli [11]*

Eins og fram hefur komið, eru ákveðnar hættur samfara vinnu í mannopsbrunnum. Það er auk þess kostnaðarsamt að senda tvo eða fleiri starfsmenn á staðinn til að framkvæma einföld verkefni. Því hefur verið bætt inn nýrri gerð af brunnum, sem við höfum gefið heitið „Mælibrunnur“. Fjallað er sérstaklega um mælibrunna í kafla 6.3.1.



## 4 Núverandi brunnar

### 4.1 Reglugerðir og staðlar

Við hönnun og útfærslu á mannvirkjum ber að framfylgja lögum, reglugerðum og stöðlum. Hið sama gildir um kaldavatnsbrunna, þar ber að framfylgja regluverki er lýtur að hönnun mannvirkis (allt frá reglum er lúta að steypu, stáli, járni, lögnum o.fl.). En þar sem vatn sem fer um lagnir kaldavatnsbrunna er ætlað til neyslu, ber aðilum jafnframt að framfylgja regluverki um neysluvatn, sjá t.d. lög um hollustuhætti og mengunarvarnir (lög nr. 7/1998 með seinni tíma breytingum).

Um er að ræða mjög yfirgripsmikið regluverk sem nær til fjölmargra þátta. Bæði þurfa hönnuðir að taka tillit til hins flókna lagaumhverfis, og gæta að því að hönnun brunna sé í samræmi við regluverkið, en að auki eru ríkar kröfur gerðar til verktaka og eftirlitsaðila með verkum. Í flestum tilvikum er bygging brunna boðin út sem verkleg framkvæmd og Veitur hafa eftirlit með framkvæmdinni. Því er mjög mikilvægt að til staðar sé einfalt eyðublað sem verktaki vinnur með og fylgir, auk þess sem það skal rýnt ítarlega við verkeftirlit.

### 4.2 Öryggi starfsmanna vegna vinnu í kaldavatnsbrunni

Þegar það kemur að öryggi starfsmanna vegna vinnu við kaldavatnsbrunna, ber að fylgja lögum nr. 46/1980 um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustöðum. Jafnframt þarf einnig að framfylgja lögum nr. 429/1995 um öryggisráðstafanir við vinnu í lokuðu rými.

Kaldavatnsbrunnar eru óhefðbundið vinnuumhverfi og ber að fara að mikilli gát þegar starfsmenn vinna við eða í brunnum. Ýmsar hættur geta steðjað að þegar farið er ofan í kaldavatnsbrunna. Brunnarnir eru lokuð rými og ekki er óalgengt að um súrefnisskort geti verið að ræða í brunnum. Iðulega er aðkoma ofan í brunnum erfið og jafnvel hættuleg. Talsverð hætta getur verið á að starfsmaður hrasa eða falli og alvarleg slys geta átt sér stað. Í slíkum aðstæðum getur reynst mjög erfitt að koma slösuðum einstakling upp úr mannopsbrunni, geti aðilinn ekki komist sjálfur upp úr brunnum.

Vinnuveitanda er skylt að gera grein fyrir þessum hættum og í dag eru haldin sérstök námskeið fyrir starfsmenn sem vinna eiga í brunnum og fá þeir ekki heimild til þess að fara ofan í mannopsbrunna án þess að hafa lokið námskeiðunum. Námskeiðin eru: Almenn fallvarnarnámskeið ásamt lokuðu rými og félagabjörgun.

Þegar unnið er við lokuðu rými og sá aðili sem vinnur í tilteknu rými hefur staðist ofangreind námskeið er honum einnig skylt að fylgja sérstökum reglublöðum (gátlistum) sem hafa verið útbúið út frá fenginni reynslu, eyðublöðunum er síðan skilað til Veitna. (Gátlistana má sjá í viðauka 1)

#### 4.2.1 Öryggisráðstafanir mannopsbrunna

Þegar farið er í mannopsbrunna þarf að fara með gát og starfsmenn þurfa að gera sér grein fyrir hættunni og skulu aldrei vaða beint ofan í brunninn.

Starfsmenn skulu hafa meðferðis ýmis tæki. Til dæmi súrefnismæli, þrífót, fallvarnarbelti, fallblökk, vindu til að hífa starfmann upp úr brunni og tvær tetra talstöðvar. Óheimilt er að fara einn á staðinn, ávallt skulu a.m.k. tveir starfsmenn vera saman, til öryggis ef eitthvað kynni að fara úrskeiðis[12].

Þegar farið er í mannopsbrunn, er byrjað er á að setja upp þrífótinn yfir mannopi brunnsins. Þá er súrefnismælir settur ofan í botn brunnsins til þess að kanna hvort súrefnis magnið í brunnum sé nægilegt. Það er afar mikilvægt að mælirinn fari alveg niður á botn brunnsins þar sem súrefnis magnið í brunnum á það til að vera lagskipt þ.e. það gæti verið fullnægjandi súrefni ofar í brunnum, en súrefnislaust neðst í honum[12].

Sumir af mannopsbrunnunum hafa aðkomu ofan í brunninn á stigpall sem getur staðið ofar en botninn sjálfur. Sé um slíka aðkomu að ræða, þarf að leiða súrefnismælinn að stigpallinum. Ef súrefnismagn er í lagi, þarf að leiða mælirinn frá stigpallinum og niður á botn brunnsins. Dæmi um slíkan brunn er Hólmsárbrunnur í Heiðmörk.

Ef súrefnismælirinn sýnir súrefnismagn sem nemur meira en 19% er í lagi að fara ofan í brunninn. Þá þarf starfsmaður að tengja sig í fallblökkina sem tengd er við þrífótinn. Síðan er gengið varlega ofan í brunninn. Þá fyrst er heimilt að hefja vinnu ofan í brunnum. Ávallt skal súrefnismælirinn vera meðferðis ef hugsanlega aðstæður breytast ofan í brunnum og súrefnismagnið minnkar. Um leið og mælirinn gefur til kynna að súrefnismagnið sé ekki lengur fullnægjandi þá skal starfsmaður yfirgefa svæðis samstundis [12].

(Gátlista til að fara í lokuð rými má sjá í viðauka 1)

## 5 Nánari greining á núverandi brunnum

### 5.1 Kaldavatsbrunnar sem voru rannsakaðir

Farnar voru vettvangsferðir í alla brunna sem fjallað er um í verkefni þessu og þeir skoðaðir nákvæmlega, að innan sem að utan. Til að fá heimild til að rannsaka brunna, fara ofan í þá og kanna virkni þeirra og starfsemi, krafðist Veitur ohf að rannsakandi myndi afla sér réttinda til umgengni um brunna með því að sitja tiltekin öryggisnámskeið. Námskeiðin voru almennt fallvarnarnámskeið ásamt lokuð rými og félagabjörgun.

Vert er að taka fram að rannsakandi stóðst öll þau námskeið sem starfsmenn þurfa að taka til að hafa heimild til þess að fara ofan í allar gerðir kaldavatsbrunna í eign Veitna. Öllum öryggisreglum og stöðlum var síðan framfylgt í rannsókn þessari og verkefninu öllu.

Allir brunnar sem rannsakaðir voru eru í fullri notkun hjá Veitum. Farið var í stóra brunna, vatnstank, dæluhús og mannopsbrunna.

Stóru kaldavatsbrunnarnir sem farið var í eru staðsettir á Kringlumýrarbraut. Sá eldri var smíðaður árið 1989 og er staðsettur neðst á Kringlumýrarbrautinni (mannvirki nr.48), sá yngri var smíðaður árið 2017 og er staðsetur við hlið Suðuvera (mannvirki nr.82).

#### 5.1.1 Kringlumýrarbrunnur (mannvirki nr. 82 )

Gengið er inn um einfaldar opnaðar dyr. Tröppur að innan leiða starfsmann svo niður að lögnunum. Lofthæð frá gólfplötu og að þaki er talsverð, eða um 5m. Brunnurinn er 55m<sup>2</sup> að flatarmáli. Í honum eru lagnir frá 110mm upp í 600mm. Stofnlagnirnar eru tvær og eru þær 600mm. Við aðra þeirra er tengd 250mm lögn sem hefur það hlutverk að gefa kost á að halda þrýstingi ef loka þarf annarri stofnlögninni.

Hver lögn hefur sérstakan lofttöppunar búnað, sem hleypir lofti úr lögnunum svo að vatnið komist á leiðar enda án örðuleika.

110mm lögnin er frárennislögn sem er notuð þegar tæma þarf lagnir og er tengd við næsta frárennislisbrunn.

Á lögnunum eru spjaldlokar og er stærð lokana í samræmi við stærð lagnanna. Alls eru 9 spjaldlokar og einn einstreymislóki í brunnum.

Þeir spjaldlokar sem eru inn í brunnum eru notaðir þegar þörf krefst og eru handvirkir lokar. Á stofnlögninni er þrýstingsmælir og rennismælir, sem gefa góða sýn á þrýsting í lögnunum og magni vatns sem fer þar í gegnum þær. Einnig er sérstök tenging þannig að unnt er að taka vatnssýni, en hér eru um neysluvatn að ræða og fylgjast þarf reglulega með gæðum þess. Inni í brunnum er síðan rakatæki til þess að komast hjá oxun á lögnum.

(Þrívíddarmynd af mannvirki nr.82 má sjá í viðauka 2)

### **5.1.2 Eldri Kringlumýrarbrunnur (mannvirki nr.48)**

Eldri Kringlumýrarbrunnurinn hefur tvíbreiðar dyr sem gengið er inn um og í hann tengjast 4 stofnlagnir, tvær 600mm „ductile“, 500mm stál og 400mm „ductile“. Stofnlagnirnar inn í brunninum eru 800mm, 400mm og 450mm stállagnir.

Eldri brunnurinn hefur svipaða eiginlega og sá nýi. Í honum eru 5 spjaldlokar, að auki er sérstakur þrýstingsjöfnunarloki sem tekur við þrýstingi frá vatninu svo að það myndi ekki yfirþrýsting og einstreymisloki. Brunnurinn er staðsettur þannig að lítið fari fyrir honum sem telst jákvætt.

(Prívíddarmynd af mannvirki nr.48 má sjá í viðauka 2.)

### **5.1.3 Dælustöðin Hraunbrún (mannvirki nr.2)**

Dælustöðin Hraunbrún var byggð 1980. Um er að ræða nokkuð stórt hús þar sem lagnir frá vatnsbólum koma inn og eru staðsettar í kjallara hússins. Lagnirnar fara svo upp úr kjallaranum og eru tengdar við dælur sem dæla vatninu í vatnstanka sem geyma vatnið. Á lögnum eru spjaldlokar til að opna og loka fyrir lagnirnar og er einnig lofttöppunar búnaður. Talsvert er um raflagnir, rafstýringar og stjórnborð til að reka og stýra dælunum.

(Prívíddarmynd af lagnarkerfi mannvirki nr.2 má sjá í viðauka 2)

### **5.1.4 Vatnsgeymirinn í Litluhlíð (mannvirki nr.112)**

Vatnsgeymirinn í Litluhlíð var byggður árið 1963 og er um 2000m<sup>2</sup> að flatarmáli og getur haldið rúnum 9000m<sup>3</sup> af vatni. Geymirinn er tengdur lögnum sem koma frá dælustöðvum og þjóna þeim tilgangi að fylla vatnsgeymana.

Þar eru stál lagnirnar að innan sem tengjast geymunum. Á lögnum voru spjaldlokar til að geta stjórnað rennsli inn í geyminn og á þeim lögnum fylgja sömu atriði hvað varðar lofttöppunar búnað og frárennsli til að hleypa vatni úr lögnum.

(Myndir af lögnum úr mannvirki nr.112 má sjá í viðauka 2.)

### **5.1.5 Mannopsbrunnurinn Hólmsársbrunnur (mannvirki nr. 94)**

Mannopsbrunnurinn Hólmsársbrunnur er staðsettur í Heiðmörk og var byggður um árið 1992 Hann er töluvert minni en brunnarnir nefndir eru hér að ofan. Gengið er inn um hann að ofan í gegnum mannop og er lögnin sem fer í gegnum hann 900mm stál lögn.

Lögnin hefur á sér spjaldloka ásamt áfestum hliðrænum („analog“ ekki stafrænum) þrýstingsmæli. Að auki eru sérstakar frárennslis og lofttöppunar lagnir. Rakavél er inn í brunninum til að koma í veg fyrir að stállagnirnar oxist.

(Mynd af sambærilegum brunni og mannvirki nr.94 má sjá í viðauka 2)

Dælustöðin í Hraunbrú og Vatnsgeymirinn í Litluhlíð eru reyndar kaldavatsbrunnar, en annars eðlis en þeir brunnar sem hér hefur verið fjallað um og þjóna fyrst og fremst öðrum tilgangi en aðrar gerðir af kaldavatsbrunnum.

## 5.2 Búnaður í kaldavatsbrunnnum sem rannsakaðir voru

Í þeim kaldavatsbrunnnum sem farið var í er allur lagnabúnaður þeirra (s.s. spjaldlokar) handvirkur. Það þýðir að ef ákveðið er að loka fyrir lagnir þá verður að fara á staðinn og skrúfa fyrir lagnirnar handvirkt.

Brunnarnir höfðu allir aðgengi að rafmagni og var mælibúnaðurinn í nýlegu brunnunum síritabúnaður sem er tengdur kerfiráði Veitna. Þar er hægt að fá helstu upplýsingar um rennsli og þrýsting í lögnum brunnana og þannig má vakta kerfið og finna frávik eða þætti sem ekki eru í samræmi við daglegan rekstur.

Lagnirnar sjálfar eru gerðar úr mismunandi efnum. Í dag eru „ductile“ lagnir mikið notaðar en í þeim er sérstakt blandað stál. Slíkar lagnir eru jafnan í nýrri brunnnum, s.s. Kringlumýrarbrunni við hlið Suðuvers.

Í eldri brunnnum eru venjulega blanda af stállögnum og ryðfríum lögnum. Mælibúnaðurinn sem var skoðaður, hefur reynst vel til. Íðulega er búnaðurinn orðinn gamall (jafnvel yfir 10 ára) og er rekinn óbreyttur. Þrátt fyrir að nýjar útfærslur kunni að vera til staðar af mælibúnaði er sá eldri látinn halda sér komi ekki til bilana, en lítið er um að búnaður bili í kaldavatsbrunnnum.

Nýjar útfærslur mælibúnaðar eru margar hverjar mjög sjálfvirkar, rennslismælar eru sjálfvirkir og síritandi og geyma sjálfvirkar mælingar yfir tiltekið tímabil.

Nýir mælar þurfa í sumum tilvikum ekki snertingu við vatn, unnt er að spenna þá á lagnir án nokkurs vandamáls og byrja að mæla. Þetta getur verið mikill kostur.

Loks skal tekið fram að í brunnunum er jafnan rakavél til að koma í veg fyrir það að lagnir ryðgi.

Mannvirkið utan um lagnirnar í öllum brunnnum var steypa. Þar sem lagnakerfi er hannað til 100 ára þá eru lagnir ásamt lokum smíðað úr efnismiklum efnum sem hannað er til að standast erfiðar aðstæður.

## 5.3 Almenn umfjöllun um núverandi brunna

Í verkefni þessu var ákveðið að skoða tegundir kaldavatsbrunna í vatnsveitukerfinu skoðað var, vatnstanka, dæluhús og brunna. Vatnstankar og dæluhús eru mjög frábrugðnar týpur af brunnnum og er ekki fjallað sérstaklega um þær einingar í verkefni þessu. Ákveðið var að einblína betur á stóra brunna og mannopsbrunna.

### 5.3.1 Stórir brunnar

Stóru brunnarnir eru brunnar sem hafa mikið pláss og gott aðgengi. Þægilegt er að komast inn í þá brunna og ekki stafar nein aukin hætta við innkomu vegna fallhættu eða vegna súrefnisskorts.

Vegna stærðar er aukið pláss sem hægt er að nýta fyrir auka mælibúnað sem gefur ennþá betri heildar mynd á dreifikerfið. Stóru brunnarnir eru staðsteyptir og eru að meðaltali um 30m<sup>2</sup> [13] og allir lokar eru handvirkir.

En vegna stærðar þá er kostnaðarsamt að byggja slíkan brunn. Þar sem lagnirnar eru niður grafnar þá þarf að byggja mannvirkið niður í jörðu og það stendur upp sem hús sem kann að

vera mjög kostnaðarsöm framkvæmd. Slíkri byggingu fylgja ýmsir ókostir s.s. sjónmengun og viðhald.

Stóru brunnar eru hannaðir sem hannaðir eru með öryggið að sjónarmiði og hafa nánast alltaf sömu uppbyggingu, þar sem gengið er inn í brunninn í gegnum dyr að ofan inn á stigapall sem hefur góðan stiga niður að lögnum.

Hæð frá botnplötu upp í þak er óþarflega mikil og eru ljós í brunnunum oft staðsett í þakinu sem gerir það erfitt, tímafrekt, óhagkvæmt og jafnvel hættulegt að skipta um ljósaperur.

Af þessum stóru brunnum voru dyrop misjafnlega breið, þegar það kemur að því að lagfæra lagnir og loka eða skipta þeim út, kunna að koma upp erfiðleikar við að koma þeim í gegnum dyrnar.

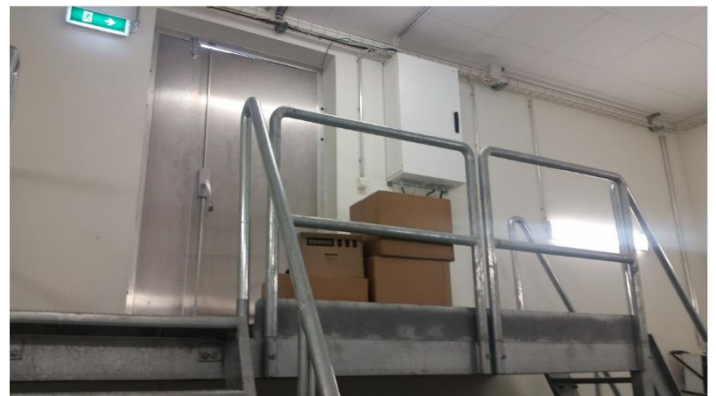
Þar sem hlaupaköttur var ekki í þakinu í öllum brunnum geta komið upp vandamál þegar skipta þarf um lagnir þar sem ekki er hægt að hífa þær upp nema með kranabíl. Koma þarf krananum í gegnum dyrnar og hífa lagnirnar þannig upp. Slíkt kann að reynast bæði kostnaðarsamt og tímafrekt, en ekki allir stórir brunnar hafa slíkt aðgengi þar sem t.d. er búið að gera sólskyggni sem stendur á stálsúlum við dyrnar. Þar er nánast ómögulegt að koma með krana í gegnum dyrnar til að hífa þær lagnir sem þarf að skipta út.

Stóru brunnar eru hannaðir fyrir stórar lagnir og með góðu aðgengi að þeim. Þetta eru nauðsynlegir brunnar og ekki verður séð að uppbygging þeirra komi til með að breytast í náinni framtíð þó æskilegt sé að bæta útfærslu þeirra þ.a. viðhald og breytingar geti verið gerðar á hagkvæman máta.

Tillögur að bættri hönnun stórra kaldavatnsbrunna má sjá í kafla 6.3.3.



Mynd 4: Inngangur í Kringlumýrarbrunn [14]



Mynd 5: Stigapallur og stigi niður að lögnum [14]





Mynd 6: Handvirkur spjaldloki á 600mm stál lögn [14]



Mynd 7: Þrýstingsmælir á lögn [14]



Mynd 8: Handvirkur spjaldloki á 250mm stál lögn[14]

### 5.3.2 Mannopsbrunnar

Mannopsbrunnar eru niðurgrafnir brunnar, talsvert smærri en þeir stóru.

Meðal flatarmál þeirra er um  $10\text{m}^2$ . Mannopsbrunnarnir eru eins og nafnið gefur til kynna með lítið op að ofan fyrir starfsmenn Veitna, til að fara ofan í brunninn.

Frá árunum 1995-2005 var mikið smíðað af mannopsbrunnum vegna þess hve skilvirkt og fljótlegt var að smíða þá og setja þá niður í jörðu. Þeir voru forsteyptir og útbúnir þeim búnaði sem átti að nota í þeim, síðan voru þeir hífðir upp og settir tilbúnir ofan í jörðu. Þyngd forsteyptu eininganna gat verið um 17 tonn [7].

Mannopsbrunnar eru tiltölulega einfaldir hvað varðar hönnun og smíði. Þeir eru hins vegar frekar fyrirferðarmiklir, miðað við þann búnað sem þar er og þá virkni sem þeir þurfa að uppfylla. Eftirlit með mannopsbrunnum er óþarflega kostnaðarsamt. Senda þarf a.m.k. tvo menn á staðinn, sem hafa þekkingu, reynslu og heimildir til viðhaldsverka. Hver slík ferð,

getur kostað allt að 100.000 krónum auk kostnaðar vegna vinnu við bilanir og varahluti eða efniskostnaðar. Því má segja að mannosbrunnar séu ekki lengur jafn æskilegur kostur og þeir voru á síðasta áratug síðustu aldar. En enn er talsverður fjöldi þeirra í notkun.

Bent er á að lækka má viðhalds og eftirlitskostnað vegna brunnana með því að setja upp tæknibúnað þ.a. ekki þurfi að sinna viðhaldsverkum mannrænt og þannig sé unnt að fækka ferðum ofan í brunna.

Áður hefur verið fjallað um helstu hættur sem fylgja mannosbrunnnum, þ.e. fallhætta, súrefnisskortur og vont aðgengi.

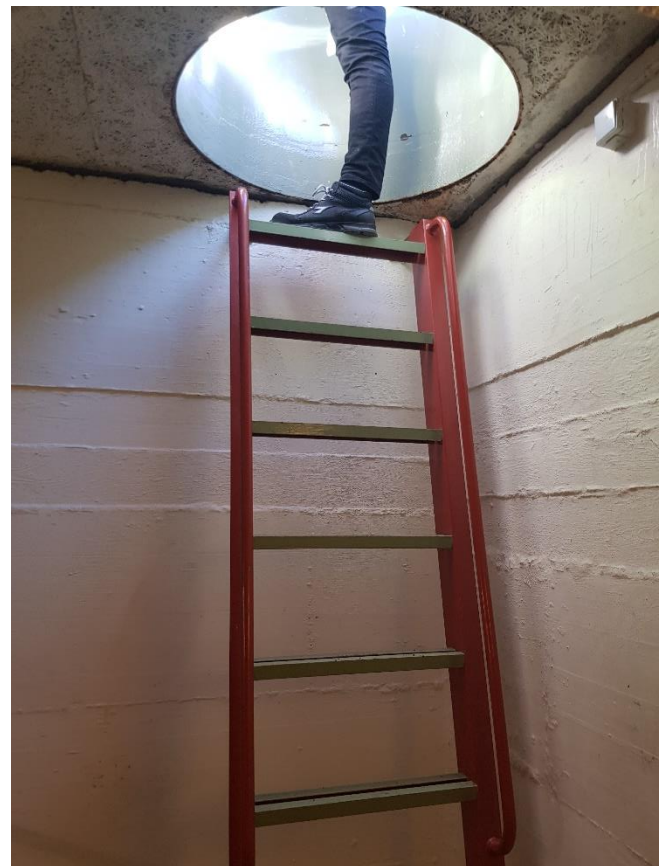
Aðgengi ofan í þá er að ofan í gegnum lítið op og nota þarf lítinn lóðréttan stiga til að komast niður. Þetta skapar hættu á falli ofan í brunninn. Ef slys á sér stað ofan í brunnunum þá eru brunnarnir litlir og veita ekki mikið pláss til athafna sig og erfitt kann að reynast að koma þeim slasaða upp úr brunninum. Mannosbrunnarnir eru grafnir niður og eru þéttir til að koma í veg fyrir að vatn leki inn í brunnana. Þetta leiðir til lítilla súrefnisskipta og brunnarnir geta orðið súrefnissnauðir. Mikil hætt kann að stafa af vinnu í súrefnissnauðu rými og dæmi eru um alvarleg slys við slíkar aðstæður.

Hlutverk mannosbrunna er mjög mikilvægt, þó svo að núverandi brunnar kunni að vera óhentugir og óhagkvæmir í dag. Þar er hins vegar ekki talið hagkvæmt að leggja niður notkun á slíkum brunnnum. Mun hagkvæmari kostur væri að bæta úr helstu ágöllum mannosbrunna.

Tillögur að endurbætri hönnun mannosbrunna má sjá í kafla 6.3.1



Mynd 9: Inngangur í Hólmsársbrunn að ofan [14]



Mynd 10: Stigi niður í Hólmsársbrunn [14]





Mynd 11: Aflestur af rennismæli[14]



Mynd 12: Rakavél til að koma í veg fyrir ryð á lögnum [14]

## 6 Endurbætur á núverandi brunnum og hönnun nýrra brunna

### 6.1 Frekari þróun núverandi brunna

Sá búnaður sem er í notkun í dag virkar vel í grundvallaratriðum og hefur gert það í gegnum árin. En með aukinni tækni er hægt að endurbæta gamla kaldvatnsbrunna með nýjum búnaði og hanna nýja brunna með nýjan búnað í huga.

#### 6.1.1 Fjarstýrðir lokar á lagnir

Stærsta breytingin með nýjum búnaði væri fjarstýrðir lokar á lagnir. Með þeim væri hægt að opna og loka fyrir lagnir eftir þörfum, fjarstýrt án þess að þurfa fara á staðinn og gera það handvirkt.

Ávinningur fjarstýrðra loka er m.a. aukin þægindi, kostnaðarlega hagkvæmt, aukið öryggi og grænt skref þar sem ekki þyrfti ökutæki til að fara á staðinn.

Fjarstýrðir lokar gætu tengst eftirlitskerfi með nettengingu (þráðlausri eða fastri). Þeir myndu tengjast litlum rafmagnsmótor sem opnar eða lokar, berist til hans slík skipun.

Fjarstýrðan lokabúnað má fá frá ýmsum framleiðendum, sem dæmi um slíkan búnað er búnaður frá Vexve og AVK en báðir aðilar bjóða búnað hérlendis.

Búnaður frá þessum framleiðendum eru rafstýrðir og vökvastýrðir. Sjá yfirlit í viðauka 3. Þar sem allar stærðir á lokum eru staðlaðar sem og lagnirnar þá er hægt að blanda saman búnaði frá mismunandi framleiðendum þó stundum kunnist að vera hagkvæmast að vera með einsleitan búnað.

### 6.1.2 Mælibúnaður

Með auknum mælibúnaði sem fylgist með virkni í rauntíma fæst betri mynd og þekking á kerfið. Slíkur búnaður er sem dæmi þrýstingsmælar og rennslismælar. Þar sem gott aðgengi er að lögnum og aðstæður leyfa er hægt að spenna slíka mæla á lagnir án þess að þurfa snertingu við vatn.

Dæmi um slíkan mælibúnað er frá framleiðanda Siemens, Seba og Hedland. Sjá yfirlit búnaðar í viðauka 3.

Þar sem nýir brunnar líkt og í útfærslu 1 þ.e. mælibrunnar hafa þann kost að brunnar geti unnið saman er gott að huga að staðsetningum á þeim. Brunnarnir munu í framtíðinni hafa þráðlausa mæla þar sem tæknin er að þróast ört og mun því búnaður mismunandi brunna getað unnið saman.

### 6.2 Dæmi um hentugar staðsetningar á nýjum brunnum

Með nýrri útfærslu á brunnum kann að vera að nýjar staðsetningar á brunnum verði hentugar. Útfærsla 1 á nýjum brunnum, sjá kafla 6.3.1 eru mælibrunnar og er hugsaðir til þess að fá upplýsingar úr stofnlögnum.

Æskilegt er að reyna að afmarka hverfi og láta brunna vinna saman með því að staðsetja mælibrunnana á þær stofnlagnir sem koma inn í og fara út úr hverfi.

Notast var við Lukor-landupplýsingakerfi Orkuveitunnar til þess að finna dæmi um hentugar staðsetningar út frá þeim brunnum sem nú eru til staðar.

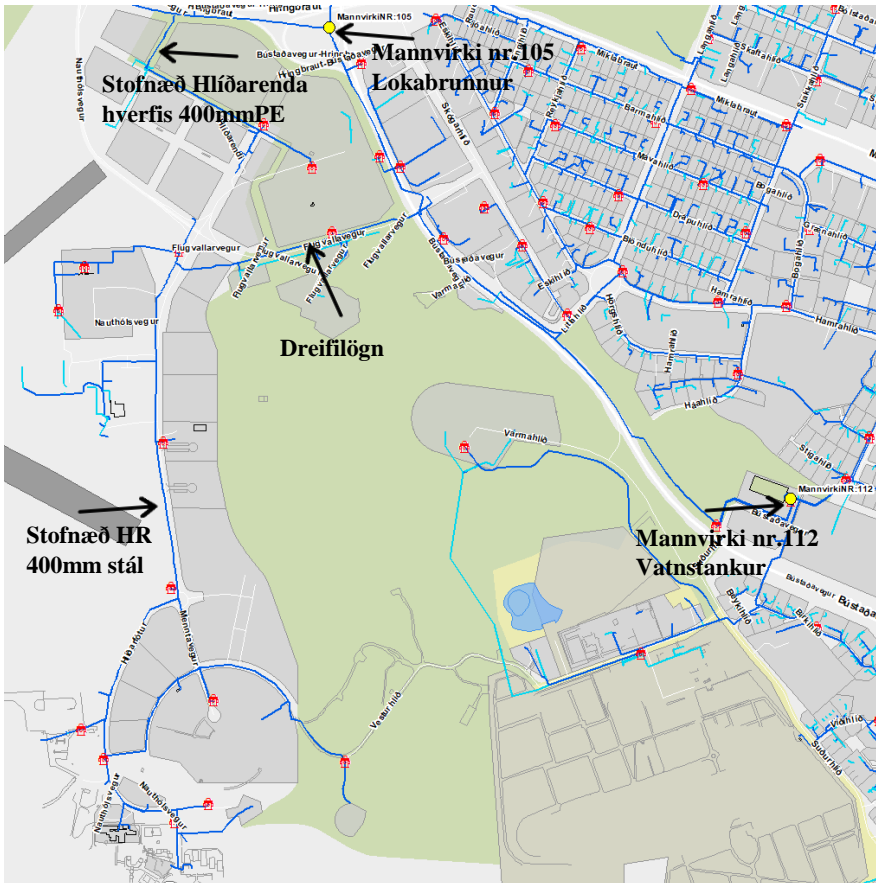
Í dag er verið að byggja nýtt hverfi í Hlíðarenda og mun því þurfa að auka dreifikerfi vatns til þess hverfis. Dæmi um slíka lausn væri að samtengja núverandi stofnæð Háskólans í Reykjavík sem kemur frá mannvirki nr.112, (sjá mynd 13) sem er vatnstankur við stofnæðina sem kemur frá Hringbraut inn í Hlíðarenda sem tengt er við mannvirki nr.105, (sjá mynd 13) sem er lokabrunnur. Með þessu er komin hringrás á kerfið og telja Veitur að líklegt sé að svo muni gerast í framtíðinni.

Dæmi um æskilega staðsetningu nýrra mælibrunna væri því á gatnamótum Bústaðarvegar og flugvallarvegar, dreifilögnina á Flugvallarvegi og á stofnlögninni sem kemur inn í Hlíðarenda.

Þessar staðsetningar henta vel þar sem nú er búið að afmarka Háskólann í Reykjavík ásamt Hlíðarenda hverfinu. Ef leki er á öðrum hvor staðnum er hægt að líta á mæla í brunnunum og vinna sig að því hvar upptök lekans eiga sér stað.

Þessar staðsetningar henta vel til að ná utan um dreifikerfið, en einnig vegna þess á þessum stöðum eru nú þegar niður grafnar rafmagns lagnir sem hentugt væri að komast í til þess að tengja brunna við rafmagn. Með rafmagni er hægt að hafa mælibúnað sem mælir rauntíma virkni þess sem er að gerast í lögnum[15].

Á myndunum 13 og 15 má sjá staðsetningu hverfisins og dæmi um hentugar staðsetningar fyrir mælibrunnana .



Mynd 13: Dæmi um hverfi sem hægt er að afmarka [13]

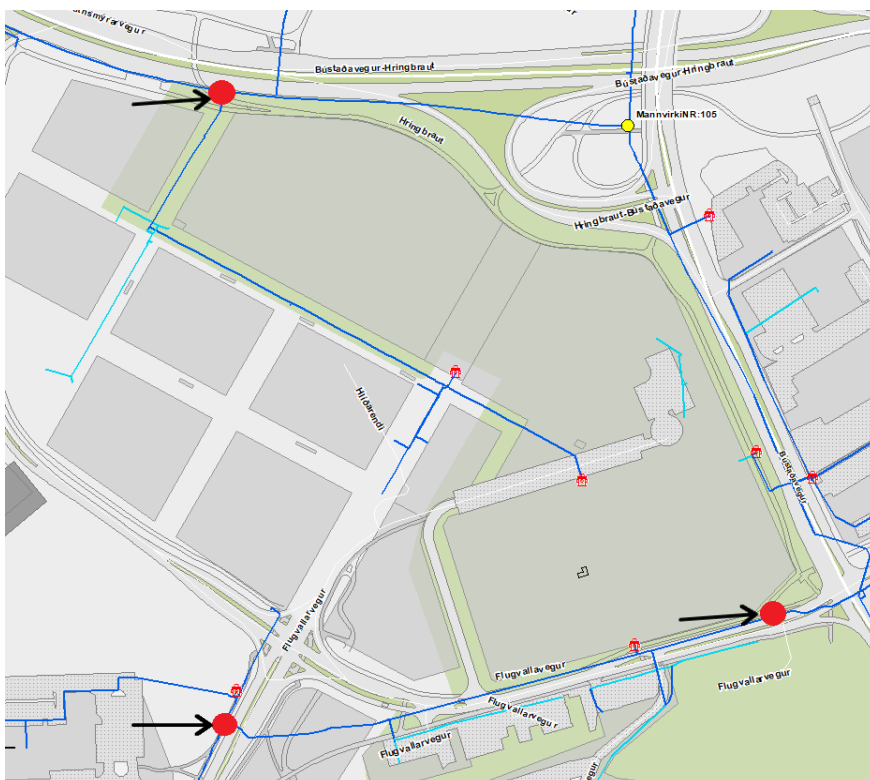
### Hverfið

Hér má sjá stofnlögn Háskólans í Reykjavík ásamt stofnlögninni sem kemur inn í Hlíðarenda hverfið.

Stofnlögn HR er 400mm járn lögn sem tengd er við 200mm dreifilögn úr járni.

Stofnlögn Hlíðarenda hverfisins er 400mm PE lögn.

Lagnirnar eru litaðar með bláum lit, einnig má sjá tvo gula depla en það eru núverandi kaldavatsbrunnar. Einnig sést í brunahana en þeir eru merktir rauðir á myndinni sem tengdir eru inná lagnir um allt hverfið.



Mynd 14: Dæmi um hentugar staðsetningar fyrir mælirrunna [13]

### Dæmi um hentugar staðsetningar

Hér má sjá dæmi um þrjár staðsetningar á nýju mælirrunnunum, en á myndinni eru staðsetningarnar merktar inn með rauðum punktum.

Með þessum staðsetningum er búið að afmarka hverfin sem notast við þessar stofnlagnir.

### 6.3 Ný hönnun á kaldavatsbrunnum

Með nýrri hönnun á brunnum, er ætlunin að horfa til framtíðar, einfalda viðhald á brunnum með því að auka sjálfvirkni og notkun sjálfvirkra og fjartengdra mælitækja og útrýma þeim hættum sem fylgja viðhaldi og vinnu við brunnana.

Skilgreindir eru nýir brunnar, svonefndir mælibrunnar og með notkun þeirra má ná fram ofangreindum markmiðum.

Mælibrunnar eru hugsaðir til þess að fá sem flestar upplýsingar um dreifikerfið með mælibúnaði sem sírítar og gefur aðilum Veitna dagsýn á kerfinu. En þegar stjórna þarf dreifikerfinu er notast við lokabrunna.

Með spindillokum sem eru á lögnum er hægt að tengja handvirkan búnað til að opna og loka fyrir lagnir án þess að þurfa að gera neitt annað en að tengja handvirkan búnað við spindil sem er ofan á lokunum, eftir þörfum eða jafnvel hafa niðurgrafna fjarstýrðaloka með stýribúnaði að ofan. Mælibúnaðurinn mun svo veita upplýsingar um dreifikerfið meðan lokarnir munu stjórna þeim. Hægt og rólega er hægt að láta alla brunna og loka með nýjum búnaði sem er fjarstýrður og þráðlaus vinna saman og fá góða heildarmynd á öllu dreifikerfi Veitna.

#### 6.3.1 Útfærsla 1 - Mælibrunnar

Útfærsla 1 er ný gerð af kaldavatsbrunnum. Um er að ræða sérstaka mælibrunna. Tilgangur slíkra mælibrunna er að vakta dreifikerfið á þeim staðsetningum sem talið er æskilegt að notast við þessa gerð af kaldavatsbrunnum.

Eitt helsta markmið með hönnun mælibrunna er að lágmarka þörf fyrir starfsmenn að vinna við brunnana en byggja þess í stað á sjálfvirkum nettengdum mælitækjum sem senda allar upplýsingar í stjórnstöð. Þannig má lækka kostnað við eftirliti með brunnum og/eða þeim þáttum sem þeir vakta.

Mælibrunnarnir er eins og áður var komið inn á hannaðir með það í huga að þeir séu staðsettir á stofnlögnum því er miðast við lagnir að 400-1000mm stærð í dag. Ekkert er því til fyrirstöðu að nota mælibrunna við aðrar lagnir. Talið er hentugt að nota slíka brunna á dreifilögnum sem eru af smærri gerð eins og komið er inn á í kafla 6.2 hér að ofan.

Grafið verður niður á lagnirnar sem eru á frostfríu dýpi. Fyrir lagnir frá stærðum 400-1000mm eru lagnirnar á allt að 600mm dýpi ofan á lögnum. Fyrir lagnir minni en það þá eru þær yfirleitt niður á allt að 1200mm dýpi [16].

Þar sem búnaðurinn í brunnum gengur fyrir rafmagni og er viðkvæmur þarf að komast hjá því að vatn komist í brunnum. Grafið yrði niður fyrir lagnir og þær myndu standa 300mm frá botni, þannig er komist hjá því að vatn sem lekur inn í brunnum safnist saman og komist í snertingu við búnaðinn.

Steyptur ferhyrningslaga rammi yrði settur í kringum lagnirnar og steyppt botnplata. Ramman er bæði hægt að staðsteypa eða forsteypa.

Opnanlegt lok með pumpum yrði á rammanum til þess að komast hjá veðrun og fallhættu. Op brunna þarf að vera útbúið vatnshrindani gúmmí listum eða sambærilegu efnum svo að vatn geti ekki lekið inn í brunnum eða útbúa gróp sem grípur regnvatnið og leiðir það í burtu.

Ef vatn kemst í brunninn með jarðveg eða regnvatni verður notast við sunkdælur til að dæla vatninu upp úr brunninum svo að vatnið valdi ekki tjóni á búnaði. Í botnplötu verður niðurfall sem tengt er við næsta frárennslibrunn og þannig er vatn sem kemst í brunninn einnig leitt út.

Þar sem jarðvegurinn er einangrandi og lagnirnar sem standa inn í mælibrunninum eru ekki einangraðar þarf að einangra brunninn. Þó svo að mikill vatnsmassi sé inn í lögnum og vatnið er á hreyfingu þarf að gera ráðstafanir fyrir frosti sem getur myndast.

Frá árunum 2007 til 2017 fór frost í jarðveg á 1000mm dýpi niður í allt að  $-10^{\circ}\text{C}$  í Reykjavík. Því þarf að hafa í huga að einangrunin haldi lögnum frostfríum [17].

Brunnarnir munu veita góða sýn á dreifikerfið. Þeir yrðu útbúnir ýmsum mælitækjum. Sér í lagi:

- Rennslismæli
- Þrýstingsmæli
- Hitamæli
- Rakamæli
- Sýnatökubúnaði til þess að kanna gæði vatnsins

Að auki yrði til staðar sérstakur aukastútur sem hefur aðgang að vatni svo Veitur geti tengt önnur mælitæki sem nauðsynleg kunna að verða í framtíðinni vegna hugsanlegrar sýnatöku af vatni.

Allur mælibúnaður væri tengdur við kerfisstjórn Veitna svo hægt sé að fá dagsýn á mælana innanhús.

Þar sem mælarnir væru síritandi og vinna á rafmagni þarf að gera grein fyrir rafmagnstengingu frá upphafi og þarf því að grafa fyrir jarðstreng.

Rennslismælar sem settir væru í mælibrunnana væru áspenntir mælar sem spennanast utan á lagnirnar og senda bylgjur í gegnum vatnið og nema þannig rennslið.

Annar búnaður þarf að hafa snertingu við vatn og því væru stútar með tengjum fyrir þá mæla á lögnum.

Margir framleiðendur eru að slíkum mælabúnaði en sem dæmi um slíkan mælabúnað sem kannaður var, má nefna:

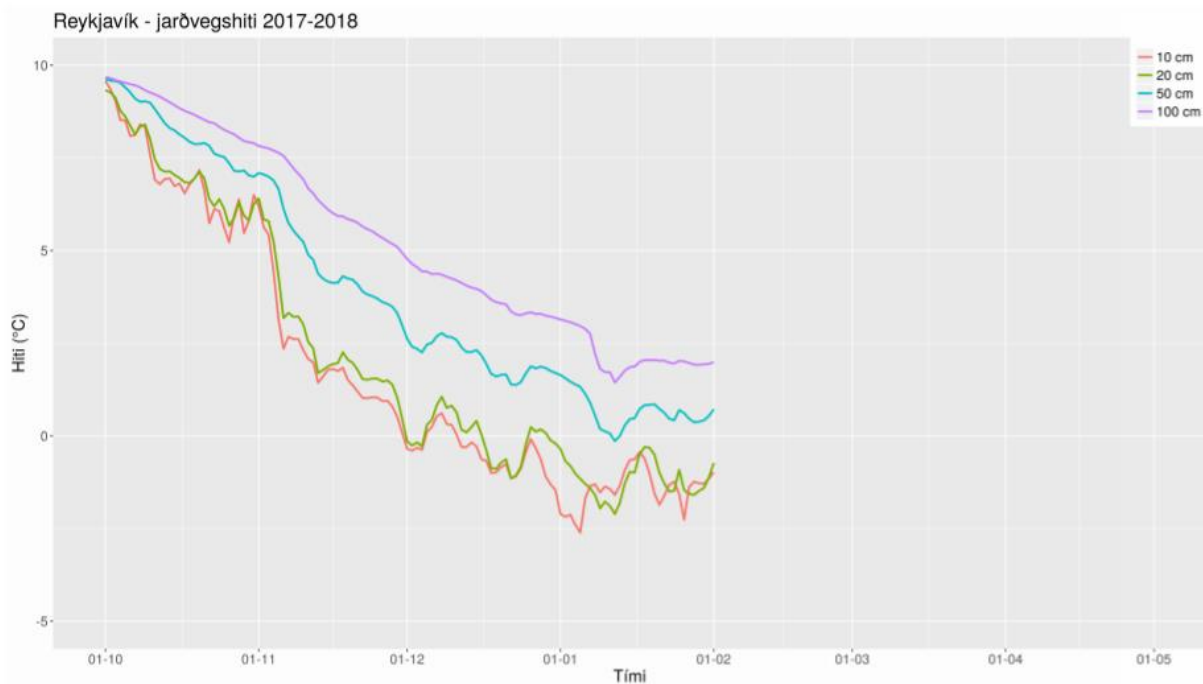
- Hedland Ultrasonic flowmeter-Rennslismælir
- Simens p Diii – Þrýstingsmælir
- Simens Sitrans PF2 PT100 – Hitamæli

Ofangreindur mælabúnaður er metinn hentugur, þar sem uppsetning búnaðarins er einföld og fljótleg. Búnaðinn er einnig hægt að nota í öðrum brunnnum eftir þörfum, rennslismælirinn t.d. er mælir sem smellt er á lagnir tiltölulega fyrirhafnarlítið og þarf ekki að stöðva kerfið við uppsetningu hans.

Með mælibrunnum er búið að útrýma hættu vegna vonds aðgengis og súrefnisskorts og komin ný hagkvæm útfærsla af brunnum sem þjóna þeim tilgangi að fylgjast með dreifikerfinu, vakta það og gera viðvart ef einhverjir þættir þarfnast nánari skoðunar.

Þó svo að brunnarir séu nú hugsaðir til mælinga og betri sýn á kerfið má huga að því að nota slíka útfærslu til lokabrunnar. Með því er hægt að útrýma hægt og rólega öllum mannopsbrunnum þar sem öruggari valkostur á hönnun er komin.

Teikningar af mælibrunn má sjá í viðauka 6



Mynd 15: Reykjavík-Jarðhiti október 2017-janúar2018, daggildi í fjórum dýpum 10, 20, 50 og 100cm [17]

### 6.3.2 Útfærsla 2 – Endurbætt hönnun mannopsbrunna

Eins og áður hefur komið fram, væri unnt að fækka mannopsbrunnum. Bent hefur verið á að í sumum tilvikum megi útfæra einfalda mælibrunna og setja upp í stað mannopsbrunna. Það er hins vegar ljóst að ekki verður unnt að útrýma mannopsbrunnum. Hér hefur verið gerð ný útfærsla á mannopsbrunnum. Með henni er verið að bæta öryggi brunna m.t.t. aðgengis og auka hagkvæmni í rekstri þeirra.

Helstu hættur við umgengni um mannopsbrunnar hafa verið ræddar hér að framan. Sér í lagi erfitt aðgengi, súrefnisskortur og fallhætta.



Besta leiðin til að sporna við hættunni er að útfæra brunnana þannig að ekki þurfi að fara ofan í þá eða að minnsta kosti að unnt sé að fækka þeim tilvikum sem starfsmenn þurfa að fara ofan í brunnana.

Með fjarstýrðum lokum sem hægt væri að stýra utan mannopsbrunnna er komist hjá því að fara ofan í þá. Gömlu lokunum á lögnum yrðu skipt út og nýir fjarstýrðir lokar settir í staðinn og þeir lokar eru útbúnir spindli að ofan verðu, á spindilinn kemur síðan stýribúnaðurinn sem gerir lokunum fært um að opnast og lokast eftir þörf. Fjarstýrðir lokar geta bæði verið rafknúnir eða vökvaknúnir, báðar leiðir eru jafngildar.

Slíka loka má fá frá ýmsum framleiðendum. Kannaðir voru lokar frá framleiðendum Vexve og AVK.

Um var að ræða:

- Loose EPDM-Spjaldloki fyrir rafknúinn stýribúnað (AVK)
- Amua Aktuator -Rafknúinn búnaður fyrir spjaldloka (AVK)
- Hydrox<sup>TM</sup> – Vökva stýrður búnaður fyrir spjaldloka(Vexve)

Lesmælar og stjórnborð fyrir fjarstýrðu lokana eru staðsett við hlið mannopsbrunnana en hægt væri að grafa kassann niður svo að hann sjáist ekki. Til framtíðar má gera ráð fyrir að ekki þurfi slíka kassa, heldur sé öllum búnaði fjarstýrt úr stjórnstöð í gegnum netkerfi (væntanlega þráðlaust, bent er á 5G möguleika sem kunna að opnast innan fárra missera).

Þrátt fyrir það að með þessum búnaði sé búið að minnka ferðir ofan í brunnana umtalsvert þá þarf alltaf á einhverjum tímapunkti að fara ofan í brunnana, en þó slík tilvik verðu mun sjaldgæfari en í dag.

Til þess að fá betri stöðuleika þegar farið er ofan í brunnin er hentugt að setja samanbrjótanlegan stiga í mannopið sem hægt er rétta úr áður en farið er ofan í og svo brjóta saman þegar loka á brunninum. Þar með er kominn aukinn stöðuleiki fyrir starfsmenn til að halda í á leiðinni ofan í brunnin sjálfan.

Þar sem mannopsbrunnar eru lokuð rými þá er alltaf hættu á súrefnisskort og geta sumir brunnar verið súrefnissnauðari en aðrir. Því væri ein lausn til þess að útrýma þeirri hættu að festa rafknúna viftu inn í brunnunum sem hægt væri að kveikja á áður en farið er ofan í brunnana. Viftan gæti jafnvel farið sjálfkrafa af stað þegar hún skynjar hreyfingu eða þegar brunnurinn er opnaður. Viftan myndi þannig auka hreyfingu loftsins og minnka hættuna á súrefnisskortum.

Með ofangreindum breytingum er unnt að auka öryggi fyrir starfsmenn og lágmarka viðbúnað við viðhaldskoðanir og verkferla sem krefst lokunar á vatnsrennsli í lögnum.

Teikningar má sjá í viðauka 6

### **6.3.3 Útfærsla 3 – Endurbætur á stórum kaldavatsbrunnnum**

Útfærsla 3 felur í sér endurbætur á núverandi stórum kaldavatsbrunnnum ásamt góðum heilræðum fyrir framtíðar hönnuði.

Ekki er talin þörf á jafn mikilli tæknivæðingu í stóru brunnunum og í mannopsbrunnunum. Ástæðan fyrir því er að aðgengi í stóru brunnana er gott og öruggt og má segja að það liggi ekki jafn mikið á því að tæknivæða þá brunna og eins mannopsbrunna. En hins vegar eru ýmsir þættir sem má endurskoða og bæta.

Þar sem stærð þessara kaldavatsbrunna er að meðaltali um 30m<sup>2</sup> býðst kostur á að hafa aðgengi inn í brunninn nægjanlegt til þess að taka stórar lagnir sem þarf að skipta um út um dyr sem eru nægjanlega stórar fyrir þá vinnu.

Til þess að ná jafn fyrirferðamiklum lögnum út þarf að hafa hlaupakött í þaki þar sem hægt er að hafa talú í og tengja við lagnirnar og hífa upp án erfiðleika. Þá er hægt að komast hjá því að koma með kranabíl og þurfa að teygja kranann í gegnum dyrnar til þess að hífa upp lagnirnar.

Ef ekki gefst kostur á að hafa hlaupakött með talú þá þarf að huga að því að nægilegt aðgengi sé fyrir kranabíl til þess að hann hafi nægilegt pláss við kaldavatsbrunninn án aðskotahluta fyrir inngangi.

Inn í stóru brunnunum þarf að vera næg birta og skiptir lýsing því talsverðu máli. Því þarf að ákvarða staðsetningu ljósa vel en góð staðsetning er á veggjum brunnanna. Vont dæmi um staðsetningu ljósa er t.d. þar sem ljósin eru í þaki brunnsins, en við það er erfitt að skipta um ljósaperur auk krefst það mikils umfangs og býr til aukna hættu þar sem fall úr slíkri hæð getur verið banvænt.

#### **6.4 Samantekt – uppbygging mælibrunna**

Mælibrunnar þjóna þeim tilgangi að fylgjast með dreifikerfi Veitna. Þeir brunnar bjóða einnig upp á þann eiginleika að taka vatnssýni, mæla hitan á vatni og hugsanlega auknar mælingar til framtíðar, s.s. magn baktería eða grugg í vatni. Í viðauka 5 má sjá gátlista yfir helstu þætti sem gætu eða ættu að vera til staðar í mælibrunnum.

#### **Lagnir**

Mælibrunnar eru yfirleitt staðsettir á stofnlögnum eða dreifilögnum til þess að geta greint vandamál sem eiga uppruna sinn frá tiltekinni stofn eða dreifögnum.

Mælibrunnar eru því settir á núverandi stofnlagnir og fer stærð brunnana eftir því hver stærð lagnanna á þeirri staðsetningu sem er valin.

#### **Rafmagn**

Gera þarf ráð fyrir rafmagni vegna mælitækja, því þarf að staðsetja brunninn þannig að hagkvæmt sé að sækja nægjanlegt rafmagn og ef grafa þarf fyrir jarðstreng, þá sé slík vegalengd sem styðst og engar hindranir vegna lagningar strengsins.

#### **Búnaður**

Mælibrunnar er eins og nafnið gefur til kynna, brunnar sem eru notaðir til þess að mæla það sem er að gerast í dreifikerfinu.



Þar sem aðgangur að lögnum er góður er hægt að koma fyrir búnaði sem nauðsynlegt er að hafa í mælibrunnum.

Nauðsýnlegur búnaður í slíka brunna er:

- Þrýstingsmælar
- Rennslismælir
- Krana til sýnitöku á vatni

Þar sem aðgangur að stofnlögnum er greiður og góður er æskilegt að geta tekið sýni úr lögnum, mæla hitann á vatninu og hugsanlega komið fyrir auka mælum, mælibrunnar eru með auka tengi sem hægt væri að tengja við aukamæla ef þess er þörf.

### **Uppbygging brunna**

Brunnarnir eru af smærri gerðinni og eru steyptir ferhyrningslaga umhverfis þær stofnlagnir sem ákveðið er að setja þá á. Stærðin ræðst af ákvörðun staðsetningarinnar þar sem þeir eru settir á núverandi stofn og dreifilagnir og verður að vera nóg pláss fyrir mælabúnað. Hægt er að staðsteypa eða forsteypa þá. Stofnlagnir af stærðinni 400-1000mm, eru grafnar niður á 600mm dýpi, lagnir minni en 400mm eru grafnar niður að allt að 1200mm dýpi. Við gröft niður að núverandi lögnum er einangrunargildi jarðvegsins farið og við það þarf að einangra brunnana með steinull eða frauðplasti til að koma í veg fyrir að frost myndist í lögnum. Brunnarnir hafa opnanlegt lok úr stáli og þarf lokið að framfylgja stöðlum um lok á brunnum þ.e. ÍST EN 124-3:2015

### **Uppsetning brunna**

Í brunnum skal vera þrýstingsmælir og rennslismælir til að geta fylgst með dreifikerfinu. Rennslismælarnir eru af gerð sem hægt er að smella utan á lagnir án þess að hafa áhrif á kerfið. Á lögnum munu vera stútar sem er í snertingu við vatn og þannig hægt að tengja búnað sem verður að hafa snertingu við vatn.

Í brunnunum verður sýnitökubúnaður til þess að geta séð hvort vatnið lúti lögum um neytandavöru þar sem það er drykkjarvatn.

Mælana er hægt að hafa sem staðbundna mæla en einnig eru mælar sem má nota sem hreifanlega mæla sem hægt er taka af og nota í öðrum brunnum.

Sumir mælanna hafa internet/GSM sendir og lestrarkassa, internet/GSM sendirinn skal vera staðsetur ofan í brunni en lestrakassi grafinn við hlið brunnanna og þá er hægt að opna þá sér, án þess að opna lok brunnanna. Mælarnir skulu vera tengdir við kerfisráð Veitna svo að aðilar innan Veitna geti lesið af mælum án þess að þurfa að keyra í mörkina og athuga á mælum nema að annað sé tekið fram.

*Þegar uppsetning á mælibrunni er fullkomlega kláruð skal brunnurinn vera innmældur í Lukor-landupplýsinga kerfi Orkuveitunnar með gefnu númeri brunns ásamt mynd af brunnum sjálfum í viðhengi inn í Dmm.*

## 6.5 Samantekt – endurbætur á mannopsbrunnum

Gott er að hafa gátlistann í viðauka 5 í huga við endurbætur á þeim brunnum sem nú eru í notkun.

### Núverandi mannopsbrunnar

Ekki eru allir mannopsbrunnar með aðgang að rafmagni. Með rafmagni er hægt að auka lýsingu í brunnum, þeir brunnar sem hafa nú þegar aðgang að rafmagni skulu vera útbúnir viftu staðsettri ofan í brunnunum sem hægt er að kveikja á áður en farið er ofan í brunninn. Með því er aukið loftflæði inn í brunninum og því minni hætta á súrefnisskort.

Þeir brunnar sem ekki hafa aðgang að rafmagni eru á slóðum þar sem mikið vatn kemst í þá og þarf að huga að tæmingu fyrir þá með svo kölluðum sunkdælum. Hugsanlega væri hægt að setja þær upp með sólarsellu sem gæti séð fyrir nægu rafmagni til að dæla vatni upp úr þeim þegar þess þarf.

### Aðgengi ofan í mannopsbrunna

Aðgengi mannopsbrunna er ekki gott, með samanbrjótanlegum stiga sem hægt er að festa upp í mannopinu fæst aukin stöðuleiki og fallhætta minnkar.

### Fækka ferðum ofan í mannopsbrunna

Með fjarstýrðum lokum fækka ferðum ofan í brunnana. Skipta þarf út öllum handvirku lokum í brunni og koma fyrir fjarstýrðum lokum sem hægt er að stjórna utan brunnana. Æskilegast að nota í þeim brunnum sem eru hvað mest er farið ofan í. Fjarstýrðir lokar ganga fyrir rafmagni, svo tengja þarf rafmagn í þá brunna sem ekki hafa það.

### Lagfæringar

Ef jarðvinna við núverandi mannopsbrunna á sér stað er æskilegt að grafa frá brunni og búa til dyr sem hægt er að ganga inn um.

## 6.6 Samantekt – endurbætur á stórum brunnum

Stórir kaldavatnsbrunnar þjóna margvíslegum tilgangi. Þeir eru hvort um sig loka og mælibrunnar. Við hönnun á slíkum brunnum er gott að hafa ýmsa hluti í huga t.d. hvaða tilgang á brunnurinn að þjóna, hver er stærð hans og hvar á að staðsetja hann.

Hér að neðan eru nokkur atriði sem vert er að hafa í huga við hönnun brunnana.

### Lagnir

Þegar fjöldi lagna og stærð þeirra hefur verið ákveðin þá þarf að gera stærðargreiningu á mannvirkinu sjálfu. Brunnurinn þarf að vera nægjanlega stór og rúmgóður til að aðili geti sinnt viðhaldi og vinnu við brunninn. Nóg pláss verður að vera fyrir aðila til að komast inn í brunninn ásamt því að stórar lagnir og búnaður sem þeim fylgir sé hægt að koma úr brunni án erfiðleika.

Gera þarf ráð fyrir nægu plássi fyrir neðan greindum lögnum:

- Vatnslagnir
- Lofttöppunar lagnir
- Frárennslislagnir
- Niðurföll

## **Rafmagn**

Gera þarf ráð fyrir rafmagni vegna mælitækja og ljósabúnaði, því þarf að hafa í huga hvar hagstæð staðsetning á brunninn sé þannig að auðvelt sé að sækja rafmagn og ef grafa þarf fyrir jarðstreng, þá sé slík vegalengd sem styðst og engar hindranir eru vegna lagningar strengsins.

## **Búnaður**

Búnaðurinn í brunnunum skiptir lykilmáli, því er mikilvægt að velja búnað sem hentar til þeirrar notkunar sem ætlast er af brunnunum.

Þegar lagnir eru úr efnum sem geta oxast verður að vera rakavél til að koma í veg fyrir að oxun eigi sér stað, eða að minnsta kosti til að lágmarka oxun.

Lokar verða að vera á öllum lögnum til að unnt sé að stjórna rennsli í lögnum auka það og/eða stöðva ef þörf krefur.

Gera þarf ráð fyrir þeim möguleika að koma fyrir mælitækjum. Staðsetja þarf allan mælibúnað ásamt lokum með það í huga að það sé gott aðgengi að þeim. Fylgja þarf öllum upplýsingum framleiðanda um uppsetningu búnaðar.

Þar sem þetta er neysluvatn þá er skylda að hafa greiðan aðgang að sýnatöku vatnsins í lögnum. Hugsanlega mætti gera ráð fyrir að í framtíðinni verði um sjálfvirkar sýnatökur að ræða, þar sem sýni er tekið og greint á sjálfvirkan máta.

Mikilvægt er að geta komið lögnum út úr brunnum af þessari stærð og er besta leiðin að koma fyrir hlaupaketti í loftið sem hægt er að tengja talú við og hífa lagnir upp og leiða þeir í það minnsta að dyrum brunnsins.

Nauðsýnlegur búnaður í stórum kaldvatnsbrunnum:

- Rennslismælir
- Þrýstingsmælir
- Lokar
- Sýnitöku búnaður
- Aðgengi til að tengja framtíðarbúnað t.d. örverumæli

## Lýsing

Lýsing inn í brunnum þarf að vera nægileg til þess að aðilar geti unnið í brunninum á öllum tímum dags.

Staðsetning ljósa þarf einnig að vera á þeim stað sem hentar og auðveldar aðilum að setja upp ljósabúnað og lagfæra.

Gera þarf ráð fyrir rafmagnslögnum vegna lýsingar.

Almennt skal gert ráð fyrir að um lágorkulýsingu (díóðulýsingu) sé að ræða.

## Niðurföll

Í stórum lögnum er mikið vatnsmagn sem rennur þar í gegn á hverri sekúndu og óhöpp geta átt sér stað. Ef lög springur eða tekur að leka, þarf að vera leið til að koma vatnsmagninu frá. Til dæmis mætti setja niðurföll sem gæti annast vatnsmagnið sem kæmi úr lögnum áður en hægt væri að loka fyrir vatnsrennslið.

Huga þarf að framtíðarþróun vegna óhappa af þessum toga. Hugsanlega verða nemar sem skynja vatnsleka og senda sjálfkrafa skipanir til sjálfvirkra loka sem loka fyrir rennsli í hinni biluðu lög. Ýmis framleiðendur búnaðar eru að þróa lausnir af þessum toga. Sem dæmi má nefna Vexve, en þar er nú unnið að því að þróa sjálfvirkkan búnað sem tekur við ef leki eða sambærileg bilun kemur upp [18].

*Þegar ákvarðanatökur út frá listanum hér að ofan hafa átt sér stað þarf að huga að uppbyggingu brunnana. Þá er stærð lagna komin í ljós og þá er hægt að gera grein fyrir plássþörf í brunnunum.*

## Uppbygging brunna

Brunnar að þessari stærð eru staðsteyptir. Þar sem lagnir eru niðurgrafnar þá verður brunnurinn að vera niðurgrafinn að hluta til þ.e. að neðri hluti brunnanna er niðurgrafinn og kemur úr jörðu sem uppbyggt hús. Best er að hafa hann í samræmi við staðsetningu, þ.e. falla inn í umhverfið.

## Inngangur að brunnum

Inngangur í slíkan brunn skal vera með tvíbreiða hurð sem gengið er inn um. Verklagsreglur eru til staðar þar sem óheimilt er að hindra eða takmarka inngöngu í brunninn. Bannað er að setja fyrirstöðu fyrir inngang, eða byggja nokkuð sem hindrar inngöngu. Sólskyggirnir mega alls ekki vera þar sem þau takmarka aðgengi krana og körfubíla ef til þess kæmi að skipta þurfi um lagnir.

Ef eitthvað fer úrskeiðis og lagfæra eða skipta þarf út lögnum verður að vera gott aðgengi til þess.

Æskilegt er að hafa innganginn á þeim stað sem hægt er að ganga inn og gengið er að búnaði án vandræða.

## Uppsetning inn í brunnum

Þegar lokar eru settir upp verða þeir að snúa rétt og fylgja þarf leiðbeiningar frá framleiðanda um hvernig þeir skulu vera settir upp. En æskilegt er að setja lokana þannig upp að ekki þarf að beygja sig niður til þess að loka fyrir þá og með því er lestur á lokana einfaldari ásamt því að loka fyrir þá. Ef hægt væri að stilla þeim þannig upp með því að framfylgja uppsetningar reglum væri það æskilegt.

Loka og mælibúnað ætti að hafa af bestu getu þeim megin sem gengið er inn svo aðgengi að þeim verði betra. Best væri að komast hjá því að hafa marga stiga eða palla inn í brunnum.

### 6.7 Kostnaðarmat við gerð og endurbætur brunna

Hér að frama hafa þrjár nýjar útfærslur og/eða endurbætur á kaldavatsbrunnum verið skilgreindar, þ.e. gerð mælibrunna, endurbætur á mannopsbrunnum og endurbætur á stórum brunnum.

Líklegt verður að telja að mesta þörfun sé á að hefja vinnu við útfærslu 1 og útfærslu 2, þ.e. gerð nýrra mælibrunna og endurbætur á mannopsbrunnum.

Kostnaður við báðar útfærslur hefur verið metinn. Um er að ræða 3.7 milljónir við gerð mælibrunna og 8.5 milljónir v. endurbóta á mannopsbrunnum.

Kostnað má sundurliða eins og fram kemur í töflu 1.

Brunngerð	Kostnaðarliður	Metinn kostnaður
<b>Mælibrunnur</b>		
	Búnaður	642.257kr
	Efni	544.383kr
	Vinna	1.198.888kr
	Annað	1.365.658kr
	Samtals	3.751.185kr
<b>Endurbætur mannopsbrunna</b>		
	Búnaður	4.529.951kr
	Vinna	2.038.478kr
	Annað	1.970.529kr
	Samtals	8.538.938kr

Tafla 1 : Kostnaðarmat á nýjum mælibrunnum og endurbótum á mannopsbrunnum

Nánari greiningu og sundurliðun kostnaðarpátta ásamt skýringum má finna í viðauka 4.

## 7 Niðurstöður

### 7.1 Vandamál við núverandi brunna

Bent hefur verið á ýmis vandamál við þá brunna sem rannsakaðir voru. Hér að neðan eru helstu ókostir og vandamál tilgreind:

Stórir brunnar eru mikil mannvirki. Það getur verið tímafrekt að byggja þá. Þeir eru dýrir og taka mikið rými.

Þó brunnarnir séu mjög stórir, þá kanna að reynast mjög kostnaðarsamt að endurbæta búnað, gera við eða skipta út biluðum búnaði, því fyrirferð á búnaði innan brunnanna kann að vera mikil og aðgengi ekki nægjanlega gott.

Aðgengi í stóru brunnana þarf að miðast við stærð lagna í brunnunum og þarf að reikna með því að hægt sé að koma búnaðinum úr brunninum á eins öruggan og skilvirkan máta og færi gefst á ef þess er þörf. Í dag eru því miður ekki nægilega hugað að þessum þáttum við hönnun brunna að mati undirritaðs.

Uppsetning innviði brunnana þarf einnig að miðast að því að menn geti starfað inn í brunninum án örðuleika við það að komast að búnaði eða lagfæra hann, það á um lagnir ásamt öllum búnaði inn í brunnunum. Engin leið er að handlanga lagnir að innan þar sem búnaður er ekki til staðar eins t.d. hlaupaköttur með talú í lofti.

Staðsetning ljósa er á erfiðum stað í sumum brunnnum til þess að skipta um ljós eða ljósaperur.

Val á staðsetningu brunna skiptir máli þar sem erfitt getur verið að komast að brunnnum vegna t.d. umferðar og þarf að horfa til framtíðar á vali staðsetninga.

Við vinnu á aldrei að þurfa að leggja starfsmann í hættu og þarf því að gera ráðstafanir fyrir góðu aðgengi og skipulagðri uppsetningu brunns frá upphafi, æskilegt væri að hafa samráð með aðilum Veitna sem vinna í þessum brunnnum.

Vandamál mannopsbrunna má greina í marga þætti,

- Af mannopsbrunnnum getur stafað mikil hætta, þeir flokkast sem lokuð rými og þarf því að fara með mikilli aðgát þegar unnið er í þeim.
- Aðkoma á alla vegu er virkilega slæm og nær þetta til nánast allra mannopsbrunna. Þröngt lítið op sem farið í gegnum til að komast inn í brunnin skapar hættu með því að klífa í gegnum það. Stigar til þess að ganga niður ofan í brunnana sjálfa eru yfirleitt alveg lóðréttir sem gerir það að verkum að erfitt getur verið að labba niður þá.
- Rýmið er lítið og þétt til þess að koma í veg fyrir vatnsleka inn í brunn, en gerir það að verkum að súrefnisskortur getur myndast í brunnunum.
- Ef slys á sér stað ofan í mannopsbrunn þar sem aðili sér sig ekki fært að komast sjálfur upp þarf að koma björgunarbörum ofan í brunninn og hífa aðilann upp í gegnum mannopið.
- Ef búnaður bilar og vinna þarf ofan í brunni til að lagfæra brunninn er erfitt að meðhöndla verkfæri til þess að lagfæra það sem þarf að laga.

- Ef búnaður eða lagnir skemmast og skipta þarf um búnað er ekki alltaf gerð ráðstöfun í hönnun til að koma búnaðinum út. Sumir brunnar hafa steipta þakplötu sem er með innsteiptum boltum til að hægt sé að hífa þakið upp og koma búnaði þannig úr brunni. Það er ákaflega óheppileg aðferð og óhagkvæm.
- Við vinnu í mannsbrunnnum þarf að fylgja reglum og þarf tvo aðila til að komast á staðinn til þess að hafa heimild til að vinna ofan í brunnunum.

Út frá skoðunarferðum sem áttu sér stað á meðan ritgerðaskrifum stóð sást að mikil þörf er á nýjungum í hönnun á kaldavatsbrunnnum ásamt töluverðum endurbótum til að koma í veg fyrir slys.

Eftir rannsóknirnar á gömlu brunnunum standa uppi skilvirkar hugmyndir að nýrri og endurbættri hönnun á kaldavatsbrunnnum sem gætu breytt starfi Veitna umtalsvert. Hannaður var nýr brunnur þ.e. Mælibrunnur sem mun þjónar þeim tilgangi að afla upplýsinga um dreifikerfi Veitna.

Eins og komið er inn á hér á undan um þá óheppilegu eiginleika mannsbrunna var ákveðið að leita nýrra leiða til að endurbæta þessa brunna. Með því að fækka ferðum ofan í brunnana er strax búið að auka öryggi starfsmanna umtalsvert. En með nýjum fjarstýrðum búnaði er hægt að komast hjá stærstu kvillum þess að vinna ofan í mannsbrunnnum. Aukið öryggi skiptir lykilmáli fyrir starfsmenn.

Þar sem vandséð er að breytingar verði á stórum kaldavatsbrunnnum, þeir verða hvorki fjarlægðir, né gerðar á þeim stórar breytingar. Þó eru ýmsir þættir sem mætti endurskoða og bæta m.t.t. framtíðar hönnunar.

Ljóst er að kostnaður getur verið hár við nýjar útfærslur og endurbætur, en bent er á að þá er það betra heldur en slys á aðilum eða jafnvel dauðsföll eigi sér stað við vinnu. Benda má á að beinn kostnaður við alvarleg slys kann að skipta tugum milljóna fyrir utan þá sorg og óhamingju sem kann að fylgja slysum.

## **7.2 Hönnun nýrra brunna**

Leitast var nýrra leiða til að auka öryggi í núverandi brunnnum. Ný hönnun á kaldavatsbrunnnum var útfærð, þ.e. útfærsla 1- Mælibrunnur.

Mælibrunnar eru einfaldir að búa til. Þeir eru steiptir ferhyrningslaga kassar sem grafnir eru niður á núverandi lagnir. Þeir þjóna þeim tilgangi að vakta dreifikerfið með því að mæla rennslið, þrýstinginn, hitan á vatninu í lögnunum og bjóða einnig upp á að taka sýni af vatninu. Með mælibrunnunum fæst góð mynd á dreifikerfið og eru þeir hannaðir með öryggi að sjónarmiði. Brunnarnir eru ofan í jörðu og eru þar af leiðandi ekki aðgengilegir almenningi. Brunnarnir hafa lok sem er á lömum og hægt er að opna til að fara ofan í brunnana. Lokinu er hægt að læsa með lás sem aðeins löggiltir starfsmenn Veitna hafa aðgang að. Þar sem mælibrunnar yrðu staðsettir á núverandi lagnir þá ræðst stærð brunnana á stærð lagnanna. Brunnarnir er grafnir niður að lögnum sem gerir það að verkum að hæðin er ekki mikil og starfsmenn vinna aldrei í lokuðum rýmum ofan í þeim og því er aldrei hættu á súrefnisskort eða fallhættu.



### 7.3 Endurbætur á núverandi brunnum

Útfærsla 2-bætt hönnun á mannopsbrunnum og útfærsla 3-endurbætur á stórum kaldavatnsbrunnum eru dæmi um endurbætta hönnun á núverandi brunnum.

Útfærsla 2 snýst fyrst og fremst um að bæta öryggi starfsmanna sem vinna við og í mannopsbrunnu, ásamt því að fjölga fjarmælitækjum og sjálfvirkni sem stýra má úr stjórnstöð. Markmiðið er að fækka ferðum ofan í brunnana og er það gert með fjarstýrðum búnaði. Fjarstýrða búnaðinum er hægt að stjórna án þess að þurfa nokkurn tímann að fara ofan í brunninn sjálfan. En þar sem á einhverjum tímapunkti þarf alltaf að fara ofan í brunnana þá þarf að gera aðstöðu öruggari. Með því að einfalda aðgengi eins og að bæta samanbrjótanlegum stiga við núverandi stiga ofan í brunnunum fæst betri stöðuleiki sem einfaldar starfsmönnum að labba niður lóðréttu stigana. Bætt loftgæði skipta sköpun og því væri æskilegt að setja loftviftur ofan í brunnana og þannig ná að komast hjá súrefnisskortri.

Útfærsla 3 er fyrst og fremst hugsað til þess að bæta hönnun á framtíðar stóru kaldavatnsbrunnum. Stóru kaldavatnsbrunnarnir eru rúmgóðir og þarf því að huga að huga að skipulagðri uppsetningu búnaðar. Huga þarf að því hvernig á að koma biluðum búnaði eða illa förnun lögnum út úr þeim brunnum og væri það t.d. gert með hlaupaketti upp í lofti brunnana og hafa tvíbreiðar dyr svo að búnaðurinn komist þar í gegn. Það er mikilvægt að staðsetja lýsingu rétt. Hún ætti alls ekki að vera í lofti á stórum brunnum því erfitt og óhentugt er að skipta um perur eða lagfæra bilanir komi til þess. Aðgengi að öllum búnaði inn í brunnunum þarf að vera vel skipulagt og einfalt þarf að vera að vinna við þá.

## 8 Umræða og túlkun

Markmið verkefnisins voru skýr, þ.e. að greina núverandi brunna, kosti þeirra og galla. Jafnframt að hanna endurbætur á núverandi fyrirkomulagi, meta kostnað við endurbætur og breytingar. Þessum markmiðum hefur verið náð.

Fyrir liggja hönnun og teikningar að endurbótum auk þess sem gerðar hafa verið kostnaðaráætlanir vegna þeirra breytinga sem lagaðar eru til.

Mælibrunnar eru einfaldir að gerð og kostnaður við hvern mælibrunn er um 3.7 milljónir. Virkni hvers brunn er mikil, og viðhaldskostnaður mælibrunna er lítil. Með mælibrunnum er unnt að bæta eftirlit með kerfinu í heild sinni verulega og finna og greina bilanir fyrr en ella. Ein meiriháttar bilun kann að kosta Veitur milljónir króna. Í því ljósi verður fjölgun mælibrunna að teljast hagkvæm framkvæmd. Með mælibrunnunum er hægt að fá góða sýn á dreifikerfið og þannig læra á það og geta greint vandamálin þegar þau myndast eða mjög snemma í myndunarferli þeirra. Með skipulögðum staðsetningum og afmörkuðum svæðum er hægt að fylgjast enn betur með dreifikerfinu. Mikið og kostnaðarsamt tjón getur átt sér stað þegar lagnir leka eða bilun finnst í kerfinu. Mælibrunnar eru hannaðir með það í huga að vakta kerfið til að geta séð hvar vandamálin eiga sér upptök svo að starfsmenn geti ráðist strax í það að lagfæra þau. Þannig má lágmarka tjón og kostnað með aukinni notkun mælibrunna. Eftir stendur tilbúin hönnun á mælibrunnum sem er góð lausn þar sem vinnuumhverfið er öruggt og brunnarnir skilvirkir.

Hið sama gildir um mannopsbrunna. Endurbætur á mannopsbrunni eru vissulega kostnaðarsamar, en endurbætur á dæmigerðum brunni gætu kostað 8.5 milljónir króna Hins vegar er



talsvert eftirlit og viðhald á mannopsbrunnum í dag. Það að fara í viðhaldsskoðun ofan í mannopsbrunna getur verið kostnaðarsöm aðgerð. Samkvæmt vinnureglum Veitna, þá verða tveir aðilar a.m.k. að fara á staðinn, með þann öryggisbúnað sem tilgreindur er í verkslagsreglum Veitna (sjá viðauka 1). Koma þarf öryggisbúnaði fyrir áður en farið er ofan í brunna. Verkferli af þessum toga getur dregist á langinn og orðið kostnaðarsamt. Ef gert er ráð fyrir að viðhaldsferð sem þessi taki 2.5 tíma á hvern brunn og að innri kostnaður vegna vinnu starfsmanns sé kr. 10.000 á tíma og innri kostnaður vegna búnaðar og bíls sé kr. 10.000, þá getur innri kostnaður vegna slíkrar skoðunarferðar numið allt að 100.000 krónum.

Endurbætur á mannopsbrunni kosta um 8.5 milljónir samkvæmt kostnaðaráætlun. Skoða þarf alla mannopsbrunna sem hafa mælibúnað á mánaðar fresti, til þess að athuga hvort búnaðurinn virki og starfi rétt. Með nýjum fjarstýrðum búnaði sem hægt væri að treysta og ekki þyrfti að athuga jafn reglulega og núverandi búnað myndi fjarstýrði búnaðurinn borga sig með tímanum. Sé gert ráð fyrir að fækka megi ferðum um 2/3 þá gæti árlegur sparnaður vegna hvers brunns numið um 800.000 krónum. Sé miðað við 6% afvöxtunarkröfu og núvirðisreikninga, þá tekur það um 17 ár að borga upp endurbæturnar. Þar sem gert er ráð fyrir að líftími mannvirkja af þessum toga sé um 100 ár og flest þessara mannvirkja eru yngri en 35 ára, þá er 17 ára endur-greiðslutími framkvæmdar ekki frágangsök.

Í þessu mati er ekki tekið tillit til þátta s.s. það að sleppa við akstur er jákvætt grænt spor, en Veitur hafa skilgreint sérstaka umhverfisstefnu. Líkurnar á slysum eða óhöppum minnka um 66%, en bent skal á að kostnaður við slys eða óhapp getur numið milljónum króna. Með því að gera endurbætur á núverandi brunnum er hægt að gera starf Veitna einfaldara, hagkvæmara til lengri tíma og öruggara.

## 9 Samantekt

Í verkefni þessu er fjallað um kaldavatnsbrunna. Núverandi brunnum er lýst, kostum þeirra og göllum. Í undirbúningi að vinnu við verkefni þessu var farið í flestar gerðir kaldavatnsbrunna. Ljóst er að kaldavatnsbrunnar geta verið mjög hættulegt vinnuumhverfi. Viðhald þeirra og eftirlit með virkni þeirra er óhagkvæm, krefst þess í dag að farið sé í brunnana. Slysahætta er nokkur, jafnvel þó Veitur leggi sérstaka áherslu á öryggi starfsmanna sinna í vinnu við brunna.

Lagðar eru til ákveðnar endurbætur á núverandi brunnum til að auka öryggi starfsmanna við vinnu er tengist viðhaldi og eftirliti með brunnum. Sér í lagi á þetta við um mannopsbrunna. Þeir eru hættulegt vinnuumhverfi. Með fjarstýrðum búnaði er hægt að lágmarka vinnu ofan í slíkum brunnum. Með einföldum endurbótum á öryggisráðstöfunum eins og samanbrjótanlegum stiga og viftu sem eykur loftgæði, má bæta öryggi starfsmanna sem vinna í brunnum.

Með bættu öryggi brunnana er lögð fram viss skammtímalausn, en vandamálin leysast ekki að fullu, nema með hönnun nýrra.

Nýir brunnar voru hannaðir sem taka á þeim ágöllum sem eru á núverandi brunnum. Öryggi vegna vinnu við brunna er bætt. Lagðar eru til leiðir og búnaður sem bæta viðhald og eftirlit með núverandi brunnum.

Skilgreindur og hannaður var sérstakur mælibrunnur. Um er að ræða nýja gerð af brunnum sem þjóna þeim tilgangi að vakta dreifikerfi Veitna og veita starfsmönnum upplýsingar um stöðu kerfisins, án þess að þurfa að fara á staðinn. Í mælibrunnum er að finna nauðsynlegustu mæla (s.s. hita-, þrýstings- og rennismæla). Einnig væri unnt að koma þar fyrir fjarstýrðum lokabúnaði. Slíkir brunnar geta í framtíðinni leyst mannopsbrunnana af hólmi.

Gera má ráð fyrir að endurbætur á brunnum, umhverfi þeirra og uppbyggingu hefjist á næstu árum og vonandi verða þær tillögur sem hér eru kynntar, að gagni í þeirri vinnu.

## 10 Heimildaskrá

- [1] Hilmar Garðarsson, „Gömlu Vatnsbólín í Reykjavík“, í Saga Vatnsveitu Reykjavíkur 1909-1999, Reykjavík: Hilmar Garðarsson og Orkuveita Reykjavíkur, 2007.
- [2] L. Í.- Háskólabókasafn, „Timarit.is“. [Rafrænt]. Af: [http://timarit.is/view\\_page\\_init.jsp?pageId=1289081](http://timarit.is/view_page_init.jsp?pageId=1289081). Sótt: 04. maí 2019.
- [3] Hilmar Garðarsson, „Reykvíkingar fá vatnsveitu“, í Saga Vatnsveitu Reykjavíkur 1909-1999, Reykjavík: Hilmar Garðarsson og Orkuveita Reykjavíkur, 2007.
- [4] „Gvendarbrunnar | Veitur“. [Rafrænt]. Af: <https://www.veitur.is/gvendarbrunnar>. Sótt: 04. maí 2019.
- [5] Hilmar Garðarsson, „1940-1960“, í Saga Vatnsveitu Reykjavíkur 1909-1999, Reykjavík: Hilmar Garðarsson og Orkuveita Reykjavíkur, 2007.
- [6] Stefán Pálsson, Samtal við Stefán Pálsson, 25. feb. 2019.
- [7] Olgeir Örlyggsson, Stöðufundur, 3. apr. 2019.
- [8] Bjørn Norheim, vann og avlópsteknikk, 2. útg. Norsk Vann, 2014.
- [9] „Vatnsveitan í tölum | Veitur“. [Rafrænt]. Af: <https://www.veitur.is/vatnsveitan-i-tolum>. Sótt: 06. maí 2019.
- [10] „Rekstrarhandbók“. [Rafrænt]. Af: <http://vefir.or.is/handbok/Pages/Forsida.aspx>. Sótt: 07. mar. 2019.
- [11] „AVK Product Search - Find the right solution here! - AVK Denmark“. [Rafrænt]. Af: <https://www.avkventiler.dk/da-dk/produktsoeger?page=1&Segment=Vandforsyning&ProductCategory=Butterflyventiler>. Sótt: 07. maí 2019.
- [12] Freyr Ingi Björnsson, „Almennt fallvarnarnámskeið, Lokuð rými og félagabjörgun“, 28.-6.mars.
- [13] „LUKSjá“. [Rafrænt]. Af: <https://lukor.or.is/lukor/#>. Sótt: 07. maí 2019.
- [14] Sigurjón Bjarni Bjarnason, Ljósmynd. 2019.
- [15] Sverrir Guðmundsson og Olgeir Örlyggsson, Stöðufundur, 15. apr. 2019.
- [16] Arndís Ósk Ólafsdóttir, Samtal, 4. nóv. 2019.
- [17] Guðrún Nína Harðardóttir, „Veður í Reykjavík og á Hólmsheiði desember 2017-janúar2018“, feb. 2018.
- [18] Valdimar Hjaltason, Samtal, 23. apr. 2019.
- [19] „Pages - Rekstrarhandbók“. [Rafrænt]. Af: <http://vefir.or.is/handbok/Pages/Forsida.aspx>. Sótt: 07. maí 2019.
- [20] Keishi Kameya, Dmm. .
- [21] Sigurjón Bjarni Bjarnason, Ljósmynd. 2019.
- [22] „AVK CENTRIC BUTTERFLY VALVE, DOUBLE FLANGE, PN10 / 16 - AVK Denmark“. [Rafrænt]. Af: <https://www.avkventiler.dk/da-dk/produktsoeger/butterflyventiler/centriske-butterflyventiler-med-fast-gummiliner/75-20-020>. Sótt: 08. maí 2019.
- [23] „Hydrox“. [Rafrænt]. Af: <https://www.vexve.com/en/products/hydraulic-control-solutions/hydraulic-actuators/hydrox/>. Sótt: 08. maí 2019.
- [24] „AUMA - Actuators SA and SAR“. [Rafrænt]. Af: <https://www.auma.com/products/multi-turn-actuators/actuators-sa-and-sar/#documentsTab>. Sótt: 08. maí 2019.
- [25] „Luisladders Folding Ladder Multi-Purpose Aluminium Extension 7 in 1 Step Heavy Duty Combination EN 131 Standard (15.5 Feet) - - Amazon.com“. [Rafrænt]. Af:

- [https://www.amazon.com/Luisladders-Aluminum-Multi-Purpose-Extendable-Anti-slip/dp/B0748C21TW?ref\\_=fsclp\\_pl\\_dp\\_14](https://www.amazon.com/Luisladders-Aluminum-Multi-Purpose-Extendable-Anti-slip/dp/B0748C21TW?ref_=fsclp_pl_dp_14). Sótt: 08. maí 2019.
- [26] „MaxxAir HVHF 12COMBO Heavy Duty Cylinder Fan with 20-foot Vinyl Hose, High Velocity Portable Utility Blower/Exhaust Axial Hose Fan, 12-Inch, Yellow - Bathroom Fans - Amazon.com“. [Rafrænt]. Af: [https://www.amazon.com/HVHF-12COMBO-Cylinder-Velocity-Portable/dp/B004GHNKU0/ref=sxbs\\_sxwds-stvp?keywords=portable+manhole+fan&pd\\_rd\\_i=B004GHNKU0&pd\\_rd\\_r=173d61b0-5596-41a7-a0a2-52be45f0facb&pd\\_rd\\_w=TwLou&pd\\_rd\\_wg=vcl3i&pf\\_rd\\_p=a6d018ad-f20b-46c9-8920-433972c7d9b7&pf\\_rd\\_r=H7J6Y1WD63SFHKFVW27Z&qid=1557278395&s=gateway](https://www.amazon.com/HVHF-12COMBO-Cylinder-Velocity-Portable/dp/B004GHNKU0/ref=sxbs_sxwds-stvp?keywords=portable+manhole+fan&pd_rd_i=B004GHNKU0&pd_rd_r=173d61b0-5596-41a7-a0a2-52be45f0facb&pd_rd_w=TwLou&pd_rd_wg=vcl3i&pf_rd_p=a6d018ad-f20b-46c9-8920-433972c7d9b7&pf_rd_r=H7J6Y1WD63SFHKFVW27Z&qid=1557278395&s=gateway). Sótt: 08. maí 2019.
- [27] „Hedland DB-RZH-AYNN-F1 Ultrasonic Flowmeter for use with Remote Flow Transducers 32617-26 to -51 from Cole-Parmer United Kingdom“. [Rafrænt]. Af: <https://www.coleparmer.co.uk/i/hedland-db-rzh-aynn-f1-ultrasonic-flowmeter-for-use-with-remote-flow-transducers-32617-26-to-51/3261724>. Sótt: 08. maí 2019.
- [28] „SITRANS P DS III - Process Instrumentation - Siemens“. [Rafrænt]. Af: <http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/en/process-instrumentation/pressure-measurement/sitrans-p-ds-iii/pages/sitrans-p-ds-iii.aspx>. Sótt: 08. maí 2019.
- [29] „Siemens SITRANS TF2 c/w Integrated PT100 Temperature Sensor“. [Rafrænt]. Af: <http://www.rshydro.co.uk/temporary/sitrans-tf2/>. Sótt: 08. maí 2019.

11 Viðaukar

11.1 Viðauki 1: Verkferlar fyrir lokuð rými

VEITUR		Veitur			
Fjöldi síðna: 2		Rekstrarvinna í kaldavatsbrunni (verk tengt banaslyshættu)		Útgáfunúmer: VÁV-451-02	
Skref	Skref í ferli	Staðsetning	Lykilatriði í skrefi	Ástæður	Rýni
1	Undirbúningur	Skrifstofa Veitna/ á verkstað	Taka til gáttlista fyrir lokuð rými. Finna til öryggisbúnað (gálga, belti og súrefnismæli). Ganga úr skugga um að súrefnismælir sé kvarðaður. Skilgreina verkið og skipuleggja þannig að ferðir ofan í brunn séu sem fæstar. Tryggja að minnst tveir menn séu til staðar. Skoða teikningar. Sjónskoða verkfæri áður en þau eru notuð. Upplýsa vakt/stjórnstöð í gegnum Tetra ef inngríp eru (5166215)		Til að verkið fari fram á skipulagðan og skilvirkan hátt.
2	Tryggja gegn umferð	Á verkstað	Leggja bíl þannig að hann skýli gegn aðstæðandi umferð, nota blökkjós, setja upp viðeigandi umferðamerki. Klæðast sýnileikafatnaði. Huga að gangandi vegfarendum við staðsetningu ökutækis. Kanna svæðið, lýsa upp ef þarf, nota mannbrodda þegar við á.		Til að fyrirbyggja banaslys.
3	Vinna í lokuðu rými	Á verkstað	Nota gáttlista fyrir lokuð rými. Fræðsla, þjálfun og þekking. Nota falvarnabelti. Setja upp vindu. Súrefnismælir látnir síga niður í brunnum. Nota blástur ef við á. Vaktmaður ávallt við inngang í lokað rými. Skýrar samskiptareglur milli starfsmanns og vaktmanns. Björgunarsætun og björgunarbúnaður til staðar. Nota súrefnismæli við vinnu		Starfsmaður skal hafa fengið fræðslu, þjálfun og hafa þekkingu fyrir vinnu í lokuðu rými. Mæling á andrúmslofti (súrefni & aðrar gastegundir). Til að fyrirbyggja banaslys.
4	Vinna í kaldavatsbrunni	Á verkstað	Setja upp grindur í kringum mannop. Halda við lok/binda lok í vöndum veðrum. Skipta út ónýtum tjökkum á loki. Sjónskoða stiga fyrir hverja notkun. Viðhalda þriggja punkta gripi og snúa að stiga.		Til að fyrirbyggja fallslys og klemmingar.
5	Hætta á drukknun	Á verkstað	Yfirfara legnbúnað, lofttæma (nota heyrnahlífar) og hafa flóttalöðina greidda. Skýr TETRA samskipti við þann sem hleypir á. Tryggja að átt sé við réttan búnað (loka). Hleypa ávallt rölega á og loka fyrir til að fyrirbyggja óþarfa álag á búnað. Varúð kringum gamla loka, ofgera þeim ekki.		Til að fyrirbyggja banaslys. Ef brunnur hefur fyllist af vatni skal lá rafvirka til að yfirfara rafmagn áður en vinna hefst.
6	Frágangur	Á verkstað / skrifstofa Veitna	Kvitta fyrir viðveru sé slikt til staðar. Hreinsa eftir sig ef þarf. Loka og læsa loki. Gera verkblað í SharePoint.		Góður frágangur tryggir örugga aðkomu.

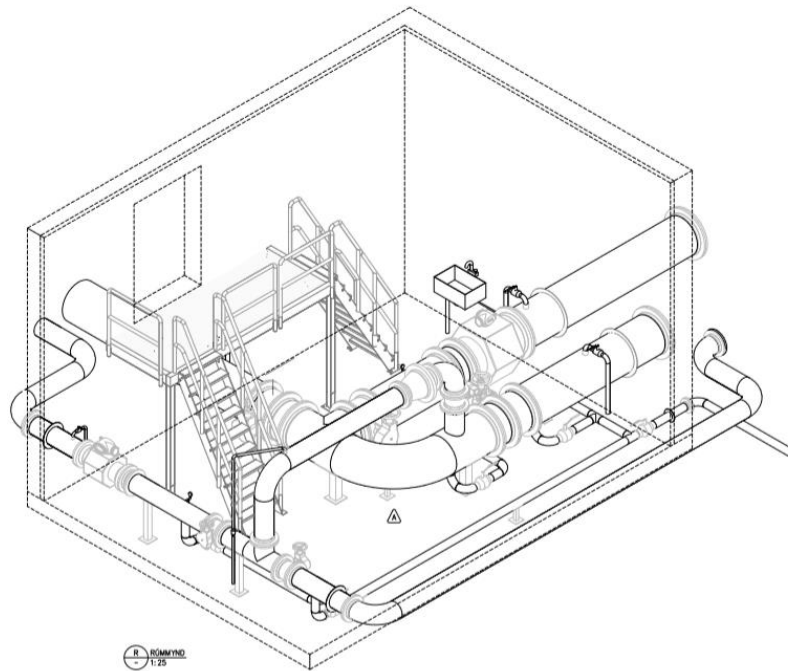
Mynd 16: Verkferlar sem ber að fylgja við vinnu í lokuðum rýmum[10]

**Stöðvum vinnu og látum yfirmann vita ef ekki er hægt að framkvæma verkið á öruggan hátt**

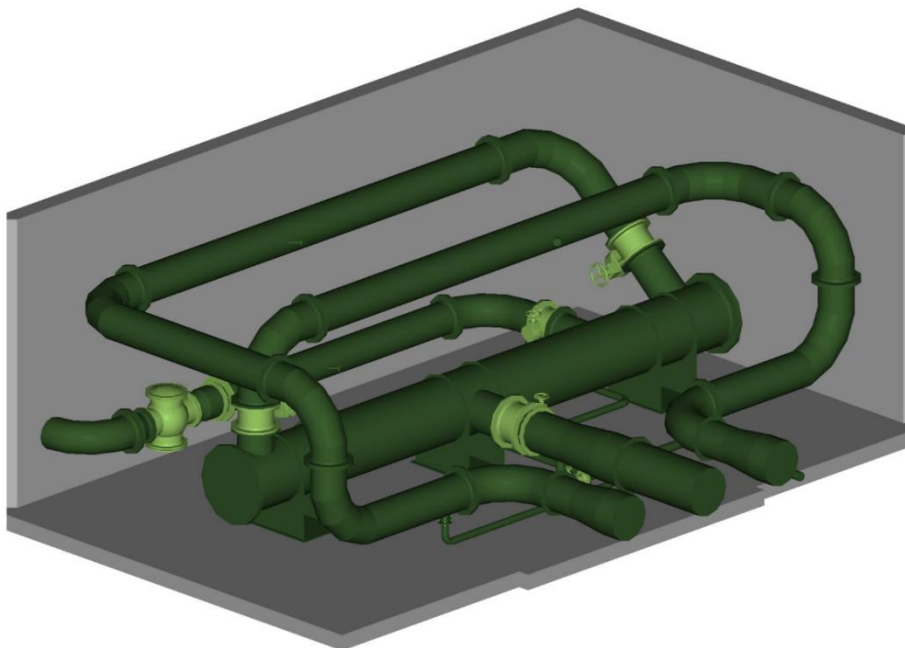
<p><b>Persónuhlífar við verkið:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hjálmur og heyrnahlífar</li> <li>Öryggisgleraugu</li> <li>Öryggisskór og heilgalli</li> <li>Sýnileika fatnaður</li> <li>Vinnuvettlingar og höfuðljós</li> </ul>		<p><b>Þátttakendur:</b></p> <p>Ásgeir Pétur Bjarnason Bjarki Jónsson Ásgeir Pétur Bjarnason og yfirfarið af kaldavatsnóþ</p>								
<p><b>Spurningar stjórnenda:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hverjar eru banaslyshættur á þínu vinnusvæði?</li> <li>Hvernig tryggir þú mótvægisáðgerðir?</li> <li>Er allur mikilvægur búnaður í góðu ásigkomulagi?</li> <li>Hafa orðið einhver atvik þar sem mótvægisáðgerðir hafa brugðist að þínu mati?</li> </ol>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LOKUÐ RÝMI</th> <th>VEITUR</th> <th>LOKUÐ RÝMI</th> <th>VEITUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>Gáttlisti</p> <p>Hvar er ég? <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Undirbúa vinnusvæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Loftræsting <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Samskipti <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Falvarnir <input checked="" type="checkbox"/></p> </td> <td> <p>Undirbúa vinnusvæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Loftgæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Lýsing <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Neyðaráætlun <input checked="" type="checkbox"/></p> </td> <td> <p>Sérstök hættu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Súrefniskortur</li> <li>Eitlaðar lofttegundir</li> <li>Eldhættu/kekkihættu</li> <li>Falshættu</li> <li>Hrunhættu</li> <li>Hátt hitastig</li> <li>Velturabúnaður</li> <li>Övurn orka</li> </ul> </td> <td> <p>Samskipti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Takermál</li> <li>Talabíll</li> <li>Talstöðvar</li> </ul> <p>Stu sem er inni / niðu lokaða rými þarf að staðfesta ef hann verður var við athönd övurnlagi. Övurnlagir á langgæsum eða hættum.</p> <p>Loftræsting</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hátturloft</li> <li>Eitlaðan</li> <li>Aðflutt loft</li> </ul> <p>Björgun</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Áhvarfgröfning</li> <li>Áætlun</li> <li>Björgunarbúnaður</li> <li>Utanaðkomandi björgun</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>		LOKUÐ RÝMI	VEITUR	LOKUÐ RÝMI	VEITUR	<p>Gáttlisti</p> <p>Hvar er ég? <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Undirbúa vinnusvæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Loftræsting <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Samskipti <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Falvarnir <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Undirbúa vinnusvæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Loftgæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Lýsing <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Neyðaráætlun <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Sérstök hættu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Súrefniskortur</li> <li>Eitlaðar lofttegundir</li> <li>Eldhættu/kekkihættu</li> <li>Falshættu</li> <li>Hrunhættu</li> <li>Hátt hitastig</li> <li>Velturabúnaður</li> <li>Övurn orka</li> </ul>	<p>Samskipti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Takermál</li> <li>Talabíll</li> <li>Talstöðvar</li> </ul> <p>Stu sem er inni / niðu lokaða rými þarf að staðfesta ef hann verður var við athönd övurnlagi. Övurnlagir á langgæsum eða hættum.</p> <p>Loftræsting</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hátturloft</li> <li>Eitlaðan</li> <li>Aðflutt loft</li> </ul> <p>Björgun</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Áhvarfgröfning</li> <li>Áætlun</li> <li>Björgunarbúnaður</li> <li>Utanaðkomandi björgun</li> </ul>
LOKUÐ RÝMI	VEITUR	LOKUÐ RÝMI	VEITUR							
<p>Gáttlisti</p> <p>Hvar er ég? <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Undirbúa vinnusvæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Loftræsting <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Samskipti <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Falvarnir <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Undirbúa vinnusvæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Loftgæði <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Lýsing <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Neyðaráætlun <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Sérstök hættu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Súrefniskortur</li> <li>Eitlaðar lofttegundir</li> <li>Eldhættu/kekkihættu</li> <li>Falshættu</li> <li>Hrunhættu</li> <li>Hátt hitastig</li> <li>Velturabúnaður</li> <li>Övurn orka</li> </ul>	<p>Samskipti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Takermál</li> <li>Talabíll</li> <li>Talstöðvar</li> </ul> <p>Stu sem er inni / niðu lokaða rými þarf að staðfesta ef hann verður var við athönd övurnlagi. Övurnlagir á langgæsum eða hættum.</p> <p>Loftræsting</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hátturloft</li> <li>Eitlaðan</li> <li>Aðflutt loft</li> </ul> <p>Björgun</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Áhvarfgröfning</li> <li>Áætlun</li> <li>Björgunarbúnaður</li> <li>Utanaðkomandi björgun</li> </ul>							
<p><b>Ávallt skal upplýsa starfsmann um rýni og gefa honum tækifæri á að lesa vinnulýsinguna áður en rýni hefst. Að henni lokinni skal fara yfir niðurstöðurnar með starfsmanni.</b></p>										

Mynd 17: Verkferlar sem ber að fylgja við vinnu í lokuðum rýmum[19]

11.2 Viðauki 2: Myndir af brunnum sem voru rannsakaðir

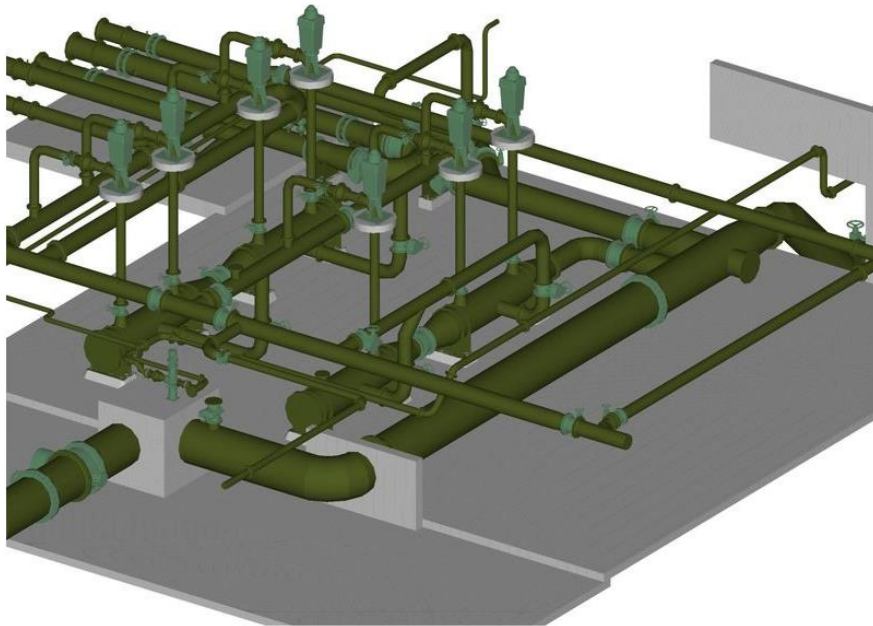


Mynd 18: Þrívíddarmynd af Kringlumýrarbrunni, mannvirki nr.82 [20]

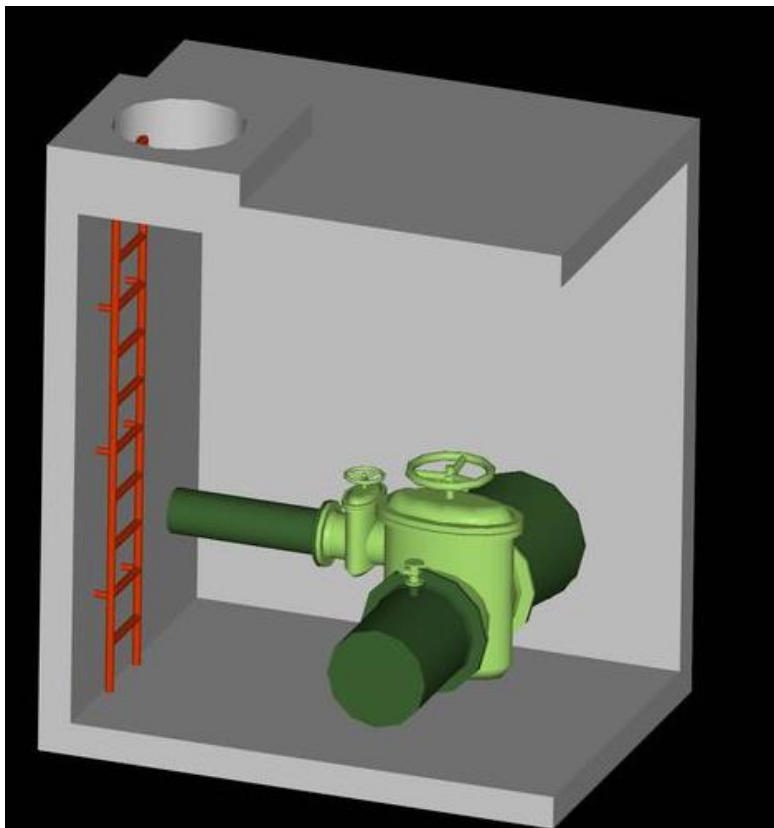


Mynd 19: Þrívíddarmynd af eldri Kringlumýrarbrunn, mannvirki nr.48 [20]





Mynd 20: Þrívíddarmynd af dælustöðinni í Hraunbrún, mannvirki nr.2 [20]



Mynd 21: Þrívíddarmynd af mannopsbrunn [20]



Mynd 22: Mynd inn í kaldavatsbrunnum í Litluhlíð, mannvirki nr.112 [21]



Mynd 23: Handvirkir lokar á lögnum sem liggja inn í vatnsgeymirinn í Litluhlíð, mannvirki nr.112 [21]



### 11.3 Viðauki 3: Nýr búnaður Nýr búnaður í mannopsbrunna

Spjaldloki sem býður upp á rafknúinn mótur að ofan sem stýrir lokanum [22]



**Serie 75/20**  
Butterflyventil  
Centrisk med fast  
gummiliner  
Dobbeltflange kort  
DN 50-2000  
PN 10/16  
Duktiljern

Option:  
• bredt udvalg af  
aktuatorer

### Hydrox™ Stýribúnaður á spjald og kúluloka [23].

Part numbers mentioned in this chapter refer to the figure 4.

- Ball valves:** Turn the valve to the open position (counter-clockwise) before removing the actuator (1).

**Butterfly valves:** Turn the valve to the close position (clockwise) before removing the actuator (1).

Valve opens by pumping hydraulic oil into connection "B" and closes when hydraulic oil is pumped into connection "A". Use a hand pump or a hydraulic power unit
- Turn the actuator slightly backwards to release forces between the valve and the actuator in order to make it easier to remove the actuator:

**Ball valves:** Turn the actuator slightly towards the close position (clockwise) by pumping a little hydraulic oil into connection "A" until pressure level is low

**Butterfly valves:** Turn the actuator slightly towards open position (counter-clockwise) by pumping a little hydraulic oil into connection "B" until pressure level is low
- Remove any position indicator if used
- Remove the attachment bolts (2) of the actuator and remove the actuator (1)

Reinstallation instructions for ball valves see chapter 5.2.1 steps 1-5 and for butterfly valves, see chapter 5.2.2 steps 1-5.

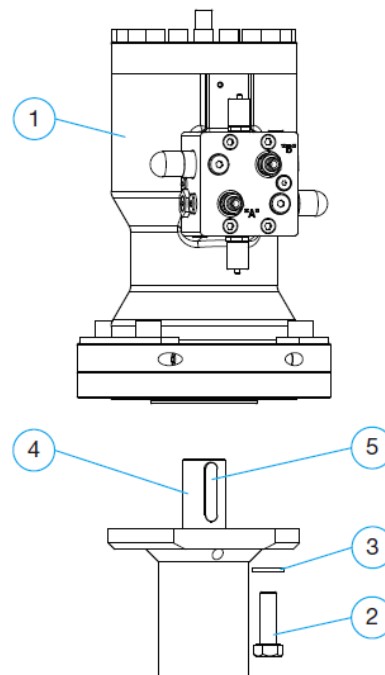


Figure 4. Assembly

## AUMA AKTUATOR – Rafknúinn mótur á spjaldloka (AVK) [24]

**Type SA 07.6 – 16.2 for automatisk åbne-/lukkecyklus**  
Tilslutningsform B3

**Omgivelsestemperatur:**  
-40°C- +80°C (ventil max. 70°C)

**Isolationsklasse:**  
**IP68** iht. EN 60 529 9 - beskyttelse mod nedsænkning i vand op til 8 m i max. 96 timer. Under nedsænkning tillades op til 10 betjeninge.

**Korrosionsbeskyttelse:**

**KS** - sprayfosfatering  
Pulvercoating med primer og to-komponent metallak

**Specialdesign:**

- omgivelsestemperatur (-50°C- +60°C), (-60°C- +60°C), (0- +120°C)
- Forstærket korrosionsbeskyttelse KX
- DS - IP68 – dobbelttætning; terminalkammer yderligere tætnet indvendigt

**Korrosionsbeskyttelse:**

**KS** - sprayfosfatering  
Pulvercoating med primer og to-komponent metallak

**Specialdesign:**

- omgivelsestemperatur (-50°C- +60°C), (-60°C- +60°C), (0- +120°C)
- Forstærket korrosionsbeskyttelse KX
- DS - IP68 – dobbelttætning; terminalkammer yderligere tætnet indvendigt

**Elektrisk udstyr:**

Standard el-diagram TPA00R1AA-101-000 indeholder:

- on/off vejkontakt (1NC i 1NO) for hver yderposition, ikke galvanisk isoleret
- on/off momentkontakt (1NC i 1NO) for alle mellemliggende positioner, ikke galvanisk isoleret
- termobrydekontakt mod overophedning, automatisk reset
- varme i kontaktrum, selvregulerende PTC-varme, standard 230VAC/50Hz
- motor 3x400VAC/50Hz
- blinkkontakt for åbne-/lukkeindikering

**Specialdesign:**

- mekanisk positionsindikator
- tilbagemeldingssignal, analog; 0/4 – 20 mA (RWG)
- dobbelt vejkontakt (2NO i 2NC), galvanisk isoleret
- dobbelt momentkontakt (2NO i 2NC), galvanisk isoleret
- vejkontakter for mellemliggende positioner (DUO), tilgængelig for alle mellemliggende positioner

**Tests/indregulering:**

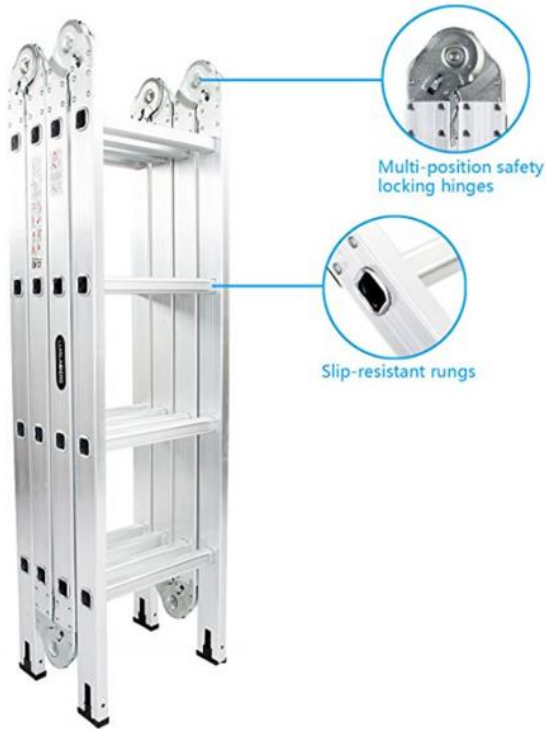
Test efter installation: Sædetest iht. DIN 3230 del 4

Lukkecyklus: Aktuatoren styres på moment, men indikerer fejl såfremt momentkontakten aktiveres inden vejkontakten passerer

Åbnecyklus: Aktuatoren afbrydes på vejkontakt



### Samanbrjótanlegur stigi



- Safe and Reliable - Heavy-duty aircraft-grade aluminium construction; square rungs and supporting tubes, make this folding ladder stable and durable; meets EN131 standard and passes TÜV Rheinland GS certificate; maximum load capacity is 330 lbs.

Mynd 24: Samanbrjótanlegur stigi [25]

### Vifta til að auka loftflæði ofan í mannopsbrunnum



- 2-SPEED EXHAUST FAN: This fan is heavy duty yellow coated steel construction and comes with a 6-foot cord. It provides directional airflow to limited access areas. It blows up to 2,000 CFM and has a 2-speed 120V totally enclosed motor.

Mynd 25: Vifta til að auka loftflæði [26]

## Mælibúnaður fyrir mælibrunna

### Rennslismælir [27]



## Specifications & Description

Accuracy	$\pm 1\%$ of reading or $\pm 0.01$ ft/sec (0.003 m/s), whichever is greater
Material Housing	Powder-coated aluminum, PP, SS, polyurethane, nickel-plated steel mounting brackets
Min Operating Temperature ( $^{\circ}$ F)	-40
Min Operating Temperature ( $^{\circ}$ C)	-40
Max Operating Temperature ( $^{\circ}$ F)	185
Max Operating Temperature ( $^{\circ}$ C)	85
Fluid Type	Water
Output (mA)	Yes
Output	4 to 20 mA
Display Type	2-line LCD, LED backlight. Top row: 7 segment 0.7"H. Bottom row: 0.35"H

**Þrýstingsmælir [28]**

The SITRANS P DS III series includes digital pressure transmitters for measuring gauge pressure, absolute pressure, differential pressure, flow and level.

Even the standard devices offer comprehensive diagnostics and simulation functions with high reliability. The suitability for use in SIL2 circuits has been certified by external test institutes.

With Profibus transmitters, the new PROFISAFE technology guarantees uniform safety from the control system down to the transmitter.

**Benefits**

- Extensive **diagnostics and simulation functions**
- Suitable for installation in SIL 2 applications in accordance with IEC 61508 /IEC 61511. In the PROFIsafe version, it guarantees maximum communication safety up to the control system level
- Wide range of certification and approval e.g. ATEX EEx ia, EEx ib, Dust protection, FM, CS
- Option of using a simulation function for loop check functions
- Opens up a host of different bus communication options for you: HART, PROFIBUS PA, PROFIsafe or FF

**Hitamælir [29]**

- ✓ IP65
- ✓ 12 to 30V DC
- ✓ 4-20mA, 2 wire technology
- ✓ LC display

SITRANS TF2 temperature transmitter integrates three elements in one device: a Pt100 resistance thermometer in a stainless-steel thermowell, a high-grade stainless steel housing with a high degree of protection, and a built-in measuring transmitter with LC display with three configuration push buttons.

**11.4 Viðauki 4: Kostnaðaráætlun og útreikningar****Kostnaðarmat fyrir gerð mælibrunna**

Upprunalegu verðin eru fengin úr verðbankanum Hannarr en miðast það verð við byggingarvísitölu Júlí mánaðar árið 2014.

Því þarf að margfalda upp verðið miða við núverandi aðstæður og er því núverandi byggingarvísitala (mars) notuð og sú gamla deild upp í hana.

$$\frac{\text{Núverandi byggingarvísitala}}{\text{Byggingarvísitala í júlí 2014}} = \text{Vísitölumargföldunarstuðull}$$

$$\frac{142,4}{120,7} = 1,180$$

Útreikningur á greftri:

Grafa þarf fyrir mælibrunnum eftir ákvörðun stærðar bruns miða við stærð á núverandi lögnum. Þar sem grafið verður niður fyrir lagnir þarf að grafa 2m niður í jörðu. Miða við hönnunarforsendur Veitna þá er lágmarks breidd skurðar við gröft á dýpi 1.2-1.8m 0.8m því þarf að gera ráðstafanir fyrir því í greftri. Því er ákveðið að grafa skurð sem er 1m á breidd á öllum hliðum brunnsins. Frá því er síðan grafið flága sem er 1/1.

$$\text{Rúmmetra fjöldinn fyrir brunn ásamt skurði í kring er} = ((2.9\text{m}+2\text{m})\times 2+(1.9\text{m}+2)\times 2)\times 2\text{m} = 38.22\text{m}^3$$

$$\text{Rúmmetra fjöldinn fyrir flága frá skurði sem er 1/1 er} = (8.9\text{m}\times 2\text{m}\times 2\text{m}+7.9\text{m}\times 2\text{m}\times 2\text{m}) = 67.2\text{m}^3$$

$$\text{Samanlagður rúmmetra fjöldi sem þarf að grafa er þá} = 105.42\text{m}^3 \text{ sem námundað er í } 106\text{m}^3$$

Því má áætla með  $2\text{m}^3$  í greftri þar sem það þarf að setja nýjan jarðveg undir plötu.

Miðast er við að nota sama jarðveg til að fylla upp skurðinn og er þá dregið frá rúmmetra fjöldann sem mælibrunnurinn þarf til greftrar af heildar rúmmetrunum sem er  $= 100\text{m}^3$

Annar jarðvegur er síðan jafnaður út sem er hagkvæmara en að keyra hann í burtu og kemur jöfnunin þá út á það sama og rúmmetra fjöldinn sem er grafinn eða  $130\text{m}^3$

Útreikningar á mótum:

$$\text{Utanmál} = (2.9\times 2+1.9\times 2)\times 1.7 = 16.32\text{m}^2$$

$$\text{Innanmál} = (2.5\times 2+1.5\times 2)\times 1.5 = 12\text{m}^2$$

$$\text{Plata} = (1.5\times 2+2.5\times 2)\times 0.2 = 1.6\text{m}^2$$

$$\text{Samanlagt} = 29.92\text{m}^2 \text{ sem námundað er í } 30\text{m}^2$$

Útreikningur á steypu:

$$\text{Plata} = 2.9\times 1.9\times 0.2 = 1.103\text{m}^3$$

$$\text{Veggir} = (1.9\times 2+2.5\times 2)\times 0.2 = 2.992\text{m}^3$$

Samanlagt  $= 4.094\text{m}^3$  Hér sést að nota þarf meira en 4 rúmmetra því má áætla með 4.5 rúmmetrum af steypu.

Miða við að reiknað sé með að það séu 250mm á milli járna í járnabendingar í veggjum og plötu þarf 185m af stáli.

Því er óhætt að áætla notkun uppá 200m

Áætlað er að notað sé 10mm kembistál. Vitað er að k10 vigtar um 0.62kg/m

Áætluð þyngd á stáli er því  $0.62\text{Kg/m} \cdot 200\text{m} = 124\text{kg}$

Verð á prófílum og flatjárnri voru fengin hjá Guðmundi Arasyni og stálplata í lok var fengið frá Málmtækni.

Einingaverð á prófílum: 242kr

50x50x5mm prófílar verða notaðir sem undirstöðu og vigta 5 bitar um 12kg sem gerir verð prófíla 2902kr

Einingaverð á flatjárnri: 237kr

120x120x10mm magn flatjárna sem verður notað vigtar um 9.2kg sem gerir verð flatjárns 2179kr

Við einingaverðið er margfaldað tíma vinnan en samkvæmt fagaðila var metið að slíkar festingar tæki 2klst að smíða.

Heildarverð er þá  $2\text{klst} \cdot 10000\text{kr/klst} + (2902\text{kr} + 2179\text{kr}) = 25.081\text{kr}$

Verð á galvenseraðari stálplötu 0.8x1500x3000mm: 10750kr

Vinna við að móta lokin er talin vera um 2 fulla vinnudaga eða um 20klst í vinnu.

Heildar verð er því fengið með því að margfalda 10000kr á hvern klukkutíma ásamt 10% auka kostnað með lamir og handfang og pumpum.

Heildarverð er loks er þá  $:10750\text{kr} + (20\text{klst} \cdot 10000\text{kr}) + 10\% = 231.825\text{kr}$ .

Heildar verð er á búnaði er verð búnaðar ásamt vinnu við ísetningu.

Miðast er við 10000kr á tímann í vinnu. Talan er fengin út frá reynslu Veitna og Brynjólfs Björnssonar.

Vinna við uppsetningu er fenginn með því að margfalda 45% við heildarverð búnaðar.

Verð mæla:

Rennslismælir- Hedland ultrasonic flowmeter=350.000kr

Þrýstimælir-Sitrans P Diii= 117.000kr

Hitamælir-Simens Pt100=80.000kr

Synitökubúnaður er 1/2" rör með vatnsloka, verð fengið frá Byko og vinnan við uppsetningu er í verði.

Þegar samanlagt heildarverð hefur fengist við gerð og búnað mælibrunnar þá er óhætt að segja að hönnun, umsjón og ófyrirséðir hlutir eru að samanlagt 30% af heildarverðinu. Þetta eru reynslutölur frá Brynjólfi Björnssyni.



Vísitöluhækkun júl.14 - mar.19		1,18			
Nr.	Mælibrunnur				Samtals
<b>Verkþáttur</b>					
		Eining	Magn	kr	kr
1	<b>Aðstaða</b>				
1.1	Uppsetning og rekstur	stk	1	500.000	500.000
2	<b>Jarðvinna</b>				
2.1	Gröftur fyrir brunn	m <sup>3</sup>	106	1.609	170.578
2.2	Fyllingm/efnisfl. Þj. og grús	m <sup>3</sup>	2	5.310	10.620
2.3	Jarðstrengur ásamt greftri	m	20	9.576	191.514
2.4	Fylling með efni á stað/jöfnun jarðvegs	m <sup>3</sup>	130	1.100	142.943
2.5	Gröftur fyrir frárennislögn	m <sup>3</sup>	24	1.609	38.621
2.6	Söndun fyrir frárennislögn og jarðstreng	lm	40	3.363	134.520
3	<b>Burðarviriki</b>				
3.1	Mót, veggir lár. kl.(einf.byrdi)	m <sup>2</sup>	30	7.632	228.961
3.2	Steinsteypa S-250, smáverk (C25/30)	m <sup>3</sup>	5	39.550	177.975
3.3	Járnabending K10	Kg	124	355	44.034
3.4	Undirstöður lagna í brunni	kg	12	242	2.902
3.5	Festingar á undirstöður	kg	9,2	237	2.179
4	<b>Búnaður</b>				
4.1	Rennslismælar með uppsetningu	stk	1	507.500	507.500
4.2	Þrýstímælar með uppsetningu	stk	1	169.650	169.650
4.3	sýnatökubúnaður með uppsetningu	stk	1	3.915	3.915
4.4	Hítamælir með uppsetningu	stk	1	116.000	116.000
5	<b>Einangrun</b>				
5.1	Plasteinangrun 24 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	20	3.879	77.583
6	<b>Lok á brunn</b>				
6.1	Stállok ásamt vinnu	stk	1	231.825	231.825
7	<b>Frárennsli</b>				
	Frárennislögn ásamt lagningu	lm	20	2.532	73.436
	Niðurfall 100mm pottur með flögn	stk	1	41.911	60.771
8	<b>Hönnun-Umsjón-ófyrriséd</b>	%	30	853.163	853.163
				<b>SAMTALS</b>	<b>3.751.185</b>

Tafla 2: Kostnaðarmat við gerð mælibrunna

**Kostnaðarmat við endurbætur á mannopsbrunnum**

Verð á búnaði frá AVK var fengið frá Set.

Set átti ekki föst verð á búnaði frá Vexve því er áætlað að verð á þeim samsvari búnaði frá AVK. Verð sem fengin voru frá set voru í dönskum krónum, miðast er við krónugengið í mars 2019. Samkvæmt Set þá var búnaðurinn fyrir veitur 45% ódýrari og var því tekið 45% af verðinu þegar búið var að breyta dönskum krónum í íslenskar. Verðið var einnig án vask og því var honum bætt við.

Verð hvers búnaðar fyrir sig var svo margfaldað með 45% sem er vinnan við uppsetninguna á búnaði.

Verð á búnað án virðisauka:

Spjaldloki vrá Vexve fyrir 600mm lögn =733.098kr

Spjaldloki frá AVK fyrir fyrir 600mm lögn=733.098kr

Motor á 600mm spjaldloka=323.400kr

Spjaldloki frá AVK með motor fyrir 250mm lögn=721.050kr

Dæmi um hvernig raunverulegt verð var fengið :

Verð-45% af verði 45%vinna 24%vaskur= heildarverð

$(1405633 * 0.55 * 100) * 145\% * 124\% = 1.390.030$

1

Nr.	Betrumbæting á mannopsbrunn			Samtals
	<b>Verkþáttur</b>			
1	<b>Búnaður</b>	Eining	Magn	kr
1.1	Spjaldlokar frá Vexve 600mm lögn með uppsetningu	stk	1	1.390.030
1.2	Spjaldlokar frá AVK 600mm lögn með uppsetningu	stk	1	1.390.030
1.3	Motor á 600mm spjaldloka(AVK) með uppsetningu	stk	1	581.473
1.4	Spjaldloki frá AVK með mótör fyrir 250mm m. uppsetningu	stk	1	1.296.448
1.5	HydroxTm stýribúnaður til að loka lokum með uppsetningu	stk	2	581.473
1.6	Stjórnborð tengt stýribúnaði HCU remote með uppsetningu	stk	1	639.621
1.7	Vifta til loftskipta með uppsetningu	stk	1	89.900
1.8	Sambryótanlegur stigi með uppsetningu	stk	1	17.980
2	<b>Hönnun-umsjón-ófyrriséd</b>	%	30	1.970.529
			<b>Samtals</b>	8.538.958

Tafla 3: Kostnaðarmat við endurbætur á mannopsbrunnum

## 11.5 Viðauki 5: Gátlisti fyrir hönnuði

I Gátlisti fyrir hönnuði sem hentugt væri að hafa í huga við endurbætur  
mannopsbrunna

Áður en farið er ofan í mannopsbrunn skal sá aðili vera búinn að fara á þau námskeið sem krafist er til þess að hafa heimild til að fara ofan í slíkan brunn. Einnig má aldrei fara einn á staðinn og skal hver aðili gera sér grein fyrir öllum öryggisráðstöfunum sem ber að fylgja við vinnu í lokuðu rými.

Gátlisti fyrir mannopsbrunna	Starfsmaður :				
<b>Almennt</b>					<b>Nýr búnaður</b>
Staðsetning brunns					<i>Lokar sem skipta þarf um</i>
Stærð brunns (S/M/L)					Spjaldlokar á lögnum
Stærð lagna (í mm)					Aðrir lokar
Er rafmagn í brunni	<input type="checkbox"/>				<i>Búnaður sem þarf að bæta við</i>
Fjarlægð í næsta tengikassa					Nýjir flangsar
Er lýsing nægileg					Vifta til betri loftgæða
Ástand núverandi brunnar og búnaðar					GSM/internet sendir
					Samanbrjótanlegur stigi
<b>Búnaður</b>					
Spjaldlokar	<input type="checkbox"/>				<b>Staðsetning búnaðar</b>
Kúlulokar	<input type="checkbox"/>				Er GSM/internet sendir inn í brunn eða utan
Rennilokar	<input type="checkbox"/>				Samanbrjótanlegur stigi við mannop
Aðrir lokar(hverjir)	<input type="checkbox"/>				
Annar búnaður(hver)	<input type="checkbox"/>				<b>Tilvísanir</b>
					Slóð á myndir
					Slóð á teikningu
					<b>Innmælingar</b>
					Innmæling brunns fyrir Lukorsjá
<b>Aðrir þættir</b>					

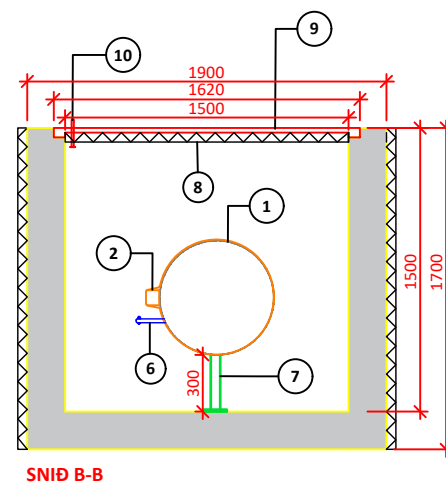
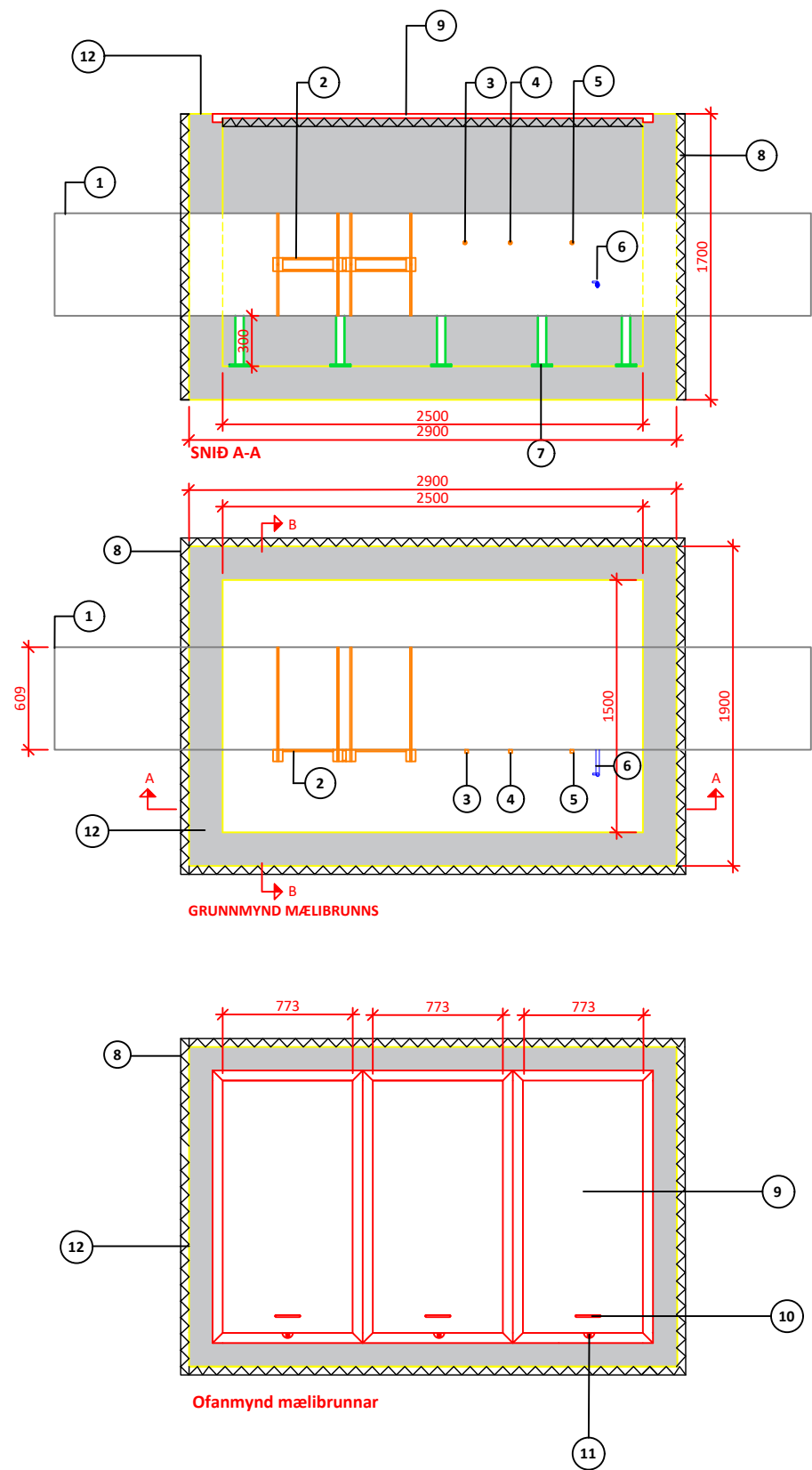
Tafla 4: Gátlisti fyrir endurbætur á mannopsbrunni

## II Gátlisti fyrir hönnuði um þá þætti sem hentugt væri að hafa í huga við hönnun á mælibrunn.

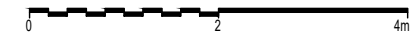
Gátlisti fyrir mælibrunna		Starfsmaður :			
Almennt					Staðsetning búnaðar
Staðsetning brunns					Rennslismælar
Stærð brunns (S/M/L)					Lengd lagnar fyrir fr. 5*P (nema annað sé tekið fram)
Stærð lagna (í mm)					Lengd lagnar fyrir aft. 2*P(nema annað sé tekið fram)
Er rafmagn nálægt	<input type="checkbox"/>				Lengd milli nema(mm)
Fjarlægð í næsta tengikassa					Eru namar beggja vegna á lögn
					Er aflestrarkassi inn í brunn
					Er GSM sendir
<b>Búnaður</b>					Er GSM sendir inn í brunn eða utan
Þrýstímælir	<input type="checkbox"/>				Þrýstímælar
Rennslismælir	<input type="checkbox"/>				Hitamælar
Krani fyrir sýnitöku	<input type="checkbox"/>				Sýnitökukrani
Hitamælir	<input type="checkbox"/>				
Aðrir mælar (hverjir)	<input type="checkbox"/>				
					<b>Tilvísanir</b>
					Slóð á myndir
					Slóð á teikningu
					<b>Innmælingar</b>
					Innmæling brunns fyrir Lukorsjá
<b>Aðrir þættir</b>					

Tafla 5:Gátlisti fyrir mælibrunn

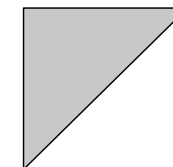
11.6 Viðauki 6: Teikningar af nýjum brunnum



Nr.	Mælibrunnur
1	Núverandi lögn
2	Nýr áspenntur Rennslismælir
3	Nýr aðgangur að vatni fyrir þrýstimæli
4	Nýr aðgangur að vatni fyrir hitamæli
5	Nýr auka aðgangur að vatni fyrir mæla
6	Nýr sýnitöku krani
7	Nýjar undirstöður fyrir núverandi lögn, 50x50x5 prófill soðinn á 120x10 flatstál
8	Ný plast einangrun 50mm
9	Nýtt brunn lok
10	Handfang á brunnlöki
11	Flatstál soðið á ramma brunnlöks fyrir lás svo ekki sé hægt að opna lokið
12	Nýir steypfir veggir á mælibrunn



Útg.	Dags.	Lýsing	Han./Yfirf./Samþ.

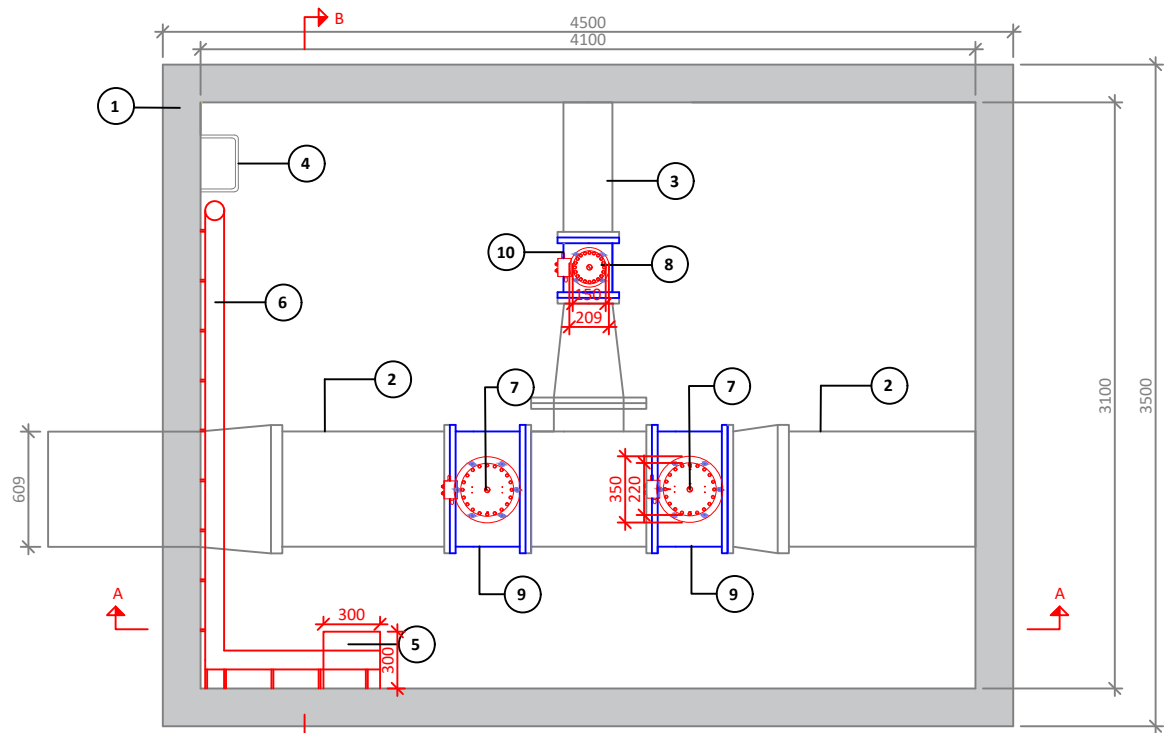


**Hönnun mælibrunna**  
 Lokaverkefni til BSc í byggingartæknifræði  
 Háskólinn í Reykjavík  
 Grunnmynd ásamt sniðmyndum

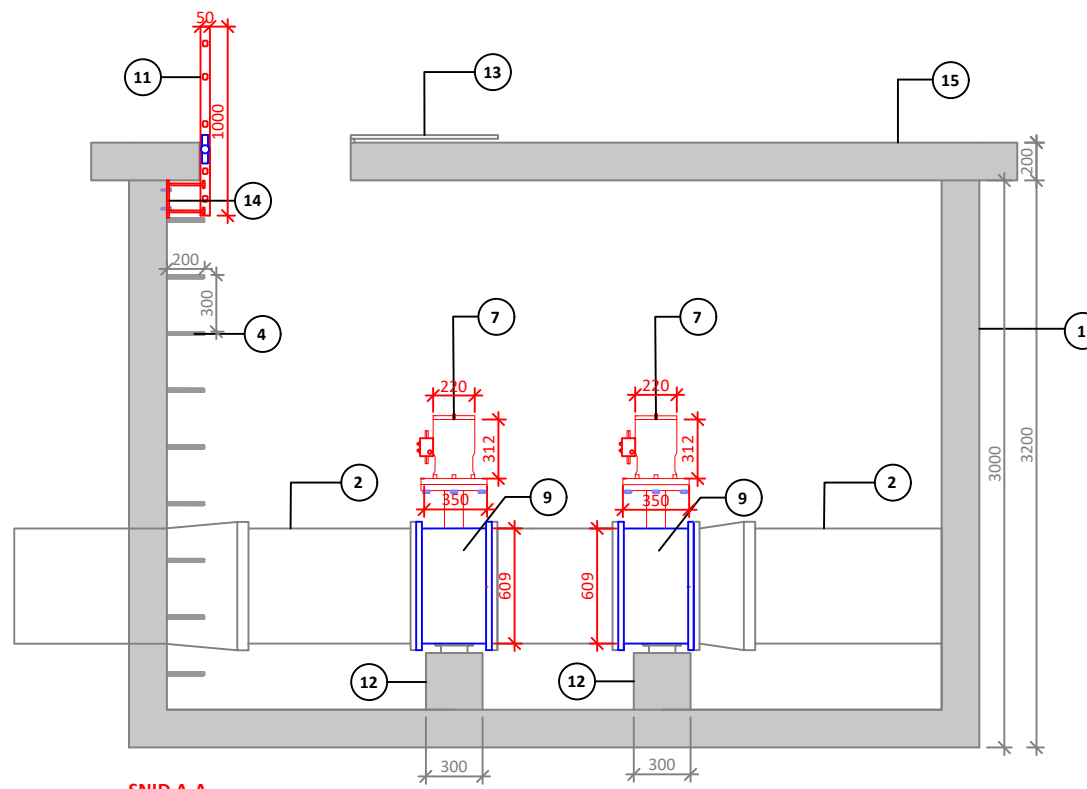
Hannað SBB  
 Teiknað SBB  
 Yfirfarið BB  
 Samþ.

Dags. 10.5.19 Verkefnisnr. XX Teikn.nr. A-101

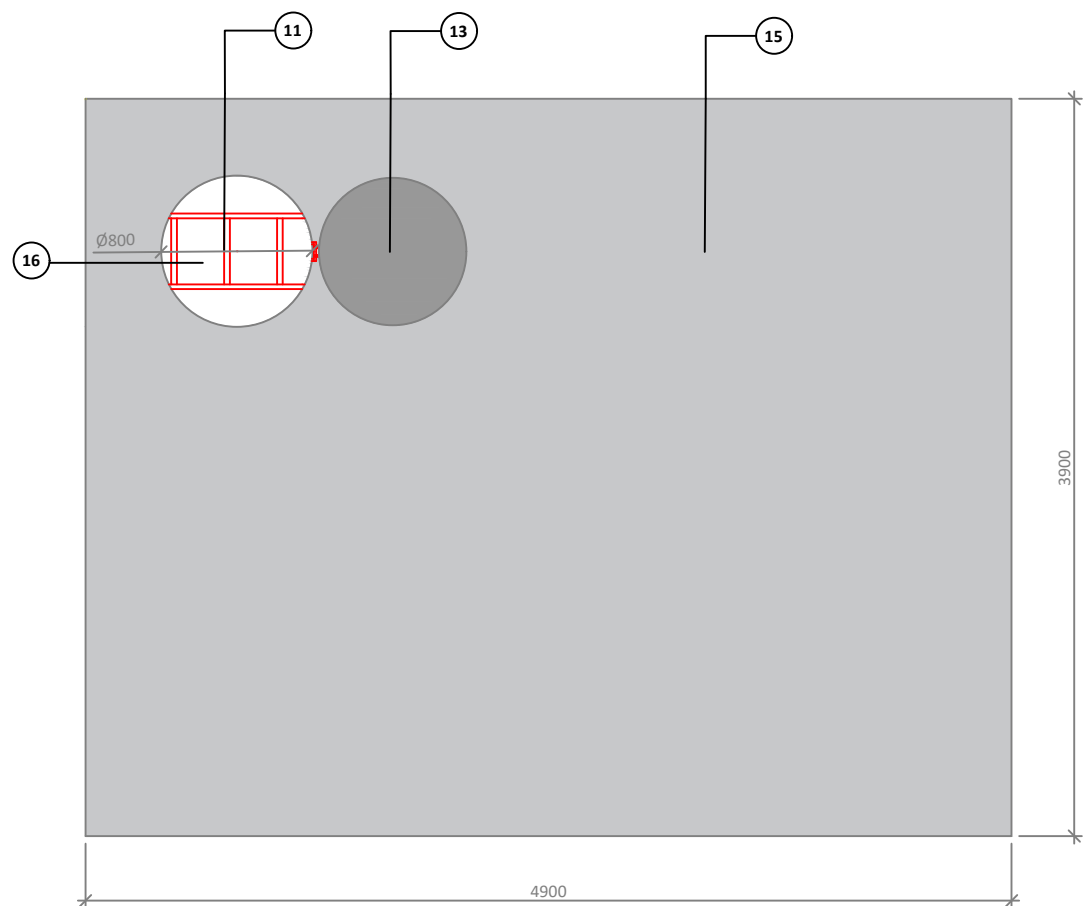
Kvarði 1:40/A3



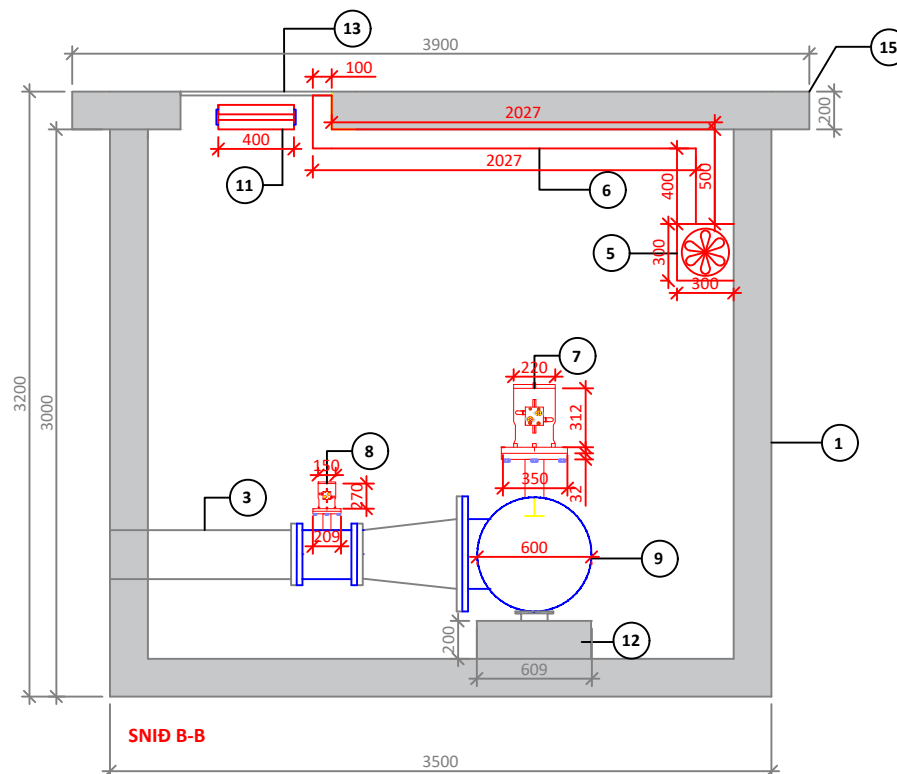
GRUNNMYND MANNOPSBRUNNAR



SNIÐ A-A

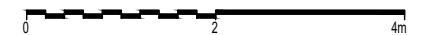


Ofanmynd manopsbrunnar

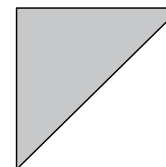


SNIÐ B-B

Nr.	Betrunbæting á manopsbrunn
1	Núverandi steyptr brunn veggir
2	Núverandi 600mm stállögn
3	Núverandi 250mm stállögn
4	Núverandi stigi niður í brunninn
5	Ný vifta sem sett verður til að auka loftflæði inn í brunn
6	Nýtt loftrör tengt við viftu
7	Nýr vökvastýrður Hyrox Tm stýribúnaður, lokar spjaldloka á 600mm lögn
8	Nýr Vökvastýrður Hydroc Tm stýribúnaður, lokar spjaldloka á 250mm
9	Nýr Vevox 600mm spjaldloki
10	Nýr AVK 250mm spjaldloki
11	Nýr samanbrjótanlegur stigi sem tengist við núverandi stiga
12	Núverandi steyptr undirstöður fyrir lagir
13	Núverandi brunnlok
14	Nýjar festingar á útvegg fyrir samanbrjótanlegan stiga
15	Núverandi steyptr þakplata á brunn
16	Mannop ofan í brunn



Útg.	Dags.	Lýsing	Han./Yfirf./Samþ.



**Endurbætur manopsbrunnna**  
 Lokaverkefni til BSc í byggingartækni  
 Háskólinn í Reykjavík  
 Grunnmynd ásamt sniðmyndum

Hannað SBB  
 Teiknað SBB  
 Yfirfarið BB  
 Samþ.

Dags. 10.05.19 Verkefnisnr. XX Teikn.nr. B-101

Kvarði 1:40/A3