



RAFORKUFRAMLEÐSLA VIÐ GUFUBORHOLUR

Þórir Örn Gunnarsson.

Lokaverkefni í véliðnfræði

2012

Höfundur/höfundur: Þórir Örn Gunnarsson.

Kennitala: 290371 - 3849

Leiðbeinandi: Gunnar Hrafn Gunnarsson.

Tækni- og verkfræðideild

School of Science and Engineering





Tækni- og verkfræðideild

Heiti verkefnis:

Nýting gufuafls frá blástursbúnaði gufuborahola til raforkuframleiðslu

Námsbraut:

Véliðnfræði

Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í iðnfræði

Önn:

Vor 2012

Námskeið:

VI LOK
1006

Höfundur:

Pórir Örn Gunnasson.

Umsjónarkennari:

Jens Arnljótsson.

Leiðbeinandi:

Gunnar Hrafn Gunnarsson.

Fyrirtæki/stofnun:

Háskólinn í Reykjavík

Ágrip:

Í þessu lokaverkefni er leitast við að kanna möguleikana á því að nýta gufuafl og streymi í útblástursbúnaði gufuborhola til raforkuframleiðslu og nýta á nærsvæði holana fyrir verktaka og eigendur holanna. Eftir borun gufuborhola eru þær látna blása til að mæla orkumagn og vatnshinnihald gufunnar. Einnig eru þær láttnar blása of svo vikum skiptir til að kanna áhrif holanna á fyrirhugað nýtingarsvæði. Ómæld orka fer ónýtt út í loftið þegar holurnar eru í blæstri, orka sem vert væri að reyna að nýta t.d. til raforkuframleiðslu. Ætlunin er að hanna tiltölulega smáa og meðfæranlega einingu sem hægt er að tengja við útblástursbúnað borhola á þeim svæðum þar sem aðgengi að raforku er ekki fyrir hendi nema með dísilrafstöðvum og framleiða c.a 30 kw til nýtingar fyrir verktaka við uppsetningu, viðhalds og mælinga á borholum og borholubúnaði.

Dagsetning:

14.05.2012

Lykilorð íslensk:

Lykilorð ensk:

Dreifing:

opin

lokuð

til:



Formáli

Þetta verkefni er unnið sem lokaverkefni í Véliðnfræði við Háskólann í Reykjavík vor 2012. Hugmynd að verkefninu kviknaði hjá höfundi við uppsetningu blástursbúnaðar á virkjunarsvæðum Landsvirkjunar á norðurlandi. Flestar borholurnar eru frekar langt frá almennri raforku til notkunar á svæðinu og því þarf að knýja öll tæki og tól með dísilrafstöðvum við vinnu, við smíði og uppsetningu borholubúnaðar á borsvæðunum.

Hugmyndin er að hanna meðfærilegan búnað sem hægt er með einföldum hætti að tengja inn á útblásturlagnir gufuborhola og framleiða raforku til ýmissa nota t.d. fyrir verktaka við vinnu á nærsvæði borholanna. Einnig gætu skapast miklir möguleikar fyrir eigendur borhola að nýta raforku frá slíkum búnaði fyrir ýmiskonar mæli og eftirlitsbúnað á svæðunum, sérstaklega þar sem aðgengi er ekki gott allan ársins hring s.s. á þeistareykjum, í Hágöngum og á fjærstu borholunum við Kröfluvirkjun. Þar væri hægt að vera með ýmiskonar mælibúnað tengdan fjarsendingum sem senda upplýsingar jafnharðan á eftirlitsaðila og jafnvel netmyndavélar svo hægt sé að fylgjast myndrænt með holubúnaði og umferð og umgengni um svæðið en mjög mikil umferð er hjá ferðamönnum um þessi svæði á sumrin.

Ég vil þakka sérstaklega leiðbeinanda mínum Gunnari Hrafni Gunnarssyni fyrir veitta leiðsögn og aðstoð við gerð verkefnisins.

Einnig vil ég þakka Kristjáni Einarssyni og Ásgrími Guðmundssyni hjá Landsvirkjun, Þorsteini Sigmarssyni og Vilhjálmi Kristjánssyni hjá Mannviti fyrir veitta aðstoð og upplýsingar um borholur og búnað.

Þórir Örn Gunnarsson.
14.05.2012



Efnisyfirlit.

Formáli	5
Inngangur	8
1. Markmið verkefnisins.....	9
1.2. Leiðin að markmiði.....	9
1.3. Möguleikar til nýtingar.....	10
2. Jarðhitaauðlindin.	11
2.1. Jarðhiti á Íslandi.	11
2.2. Jarðhitasvæði á norðurlandi	14
Krafla	14
Bjarnarflag.....	14
Þeistareykir	15
3. Borholur og búnaður.....	18
3.1. Útblástursbúnaður gufuborhola.	18
3.2. Uppsetning útblástursbúnaðar	18
3.3. Rannsóknir á borholum.....	24
3.4. Gufustreymi & vermi.....	26
4. Hönnun búnaðar til raforkuframleiðslu.....	27
4.1. Mögulegar aðferðir til nýtingar gufuafls.....	27
4.2. Hönnunarforsendur.	28
4.3. Áætluð aflþörf.....	30
4.4. Afköst borhola.....	30
5. Uppsetning kerfis.	38
5.1. Virknilysing	38
5.2. Búnaður & tæki.....	40
5.3. Gufulokar.	41
5.4. Gufuskilja.	43
6. Aðlögun útblástursbúnaðar.	45
6.1. Breytingar.....	45
7. Hugsanlegur kostnaður og ávinningur.....	47
7.1. kostnaður.....	47



7.2. Ávinningur.....	49
8. Aðrar hugmyndir.....	49
9. Samantekt.....	55
10. Lokaorð.....	56
11. Myndaskrá.....	57
12. Töfluskrá.....	58
13. Heimildaskrá.....	58
14. Viðaukar.....	59
A. Lokar.....	59
B. Rafali.....	66

Inngangur.

Mikil orka fer óbeisluð út í loftið frá gufuborholum í blæstri og er því verðugt verkefni að reyna að nýta þá orku til gagnlegra hluta. Ein hugmynd er að nýta þessa orku til raforkuframleiðslu og nýta þá raforku á nærsvæði borholanna. Hér áður fyrr var þetta ekki raunhæfur kostur þar sem oft var mjög langt á milli borhola og því hefðu töp í löngum rafstrengjum gert slíka hugmynd að engu. En nú eru í vaxandi mæli boraðar nokkrar holur frá sama borplani og er þá skáborað eða stefnuborðað út frá sömu staðsetningu inn í aðra jarðvarmageyma. Slík uppsetning gefur hugsanlegri orkunýtingu byr undir báða vængi þar sem miklir möguleikar eru á að nýta raforku frá borholum sem ekki er búið að tengja inn á veitukerfi raforkuveranna t.d. við uppsetningu og við rannsóknir á nærliggjandi borholum og sparar þar með keyrslu á dísilrafstöðvunum. Einnig opnar þetta fyrir ýmsa möguleika á hafa í rekstri mæli- og eftirlitsbúnað til lengri eða skemmri tíma á hvaða árstíma sem er og gagnasendingar til eftirlitsaðila um fjarsendingarkerfi.

Stuðst var við ýmis forrit við úrlausn verkefnisins s.s. Microsoft Word 2007, Microsoft Exel 2007, Autodesk Inventor 2010, Autocad 2010, Microsoft Visio 2007, EEM Tubine.

1. Markmið verkefnisins.

Markmiðið verkefnisins er að kanna nýtingarmöguleika gufuafls frá gufuborholum, tengdum útblástursbúnaði til raforkuframleiðslu. Hanna eða finna meðfærilegan búnað sem auðvelt er að tengja inn á núverandi blástursbúnað til raforkuframleiðslu og aðlaga núverandi hönnun blástursbúnaðar að þessari hugmynd. Ýmsir kostir geta skapast af rekstri slíks búnaðar fyrir eigendur borholanna, rannsóknaraðila og verktaka. Höfundur gerir ráð fyrir að nýta megi gufustreymi í borholum til að knýja rafala og framleiða nægjanlega mikla raforku til nýtingar á nærsvæðum borholanna. Stuðst verður við rannsóknargögn frá Ísor (Íslenskar Orkurannsóknir) og Os (Orkustofnun) um borholur og upplýsingar um blástursbúnað frá Mannviti ehf, sem séð hefur um hönnun borholubúnaðar fyrir t.d. Landsvirkjun, Orkuveitu Reykjavíkur og HS Orku um margra ára skeið.

1.2. Leiðin að markmiði

Ætlunin er að skoða rannsóknargögn um gufuborholur og sjá hvers eðlis gufustreymið er, taka mið af gufustreymi í borholum og velta upp leiðum til nýtingar. Ekki verður farið í að ákvarða túrbínuna né túrbínugerð sérstaklega enda ekki á færi höfundar að reikna út slíkan búnað. Ýmis búnaður verður tiltekin sem hugsanlegur kostur sem hægt væri að nota til að ná tilætluðum árangri. Kerfinu verður lýst á skematískan hátt og útskýrt í texta. Myndir og textalýsingar verða af ýmsum búnaði sem höfundur telur að megi nota í kerfið. Gert er ráð fyrir í verkefni þessu að notaður verði búnaður sem þegar hefur verið framleiddur og að ekki þurfi sérframleiddan og dýran búnað í kerfið. Mannvit ehf hefur nú þegar hannað blástursbúnað fyrir gufuborholur og hefur sú hönnun verið í notkun í mörg ár með einhverjum endurbótum þó. Er meiningin að nýta þessa hönnun áfram að mestu leiti en gera þó nauðsynlegar breytingar til að koma megi fyrir búnaði til raforkuframleiðslu. Breyting núverandi hönnunar á blásturbúnaðinum á að miða að því að hægt verði með nokkuð einföldum hætti að tengja búnaðinn til raforkuframleiðslunnar inn á útblásturskerfið. Til að ná settu markmiði er gengið út frá því að notuð verði hefðbundin gufutúrbína en höfundur hefur einnig velt því upp hvort möguleiki sé á því að sleppa gufuskilju og nýta gufuna í þeim fasa sem hún kemur upp úr holunni beint inn á dælu í stað túrbínu og snúa með henni rafala til raforkuframleiðslunnar með fyrrgreint markmið

í huga. Höfundur hefur trú á að hægt sé að nýta það mikla gufustreymi í gufulögnum borhola til að ná fram markmiðum um raforkuframléiðslu. Ekki er ætlunin í þessu verkefni að ná fram mikilli nýtni með þessum búnaði heldur að nýta þá gufuorku sem er til staðar og er ónýtt og engum til gagns þar til gufuborholurnar eru tengdar inn á veitukerfi raforkuveranna, enda ljóst að eitt af grundvallarlögmálum varmafræðinnar er að illa gengur að breyta varmorku í hreyfiorku og þá raforku með mikilli nýtni, þótt auðvelt sé að breyta orku í hina áttina. Til að einfalda gagnaöflun og umfang verkefnisins er ætlunin að styðjast eingöngu við gögn um gufuborholur hjá Landsvirkjun og þá aðallega gögn frá Þeistareykjum en einnig er meiningin að skoða gögn frá Kröflu og Bjarnarflagi, en þessi svæði eru svo að segja í bakgarði höfundar.

1.3. Möguleikar til nýtingar

Höfundur sér fyrir sér ýmsa kosti þess að geta framleitt rafmagn á verkstað. T.d. getur þetta verið mikill kostur fyrir starfandi verktaka við uppsetningu borhola, viðhald og við ýmiskonar smíði á og við gufuborholur og þá sérstaklega eins og áður hefur komið fram á þeim borsvæðum sem hvað lengst eru frá alfaraleið og ekki tengd við raforkukerfi landsins. Eftir að borun líkur getur það tekið um 10-15 daga að ganga frá borplani og setja upp og tengja blástursbúnað við borholuna. Víbra þarf steypu í borplan og sjóða lagnir frá borholu út í hljóðdeyfi. Við slíka vinnu ásamt aðstöðu verktaka þarf raforku. Í dag er öll raforka á verkstað fengin með því að keyra dísilrafstöðvar. En fleiri möguleikar geta skapast við það að hafa stöðuga raforkuframléiðslu á borholusvæðunum. Ekki er þorandi að hafa holur í blæstri yfir vetramánuðina sem eru langt frá alfaraleið og þjónustu, þar sem ekki er hægt að vera með stöðugt eftirlit með þeim vegna veðurs og færðar. En með því að hafa stöðuga raforkuframléiðslu á holunum skapast sá möguleiki að tengja ýmiskonar mæli- og eftirlitsbúnað við holurnar og tengja það fjarsendibúnaði sem sendir þá gögn og mælingar frá holunum jafn-óðum til eftirlits- og rekstraraðila og upplýsir um ástand og hegðun borhola og búnaðar. Einnig skapast sá möguleiki að tengja myndavélabúnað og fylgjast myndrænt með búnaði og umferð um svæðið, bæði að vetri þegar torsótt reynist að komast á svæðin, en ekki síður á sumrin þegar fjöldi ferðamanna er á svæðinu og búnaður er án eftirlits um lengri eða skemmri tíma því ekki hefur reynst heppilegt að girða af borsvæðin með mannheldum girðingum sem þykja spilla

ásýnd svæðanna að mati náttúruverndarsinna. Dýrmætt getur reynst fyrir eigendur borhola að geta séð myndrænt á búnað holanna ef afbrigðilegar mælingar eiga sér stað sem benda til bilunar í búnaði sem reynist svo vera bilun í mælitækjum. Slíkur búnaður mundi gera rekstraraðilum kleift að hafa holur í blæstri án mikillar fyrirhafnar að vetri til án þess að þurfa tryggja aðgengi að svæðinu á hverjum degi til eftirlits. Hagkvæmnin getur því legið í möguleikunum á nýtingu þess rafmagns sem hægt er að framleiða með slíkum hætti ekki síður en bein fjárhagsleg hagkvæmni við að spara brennsluólíu á rafstöðvar og alltaf hlýtur að teljast ákveðinn ávinningur að losna við brennslu á eldsneyti og mengunarhættu af völdum olía og spilliefna á nýtingarsvæðum jarðvarmavinnslu.

2. Jarðhitaauðlindin.

2.1. Jarðhiti á Íslandi.

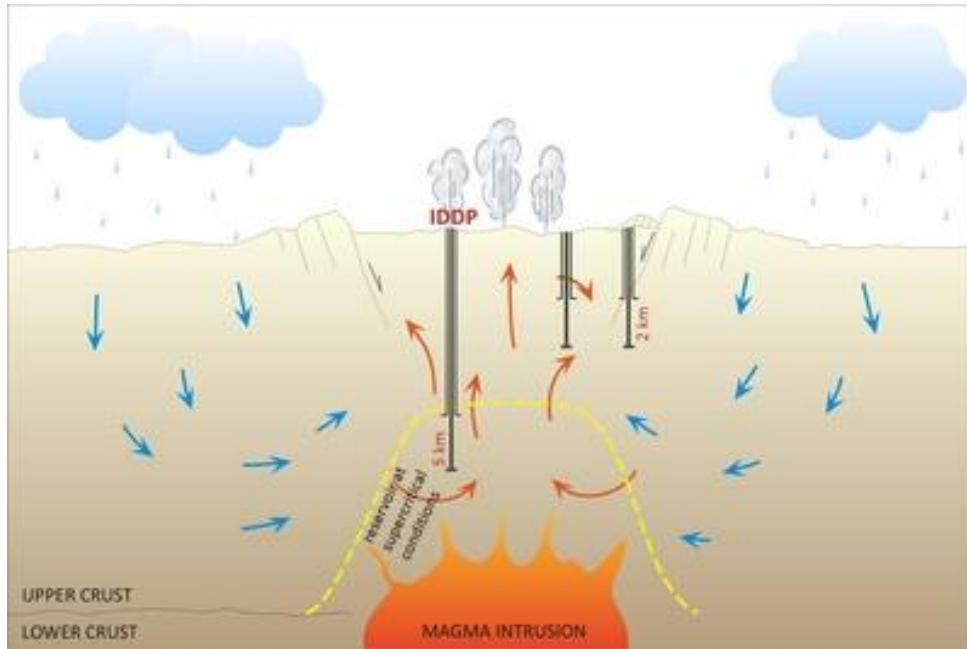
Jarðhitinn er einn af mikilvægustu orkuauðlindum á Íslandi. Eitt af einkennum jarðhitans er að um er að ræða nokkuð grænan orkugjafa, samanborið við orku sem fengin er með brennslu kola, olíu og annarra jarðefna, sem hægt er að virkja og nýta með sjálfbærum hætti. Rannsóknir á jarðhita hófust fyrst á Íslandi um miðja 18 öld. Jarðhiti á Íslandi er tilkominn vegna regnvatns sem rennur niður í heitan berggrunninn. Á háhitasvæðunum eru þó tengsl við eldvirk svæði þar sem um er að ræða virkar eldstöðvar og líkleg kvikuinnskot. Þessi virku gos- og gliðnunarbelti eru víða á nokkurra km dýpi. *Sjá mynd 1.*

Atlantshafshryggurinn sem liggur þvert um Ísland afmarkar og skýrir vel dreifingu jarðhitans um landið. Í megin gosbeltinu liggja öll öflugustu háhitasvæðin og þar eru skilyrðin mjög góð fyrir myndun nýtanlegra jarðhitakerfa, því þar er jarðskorpan margsprungin og greið leið er fyrir vatn og kvikuinnskot. Hringrás vatnsins flytur smám saman varma frá dýpri hlutum skorpunnar upp undir yfirborð þar sem hún þéttir að nokkru leyti yfirborðsjarðlögin með útfellingum og myndar jarðhitageyma eins og þekktir eru frá borunum niður á 1 - 3 km dýpi. *Sjá mynd 2. (Orkustofnun, 2012b)*

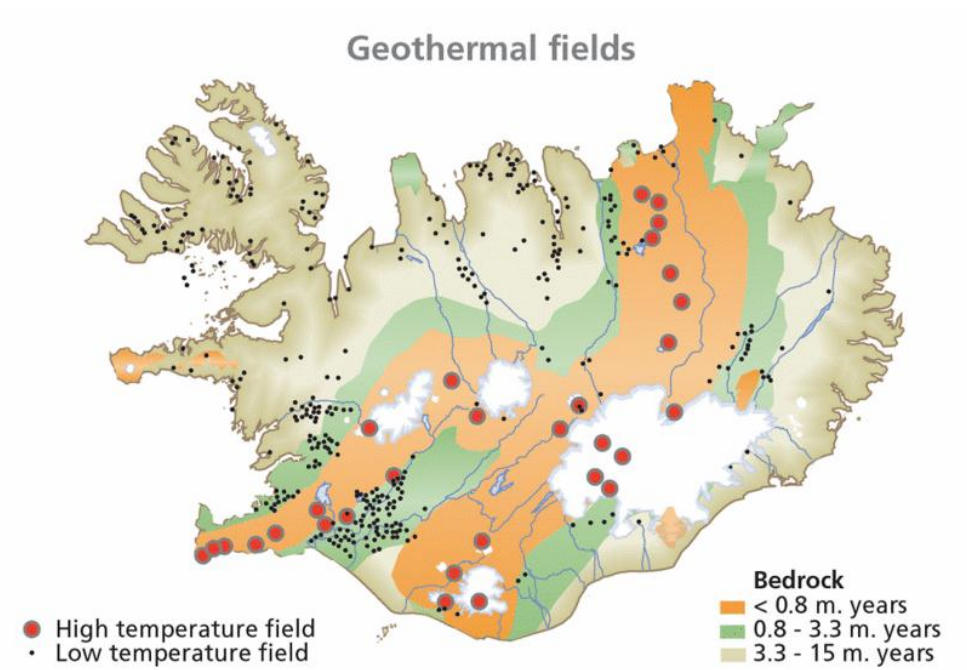


Í jarðhitageymunum safnast varmaorkan fyrir í holrýmum í berginu og í vatninu á tugum eða hundruðum þúsunda ára eða á svo löngum tíma að talið er að jafnvægi hafi náðst á innstreymi varmorku inn í geymanna og það náttúrulega orkuústreymi sem á sér stað út við yfirborð jarðar í formi heits vatns og gufu. Öll nýting grænna orkugjafa, hversu smá sem hún er, hlýtur að geta talist mikilvægt skref til hins betra þar sem brennsla jarðefnaeldsneytis s.s. olíu hefur í för með sér losun gróðurhúsalofttegunda og hættu á mengunarslysum á viðkvæmum svæðum.

(Guðmundur Pálmason, 2005: 76)



Mynd 1. Jarðhitakerfi.



Mynd 2. Dreifing og skipting jarðhitasvæða á Íslandi

2.2. Jarðhitasvæði á norðurlandi

Krafla

Jarðhitasvæðið í Kröflu er í gamalli öskju sem er nánast fyllt upp á barma af móbergi og hraunum, en er klofin í tvo helminga af gjástykki í NNA-SSV-stefnu. Jarðhiti og jarðhitamerki eru á belti sem liggur þvert þar á, í öskjunni miðri frá Hrafninnuhrygg í austri og vestur í Krókóttuvötn. Hugmyndir hafa verið uppi um að stækka virkjunarkosti Kröflu og er talið er að unnt sé að vinna háhita við Leirhnjúk með stefnuborun frá vinnslusvæðinu við Kröflu fyrir ofangreinda áfanga. Áætlað er að bora þurfi 25-30 nýjar holur vegna fyrirhugaðar stækkunar á Kröfluvirkjun og yrðu þá flestar holurnar boraðar frá borteigum sem þegar eru fyrir hendi, en þá þarf að stækka til að hver um sig geti tekið við 4-6 borholum. Nánast engir borteigar eru tengdir rafmagni frá veitu og öll þau svæði sem fyrirhugað er að nýta eru fjarri rafmagnstengingum.

(Orkustofnun, 2012c)



Mynd 3. Krafla í vetrarbúningi.

Bjarnarflag

Bjarnarflag er vestan við Námafjall í Mývatnssveit. Háhitasvæðið teygir sig nokkuð suður og að hluta tengist það við jarðhitasvæði í Kröflu. Hægt er að sjá ummerki jarðhita á um 4 km² svæði og þá helst við Námafjall. Rannsóknir og viðnámsmælingar gefa til kynna að háhitasvæðið í Bjarnarflagi sé um 20 km² svæði. Landvirkjun gerir ráð fyrir að nýta svæðið og reisa 45 MW_e virkjun í Bjarnarflagi. Nú þegar hafa 4 borholur verið boraðar í Bjarnarflagi og eru 3 þeirra á sama borteig. Borsvæði í Bjarnarflagi eru ekki tengd við rafveitukerfi. *(Orkustofnun, 2012a)*



Mynd 4 Bjarnarflag. Gufubólstrar úr borholu.

Þeistareykir

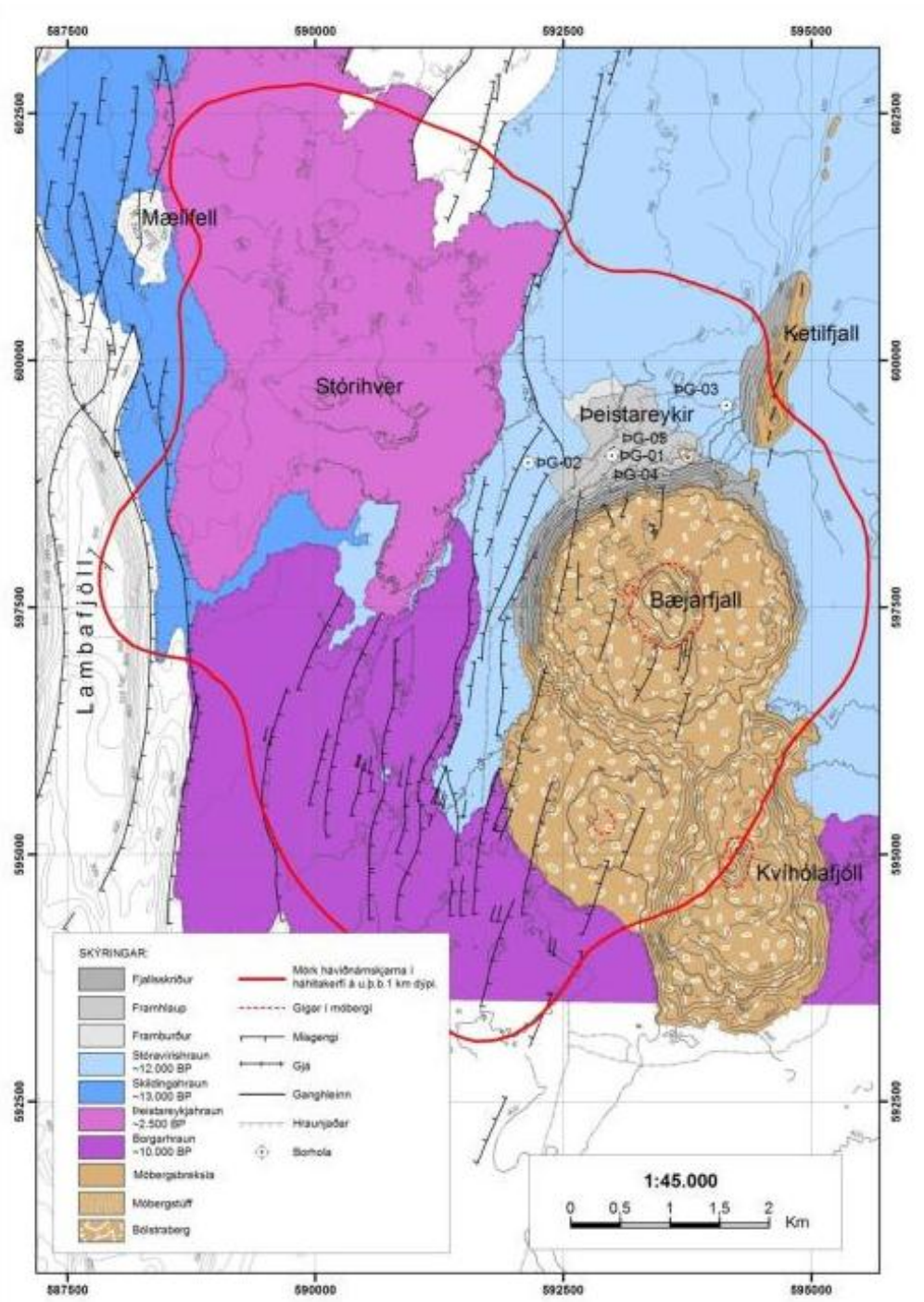
Á Þeistareykja-svæðinu er, samkvæmt mælingum og þeim rannsóknum sem þegar hafa farið fram, virkur jarðhiti. Á sumum svæðum eru þó kulnaðar skellur. Niðurstöður viðnámsmælinga benda til að jarðhitasvæðið í heild sé allt að 45 km² að stærð, sjá mynd 6 af áætluðu jarðhitasvæði á Þeistareykjum. Notast var við viðnámsmælingar eða svo kallaðar TEM mælingar, en með þeim er hægt að viðnámsmæla jarðlög allt niður á 800 m dýpi og áætla þannig stærð jarðhitasvæðisins. Sjá [mynd 7](#) af viðnámsmælingar korti af Þeistareykjasvæðinu.

Ljóst er að Landsvirkjun og Þeistareykir ehf ætla sér stóra hluti í borunum og nýtingu jarðvarma bæði á Þeistareykja-svæðinu og í Bjarnarflagi en í lok maí tilkynntu félögin að þau myndu hraða rannsóknum á þessum svæðum þar sem aukin eftirspurn orkukaupenda væri fyrir hendi. Fyrirtækin hafa nú þegar fengið virkjunarleyfi á þessum svæðum en fyrirhugað er að reisa 45 MW virkjun í Bjarnarflagi og 90 – 100 MW virkjun á Þeistareykjum.

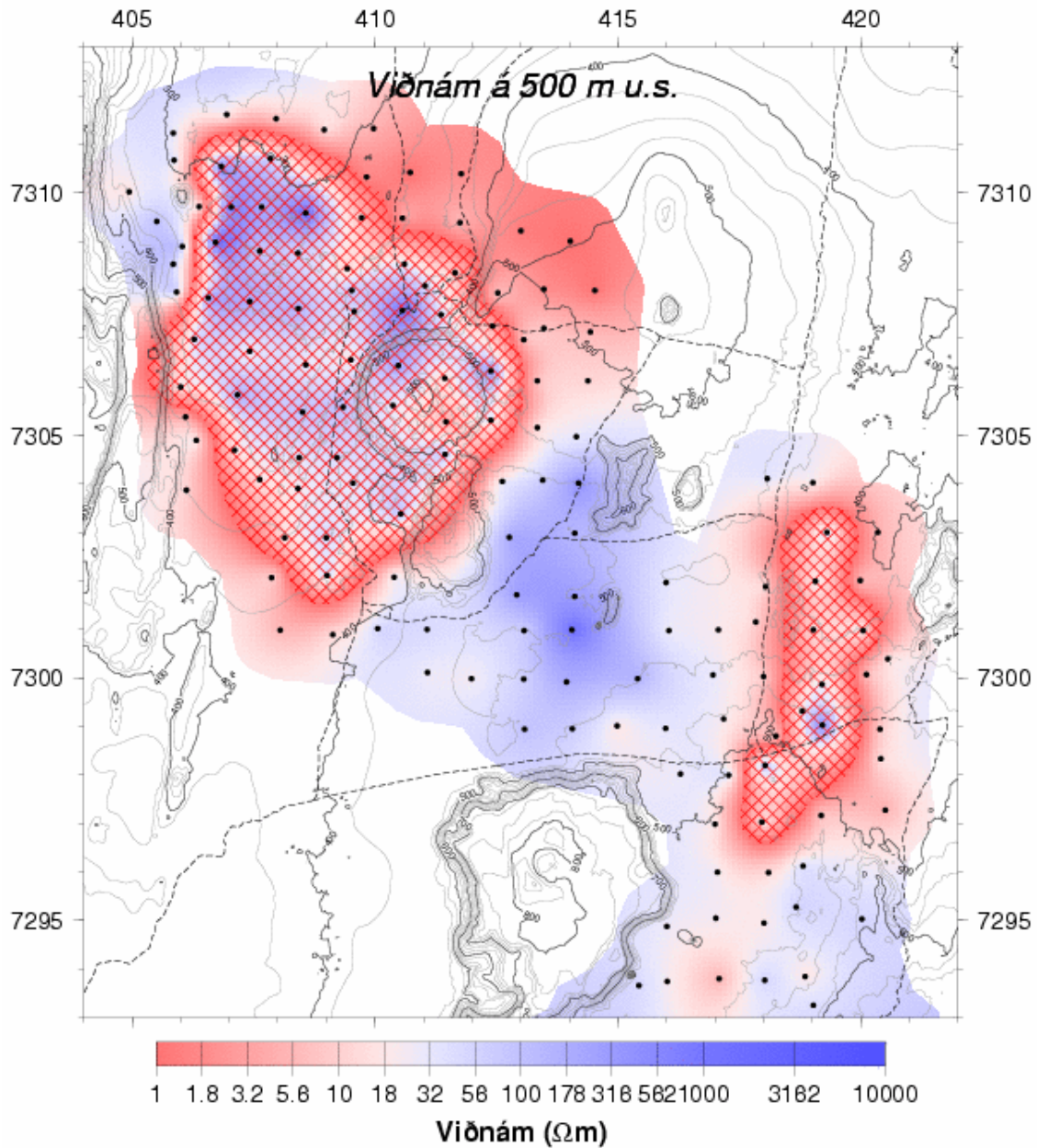
Samkvæmt þessu er nokkuð ljóst að til stendur að bora nokkurn fjölda af gufuborholum á svæðinu með tilheyrandi umsvifum verktaka við uppsetningu borholubúnaðar, rannsókna og eftirlits á svæðinu og ljóst að mikil þörf verður fyrir gott aðgengi að raforku á svæðinu til ýmissa nota. Nokkrar gufuborholur hafa þegar verið boraðar á Þeistareykjar-svæðinu og árið 2007 voru boraðar tvær holur á sama borteig sem þegar hafði verið borað á áður. Árið 2008 var ein hola boruð einnig á eldri borteig. Árið 2011 voru tvær holur boraðar og var önnur hola boruð frá sama borteig og borað var á 2007 og eru þá fjórar holur alls á þeim borteig. [Mynd 6](#) sýnir hversu víðfeðmt hugsanlegt nýtingarsvæði er og dreifing hola getur því verið mikil. Mjög kostnaðarsamt yrði að tengja allt nýtingarsvæðið við rafveitu.



Mynd 5. Þeistareykir. Þrjár holur í blæstri á sama borteig.



Mynd 6. Jarðfræðikort af Peistareykjum. Rauði ferillinn sýnir mörk jarðhitakerfisins samkvæmt TEM-
 viðnámsmælingum frá 2004–2006. (A2- Hugmyndalíkan Ísor, Mannvit, Vatnaskil. Júní 2008
<http://peistareykir.is/page/skyrslur-og-greinar-2010>)



Mynd 7. Viðnám á 800–900 m dýpi (500 m u.s.) umhverfis Þeistareyki og í Gjástykki, sem er SA af Þeistareykjum, skv. TEM-mælingum (Ragna Karlsdóttir o.fl., 2006). Punktarnir sýna mæli-staði. Myndin sýnir háviðnámskjarna sem eru umluktir lágviðnámskápum. (A2- Hugmyndalíkan Ísor, Mannvit, Vatnaskil. Júní 2008 <http://þeistareykir.is/page/skyrslur-og-greinar-2010>)

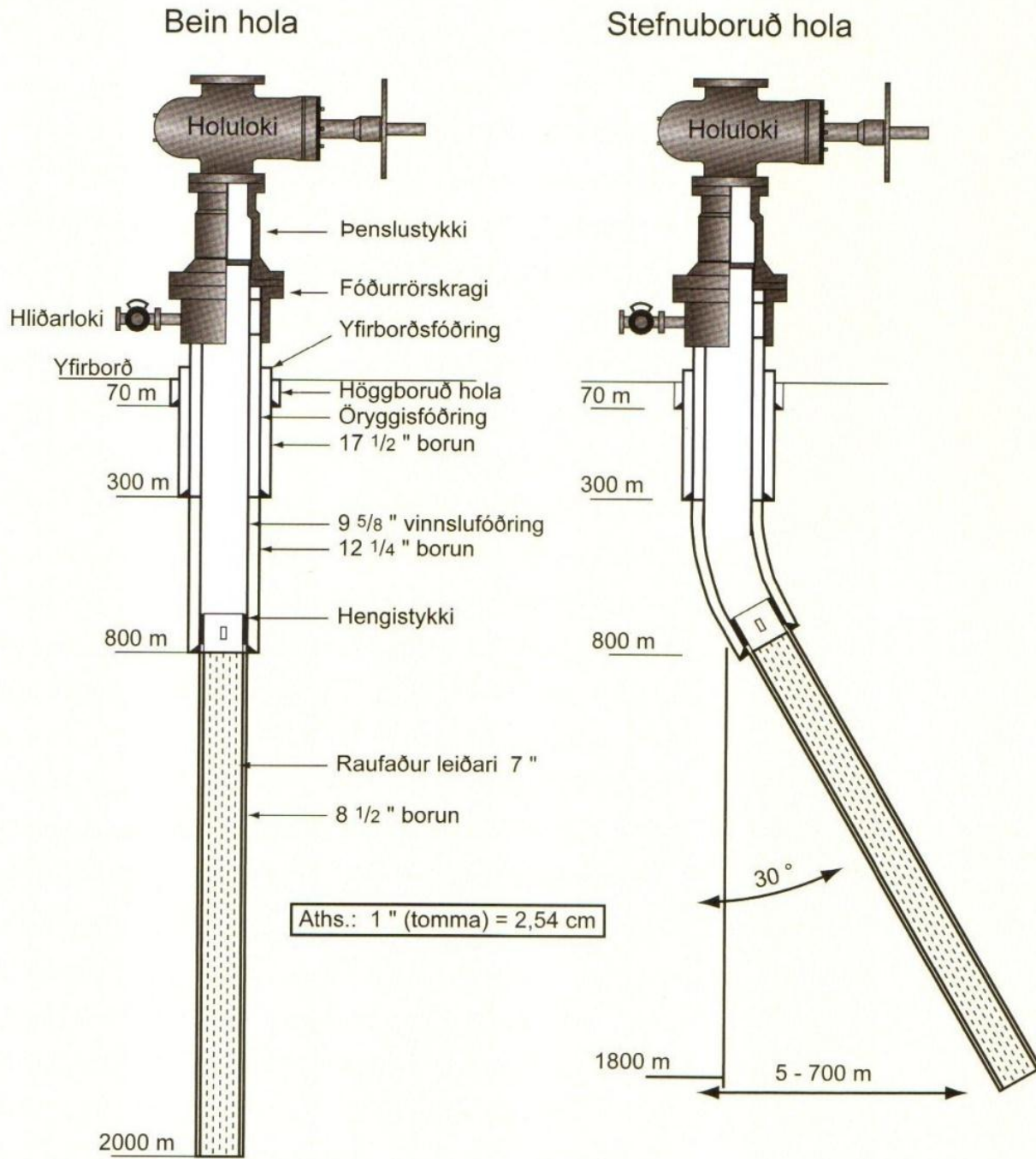
3. Borholur og búnaður.

3.1. Útblástursbúnaður gufuborhola.

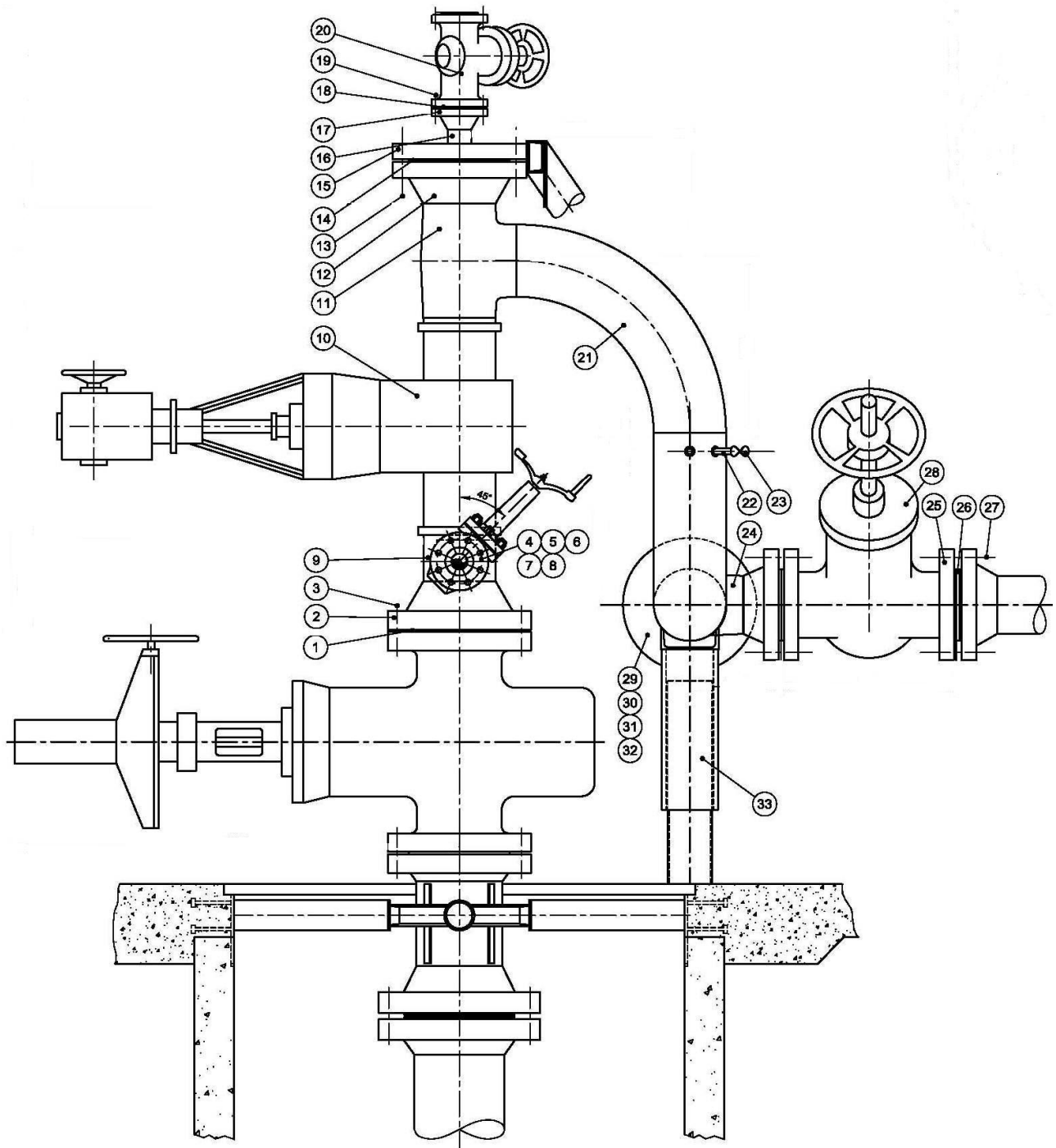
Við borun jarðhitahola áður fyrr var algengast að bora beint niður, en með aukinni tækni og vitneskju hafa skáboranir orðið sífellt algengari og hafa því möguleikarnir á að bora margar holur frá sama borteig opnast og aukist. Engin munur er á uppsetningu borholubúnaðar hvort heldur sem borað er beint niður eða stefnuborað, heldur liggur munurinn í því að fóðringar eru sveigðar, oft um 30° til hliðar. Sjá *Mynd 8*. Við lok borframkvæmda er vatni dælt á holuna til að hindra að gufan streymi óhindruð upp á yfirborð. Því næst er borholuloki settur á holuna, yfirleitt 12" loki, og er þá búið að tryggja að gufan streymi ekki óhindruð upp á yfirborðið. Gufuborholur eru ekki settar inn á safnæðar strax eftir borun heldur er tengdur við þær blásturs búnaður og eru þá holurnar láttnar blása í tiltekin tíma til að hreinsa sig. Á blásturstímanum eru einnig gerðar ýmsar mælingar og rannsóknir á holunni t.d. er kannað hlutfall gastegunda og gasmagns í eimnum, hlutfall vatns og gufu, vermi og síðast en ekki síst heildar streymi í holunni. Oft eru borholur einnig láttnar blása til að kanna áhrif borana og aftöppunar á svæðin þ.e. til að kanna sjálfbærni svæðisins.

3.2. Uppsetning útblástursbúnaðar .

Uppsetning blástursbúnaðar getur tekið um viku til tíu daga, en það fer aðeins eftir veðri og aðstæðum á hverju svæði fyrir sig. Byrjað er á því að steypa borholuplan um borholuna og eru ýmsar festingar, undirstöður, ídráttarrör og loftöndun úr holukjallara steyppt í planið. Þegar borholuplanið er tilbúið er borholutoppurinn boltaður ofan á holulokann. Hefðbundinn blásturtoppur samanstendur af stál-fittings og lokum sem er soðið og boltað saman eftir ákveðnum og ströngum kröfum og er strangt suðueftirlit viðhaft með öllum suðum þar sem þrýstingur getur verið mikill. Að auki getur slit-áraun verið talsverð þar sem streymið er oft mikið, en einnig getur sýruinnihald eimsins verið umtalsvert og mjög ætandi á stál. Þegar holutoppurinn er kominn á eru 10" stállagnir lagðar frá holutoppnum að svo-kölluðum hljóðdeyfi en hann er notaður til að dempa skerandi hávaðann sem oft myndast þegar gufuorkan leysist úr læðingi og holurnar eru kraftmiklar.



Mynd 8. Mismunandi borunar aðferðir.



Mynd 9. Hefðbundinn gufu borholutoppur.

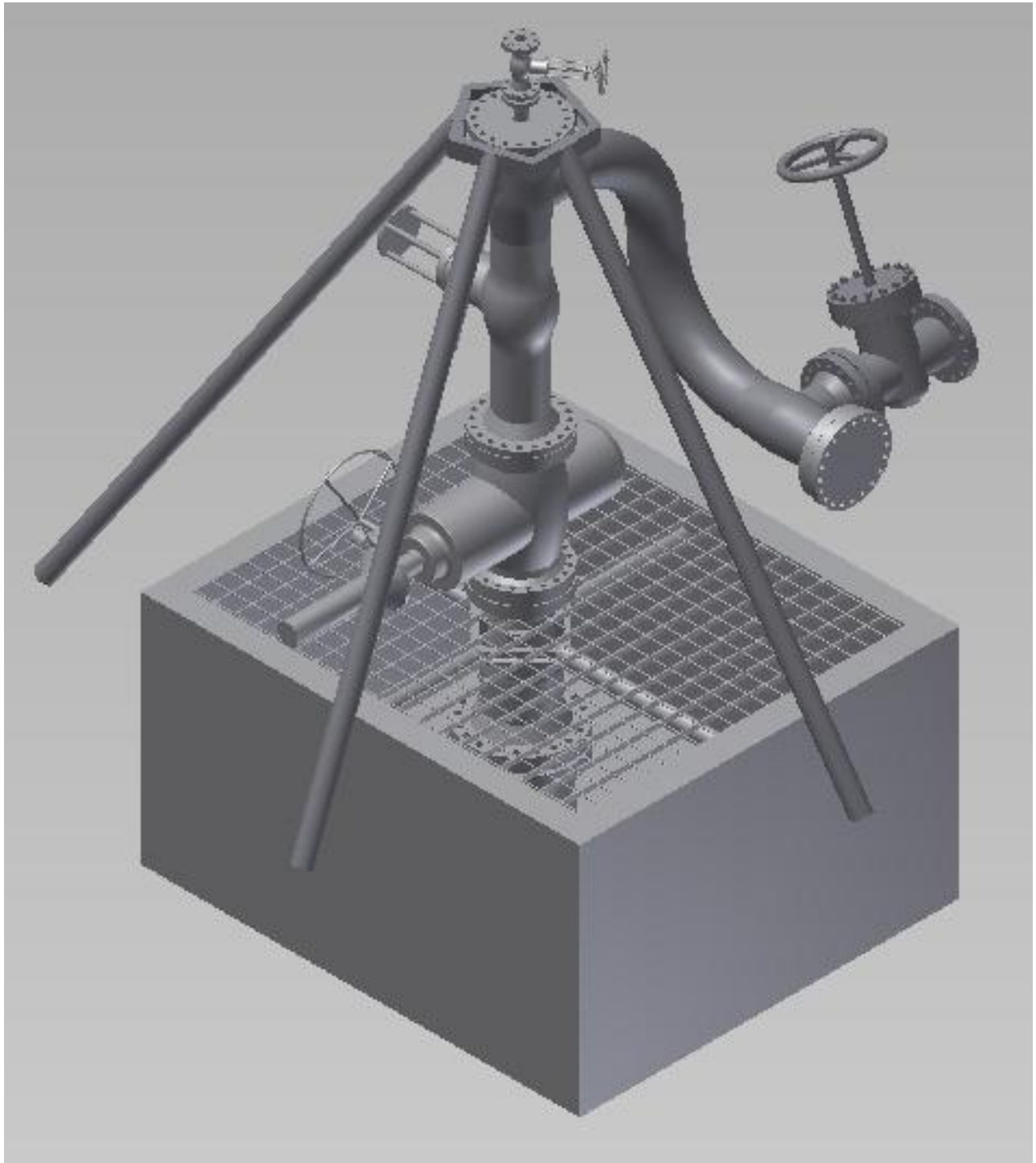


TAFLAN GILDIR FRÁ EFRI HOLULOKA

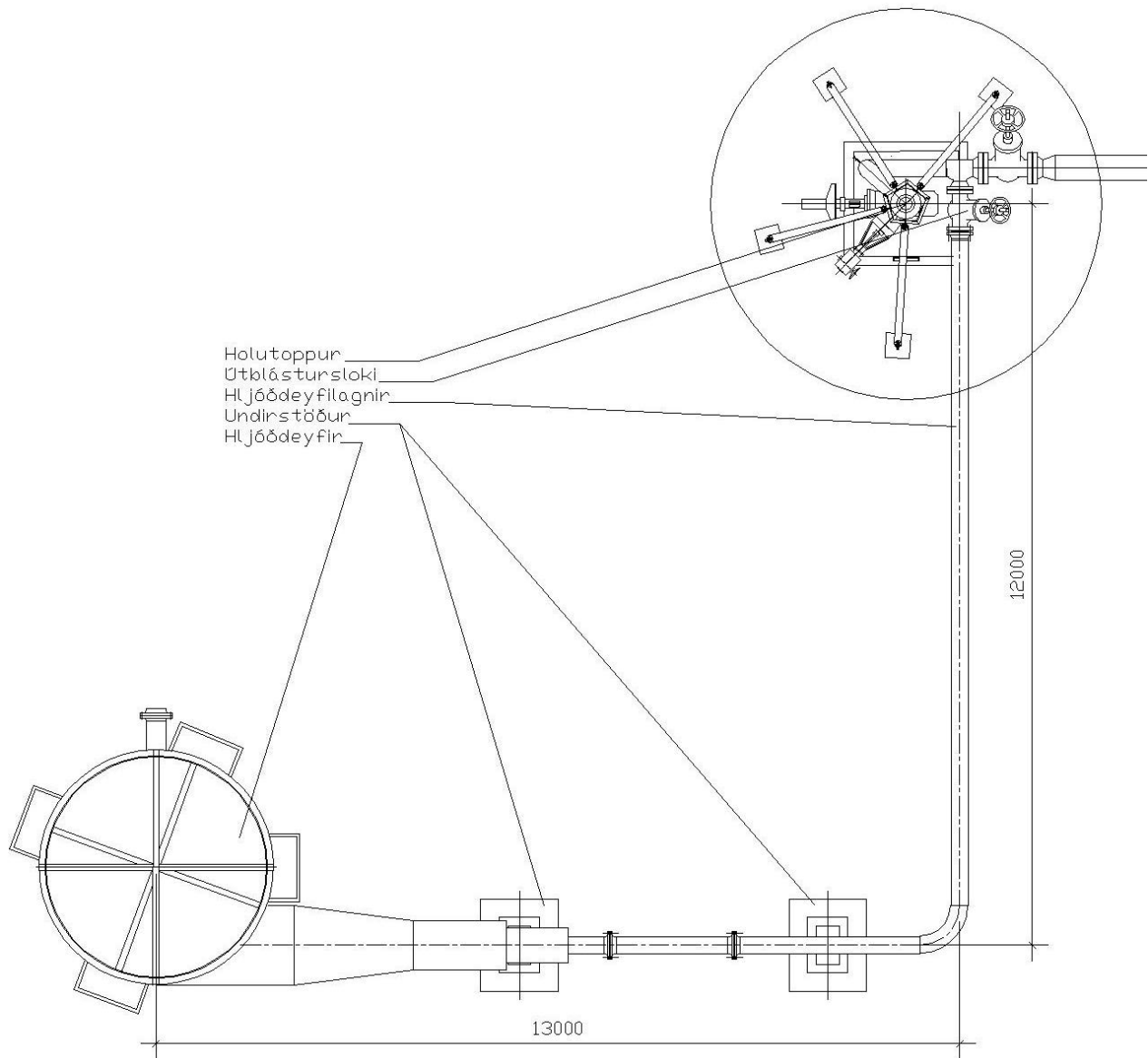
RJF = RING JOINT FACING

33	1	GORMAUNDIRSTADA		
32	1	RENNILOKI		ø8"ANSI 800, RJF
31	12	BOLTI (STUD BOLT W. NUTS)	B7/2H	8UN - 1 1/8" x 7 3/4"
30	1	ÞÉTTIHRINGUR ANSI B16.20	S316	R49
29	1	FLANS, WELD NECK ANSI B 16.5	ASTM A105	ø8" CLASS 600,RF,ID194
28	1	RENNILOKI		ø10"ANSI 800, RJF
27	18	BOLTI (STUD BOLT W. NUTS)	B7/2H	8UN - 1 1/4" x 8 1/2"
26	1	ÞÉTTIHRINGUR ANSI B16.20	S316	R53
25	1	FLANS, WELD NECK ANSI B 16.5	ASTM A105	ø10"ANSI 800, RJF, ID=245
24	1	TÉ	DIN 2615-2-S P265GH	T273x14,2x219,1x12,5
23	2	KÚLULOKI SKRÚFAÐUR		ø1/2"ANSI 800
22	2	SUÐUBÚTUR	IST EN 10216-2 P265GH	ø21,3 x4,0 L=100mm
21	1	BEYGJA	DIN 2808-2-90-5-S P265GH	273 x 14,2
20	1	RENNILOKI		ø3"ANSI 800, RJF
19	8	BOLTI (STUD BOLT W. NUTS)	B7/2H	10UNC - 3/4" x 5"
18	1	ÞÉTTIHRINGUR ANSI B16.20	S316	R31
17	1	FLANS, WELD NECK ANSI B 16.5	ASTM A105	ø3"ANSI 800, RJF, ID=89
16	1	PÍPA	IST EN 10216-2 P265GH	ø88,9 x 10
15	1	FLANS, BLIND ANSI B16.5	ASTM A105	ø10"ANSI 800, RJF
14	1	ÞÉTTIHRINGUR ANSI B16.20	S316	R53
13	18	BOLTI (STUD BOLT W. NUTS)	B7/2H	8UN-1 1/4" x 8 1/2"
12	1	FLANS, WELD NECK, ANSI B16.5	ASTM A105	ø10"ANSI 600, RJF, ID=245
11	1	TÉ	DIN 2615-2-S P265GH	T273 x 273 x 14,2
10	1	RENNILOKI (RAFDRIFINN)		ø10"ANSI 900,SUÐUENDAR
9	1	PÍPA	IST EN 10216-2 P265GH	ø273 x 20
8	1	KÆFINGARLOKI		ø2"ANSI 900, RJF
7	8	BOLTI (STUD BOLT W. NUTS)	B7/2H	9UNC - 7/8" X 5 3/4"
6	1	ÞÉTTIHRINGUR ANSI B16.20	S316	R24
5	1	FLANS, WELD NECK, ANSI B16.5	ASTM A105	ø2"ANSI 900, RJF, ID=40
4	1	PÍPA	IST EN 10216-2 P265GH	ø60,3x10
3	18	BOLTI (STUD BOLT W. NUTS)	B7/2H	8UN - 1 3/8" x 9 1/4"
2	1	FLANS, WELD NECK, ANSI B16.5	ASTM A105	ø10"ANSI 900, RJF, ID=233
1	1	ÞÉTTIHRINGUR ANSI B16.20	S316	R53
H.Nr.	Fj.	Heiti	Efn.	Stær.

Tafla 1. Partalisti fyrir hefðbundinn gufuborholutopp.



Mynd 10. Inventor teikning af Borholutopp



Mynd 11. Grunnmynd. Holutoppur, lagnir og hljóðdeyfir.

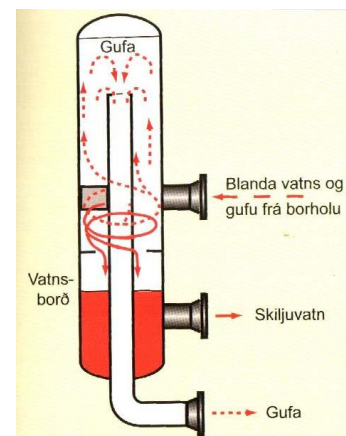
Hefðbundinn blásturbúnaður fyrir gufuborholur samanstendur af borholutopp, útblásturslögnum og hljóðdeyfi. Steyptar undirstöður eru settar undir lagnir til að styðja við búnaðinn auk þess sem settir eru steyptir klossar í þar til gerða vasa á hljóðdeyfunum til að halda honum stöðugum, en annars hvílir hann á sléttu malarundirlagi og er laus að öðru leiti. Á útblásturslögninni rétt við hljóðdeyfinn er svo kallaður mælistútur en þar er streymi holunnar mælt. Þrýsting og hitastigi gufunnar er stýrt með blendum á lögninni en við mælistútinn er staðsett svo kölluð mæliblenda og á hún að halda uppi um 10 bar þrýsting á lögninni og er

gatmálið á henni yfirleitt 162mm. Við hljóðdeyfilokann er staðsett önnur blenda eða svo kölluð stjórnblenda en hún er með mismunandi gatmál sem fer eftir toppþrýsting holunnar hverju sinni. Með þessu er hitastigið ávallt það sama og er hægt að lesa út úr gufutöflum og eru þá allar mælingar sem gerðar eru á öllum holum framkvæmdar við svipaðar aðstæður og auðvelda því nokkuð samanburð borhola og svæða.

3.3. Rannsóknir á borholum.

Ein af merkustu tækniframförum á Íslandi á síðustu öld eru án efa þær tækniframfarir og vaxandi hæfni Íslendinga að beisla og nýta þann mikla jarðhita sem leynist í iðrum jarðar. Vísindalegar rannsóknir hófust fyrst á Íslandi um miðja 18. öld en nýting jarðhitans hófst ekki að einhverju marki fyrr en um miðja 20. öld því lengi skorti kunnáttu og þekkingu til að beisla orkuna, en framfarir í nýtingu jarðhitans hafa verið mjög hraðar á allra síðustu árum. Við borun og nýtingu jarðhita eru rannsóknir á virkni borhola mjög mikilvægar. Gufuborholur geta verið mjög misjafnar að eiginleikum og nýtingarsvæði eru yfirleitt mjög misjöfn. Hér á landi eru öll þekktu nýtingarsvæðin með hátt vatnshlutfall í einnum en stundum hefur það gerst að við sumar holur hefur myndast svokallaður gufupúði en þá er nánast eingöngu gufa í berginu og í næsta nágrenni og getur þetta verið mjög gott upp á nýtingu og framleiðslu raforku þar sem vermi gufu er hærra en vermi vatns og vatnið er yfirleitt frekar til trafala við raforkuvinnsluna. Reynslan hefur þó sýnt að við nýtingu sumra svæða hefur vermið frekar lækkað með tímanum þar sem vinnslan tæmir fyrst gufuna úr berginu og fer þá að draga til sín vatn úr berglögnum þannig að hlutfall vatns fer vaxandi.

Rannsóknir og mælingar á háhitaborholum geta verið talsvert flóknar þar sem hitinn í jarðhitakerfinu er yfir 200°C yfirleitt kemur hlutfall vatns og gufu upp úr holunum þar sem hluti vatnsins breytist í gufu á leið upp um holuna um leið og þrýstingurinn lækkar. Ein leið til að mæla rennslið er að skilja gufuna og vatnið í gufuskiljum og mæla hvort fyrir sig. *Mynd 12* sýnir hefðbundna gerð og hönnun af gufuskilju. Einnig er til aðferð við að mæla rennslið án þess að skilja að gufu og vatn en þessi aðferð var

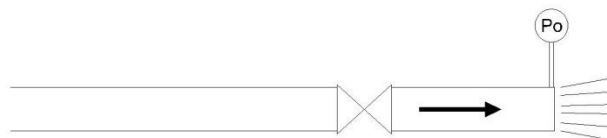


Mynd 12. Gufuskilja.

fundinn upp á Nýja-Sjálandi á sjöunda áratug síðustu aldar af manni að nafni Russel James. Hann fann með tilraunum formúlu sem hægt var að nota til að reikna út heildar rennslið og gufuhlutfallið með því að nota aðeins tvær þekktar stærðir, [Mynd 13](#) er af mælistút þeim sem notaður er í dag til að mæla streymi borhola og er fundið upp af Russel James.

Formúla Russels lítur eftirfarandi út.

$$Q = 1.835.000 \times A \times (P_0^{0,96}/H^{1,102}) \text{ þar sem}$$



Q = Heildarrennslið í kg/s

[Mynd 13. Aðferð Russels til að mæla streymi borhola.](#)

A = Þverskurðarflatarmál útrennsliðsrörsins í m^2

P_0 = Þrýstingur mældur $\frac{1}{4}$ úr tommu frá enda rörs í bar-a

H = Varmainnihald eimsins í kJ/kg

Varmainnihald eimsins er hægt að finna með ýmsum aðferðum sem ekki verða raktar hér.

Streymi gufunnar er gefið upp í kg/s og þrýstingurinn er í mældur í bar. Notast er við tvær skilgreiningar á þrýstingnum þ.e. bar-a en þá er átt við fullan þrýsting og bar-y og er þá átt við þrýsting umfram venjulegan andrúmsloftsþrýsting. Vermis eða varmainnihald gufu er gefið upp í kJ/kg og fylgir vermið hitastigi jarðhitakerfisins. Varmaafli (kW_t) borhola er fundið með því að margfalda vermið með streyminu en þá fæst í raun einungis hrávarmi holunnar og skal ekki rugla því saman við rafafli (kW_e), þar sem gufuaflinu er aðeins að litlum hluta breytt í rafafli. Hægt er að finna gufuhlutfallið við holutoppinn ef hiti og þrýstingur holunnar er þekktur og lítur jafnan þannig út:

$$H_d = xH_g + (1-x) H_v \text{ eða } x = (H_d - H_v) / (H_g - H_v)$$

þar sem

X = Gufuhlutfallið við holutopp

H_d = vermi djúpvatnsins (kJ/kg)

H_g = vermi gufunnar við Holutopp (kJ/kg)

H_v = vermi vatnsins við holutopp (kJ/kg)



Við nýtingu jarðhita er mikilvægt að mæla rennslið í borholunum, en einnig gefa mælingar á hita og þrýstingi dýrmætar upplýsingar um ástand jarðhitageyma og um það sem í þeim er.

Árangur jarðhitaboranna á háhitasvæðum hefur reynst misjafn og árið 1992 tók Valgarður Stefánsson Jarðhitasérfræðingur hjá Orkustofnun saman heimildir um árangur jarðhitaborana á 29 svæðum í 13 löndum. Miðað við þá skoðun getur vel heppnuð jarðhitahola gefið af sér gufu til raforkuframleiðslu á milli 6-7 MW_e en meðaltalið reyndist vera um 1,9 MW_e ef tekið er mið af öllum holunum. Meðaltalið reyndist oftast hækka þegar fleiri holur voru boraðar og þarf um 10-15 holur til að ná nokkuð stöðugu meðaltali fyrir mælingarnar. Ef meðaltal var tekið af nýboruðum holum eftir að tilteknum fjölda var náð reyndist meðaltalið fyrir hverja holu vera 4,2 MW_e á öllum svæðunum. Með tímanum dala þessar tölur og einstaka holur meira en aðrar.

3.4. Gufustreymi & vermi.

Massastreymi, streymishraði og vermi gufunnar í borholum hafa mikið að segja fyrir mögulega raforkuframleiðslu. Streymið er hinsvegar ekki föst stærð heldur er það háð þeim mótþrýstingi sem er á toppi holunnar en hann er hægt að stilla með topplokunum á holunni. Með borholulokunum er einnig hægt að skammta magnið sem rennur úr holunni. Til að búa til kenniferil fyrir borholu er þrýstingurinn stilltur á nokkur gildi og streymið síðan mælt í hverju tilfalli. Þeir ferlar sem fást við slíkar mælingar eru hinsvegar mjög breytilegir eftir holum og svæðum og lögun þeirra fer nokkuð eftir því hve hátt gufuhlutfallið er í jarðhitageyminum. Þegar holunni er lokað hækkar toppþrýstingur hennar og streymið minnkar. Kenniferlar hvarrar holu geta svo breyst með tímanum t.d. vegna langvarandi nýtingar en þá getur varmainnihald svæðisins minnkað vegna minnkandi þrýstings í jarðhitageyminum eða innrennslis kaldara vatns að svæðinu. Við vinnslu streymir gufan með auðveldari hætti um berglögin en vatnið og tæmist því fyrst gufan sem var upprunalega til staðar í jarðhitageyminum og fer svo að draga til sín vatn úr nálægum berglögum. (*Guðmundur Pálmasson, 2005:86-87,132-133*)



4. Hönnun búnaðar til raforkuframleiðslu.

4.1. Mögulegar aðferðir til nýtingar gufuafls.

Í allmörg ár hefur höfundur horft á gufuaflið fara óbeislað út í loftið við borholurnar þegar þær eru í blæstri í lengri eða skemmri tíma og velt fyrir sér þeim möguleikum sem hugsanlega eru fyrir hendi til að nýta alla þessa óbeisluðu orku. Ýmsar hugmyndir hafa komið upp. Eins og áður hefur komið fram var erfitt til margra ára að nýta þetta afl t.d. til raforkuframleiðslu eða öllu heldur hefði reynt erfitt að nýta þá raforku sem framleidd hefði verið þar sem tiltölulega langt var á milli borteiga og yfirleitt einungis ein borhola boruð á hverjum borteig. Í dag er þessu hins vegar öðruvísi farið og algengt að fleiri holur séu boraðar á sama borteig og því hafa möguleikarnir vaxið til muna að nýta raforku sem framleidd er úr þessu gufuafli. Hægt er að hugsa sér ýmsar aðferðir við að nýta þá orku sem þarna er á ferðinni en í þessu tilfelli er í raun markmiðið að ná frekar litlu magni af raforku út úr kerfinu. Þar sem massastreymið er frekar mikið almennt í gufuborholum getur það frekar skapað vandamál ef markmiðið er að nýta einungis lítið af mögulegri orkugetu því erfitt getur reynt að höndla það mikla streymi sem þarna er á ferðinni í gufulögninni. Sú aðferð til að ná fram settum markmiðum getur verið vandfundin þar sem holurnar eru margbreytilegar og í raun eru aðstæður nánast jafn margbreytilegar og fjöldi borhola. Sú aðferð sem höfundur hallast hvað mest að er að nota einhverskonar túrbínu til verksins og tengja við hana rafala.

Gert er ráð fyrir að nota aðeins hluta af massastreyminu til að vera einungis með hæfilega lítinn búnað til raforkuframleiðslunnar til að minnka kostnað því ekki er gott að velja rafala sem eru óþarflega stórir og eru megnið af notkunartímanum á litlu álagi, auk þess sem kostnaður hleypur upp við kaup á stærri og öflugri búnaði.

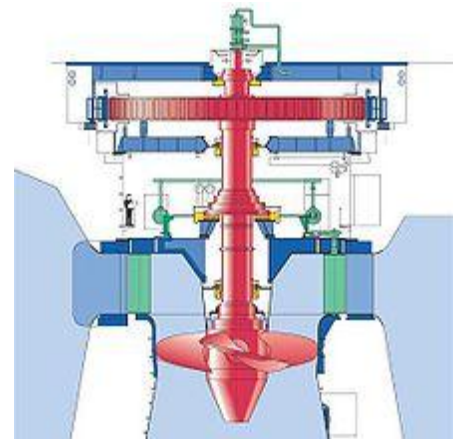
4.2. Hönnunarforsendur.

Ein af forsendunum verkefnisins er að leitast við að nota sem mest búnað sem fjöldaframleiddur er fyrir markað og auðvelt er að útvega og með gott aðgengi að varahlutum og þjónustu. Einnig að hafa alla hönnun eins einfalda og hægt er til að halda niðri framleiðslukostnaði á heildar pakkanum svo það geti talist hagkvæmt að kaupa slíkan búnað og nýta alla þá fjölmörgu kosti sem skapast geta við að hafa aðgang að stöðugu rafafli á svæðinu, sem framleidd er úr gufuafli, sem í dag fer til spillis og verður engum til gagns. Einnig er það ákveðinn kostur að þurfa ekki að nota mengandi dísilrafstöðvar sem venjulega eru notaðar við vinnu á borsvæðunum í dag.

Til að afmarka verkefnið er meiningin að taka einungis mið af gögnum um borholur frá þeistareykjum, en það er það svæði sem menn horfa hvað mest til í dag m.t.t. orkunýtingar og því ljóst að þar á eftir að bora allmargar holur í nánustu framtíð. Gufumagnið sem um er að ræða í hverri holu er nokkuð mikið miðað við þá þörf sem óskað er í þessu verkefni og er útreiknað samkvæmt gögnum frá Ísor að mögulegt rafafli úr minnstu holunni á þeistareykjum er um 5,8 MW og heildar massastreymið þar er 15,8 kg/s og ljóst að ekki er þörf á allri þessari gufu til að ná út því sem ætlað er. Miðað við venjulega raforkuþörf hjá iðnaðarmannateymi sem starfar við uppsetningu og viðhald borhola er grófleg áætlun um 30 KW. Miðað við það er ljóst að aðeins er þörf á að nýta brot af þeirri gufu sem er í boði og er þá verið að miðað við minnstu holuna og því ætti að vera góður möguleiki á að ná settum markmiðum.

Ekki er ætlunin í þessu verkefni að ákveða hvaða túrbínu skuli nota til að ná settum markmiðum þar sem það krefst all-flókinna útreikninga og athugana og eru það í flestum tilfellum framleiðendurnir sem reikna út og hanna túrbínurnar miðað við gefnar forsendur og aðstæður hverju sinni. Farið veður yfir það hvernig höfundur telur að kerfið þurfi að vera uppbyggt til að nýta hluta gufunnar til að ná settum markmiðum. Höfundur hefur þó velt upp ýmsum möguleikum á því hvað gæti hentað best fyrir þær aðstæður sem eru við borholurnar. Ýmsir möguleikar eru í þessari stöðu en spurning er hvort hægt sé að nota annan búnað en venjulegar gufutúrbínur til nýta gufuna í þeim fasa sem hún er við bæjardyr borholanna, en þar er hún á tvífasa stigi og er gufuhlutfallið mjög misjafnt í borholunum, eða allt frá 95% niður í

36%, í þeim holum sem þegar hafa verið boraðar á þeistareykjum. Einnig geta ýmis snefilefni fylgt með í einnum og því er hætt á að viðkvæmur búnaður gufutúrbínunnar muni ekki standast þá raun. Ef notuð er gufutúrbína er nær öruggt að staðsetja þarf gufuskilju fyrir framan hana til að skilja vatn úr gufunni áður en hún fer inn á túrbínuna. Forvitnilegt væri að skoða hvort hægt sé að nýta hugmyndir Kaplan túrbínunnar, *Mynd 14*, þ.e. að staðsetja skrúfubúnað inn í lögninni sem knúinn er af drifmassanum, þótt hún sé í raun hugsuð sem vatnsafls túrbína. Eftir mikla skoðun og vangaveltur rakst höfundur á dælur sem væri freistandi að prófa að nýta sem túrbínu við þessar aðstæður en það eru svokölluð skrúfu dæla, *mynd 15*, en þar er skrúfuhús staðsettur í rörabeygju og driföxullinn tekinn í gegnum áspétti út úr beygjuni og venjulega tengdur rafmótor. Þessar dælur eru framleiddar sem hrat-dælur eða til að dæla ýmsum eiturefnum s.s. síru, basa og ýmsum efnaúrgangi og eru því mjög slitsterkar. Þær geta snúist í hvora áttina sem er og þola hátt hitastig eða allt að 300°C. Til eru ýmsar gerðir og týpur og eru þær afar sterkbyggðar og hægt er að fá þær úr ryðfríu stáli, stálsteypu og úr ýmsum málmblöndum allt eftir því við hvaða aðstæður þær eiga að þjóna. Þessar dælur er hægt að fá frá framleiðanda með gír og því er hægt að ákvarða snúningshraðann og velja gír sem hentar og tengja við dæluna hefðbundinn rafala til raforkuframleiðslu.



Mynd 14. Kaplan túrbína

Þrátt fyrir að um þúsund faldur munur sé á eðlismassa vatns og gufu telur höfundur að þessi dæla geti hentað við þessar aðstæður þrátt fyrir að þær séu frekar hugsaðar fyrir vökvamassa en gufumassa, enda er massastreymi gufunnar nokkuð mikið og ætti því auðveldlega að geta drifið slíka dælu, snúið rafala og náð þeim kW sem óskað er, jafnvel þó að skrúfudælan hefði afar lélega nýtni við gufustreymið.



Mynd 15. Skrúfudæla



4.3. Áætluð aflþörf.

	Notandi	Fjöldi	Afl per eining			Afl samtals	
			Stærð	Einangur	W	W	W
1	Vinnuljós, díóðu	4	stk	500	W	2000	W
2	Rafsuðutransar max í hveikingu	2	stk	9000	W	18000	W
3	Slípirokkar	2	stk	800	W	1600	W
4	Ljós og tenglar í vinnuskúr	1	stk	500	W	500	W
5	Rafmagns ofn í vinnuskúr	2	skt	800	W	1600	W
6	Loftpressa fyrir stýriloft	1	stk	2200	W	2200	W
7	Annar rafbúnaður	1	stk	200	W	200	W
	Hámarks raforkunotkunn.					26100	W

Tafla 2. Áætluð aflþörf notenda.

Tafla 2 sýnir áætlaða aflþörf á vinnusvæðunum við uppsetningu boraholubúnaðar. Aflþörf mælingabúnaðar er ekki þekkt að öðru leiti en að í dag er verið að nota 20 KW dísil rafstöð sem talin er vera nokkuð umfram þörf fyrir þann búnað sem verið er að nota við borholumælingar samkvæmt upplýsingum frá mælingamönnum. Þess má geta að borholumælingar hafa aldrei farið fram á sama tíma og unnið er við uppsetningu holanna. Með tilkomu þessa búnaðar og fjölgun borhola á borteigum gæti sú staða hins vegar átt eftir að koma upp en ekki þykir þörf á að efla búnaðinn fyrir þann möguleika því í öllum tilfellum væri hægt að hagræða eða leysa málið með dísilrafstöðvum ef slík staða kæmi upp.

4.4. Afköst borhola.

Eftirfarandi gögn voru fengin frá Landsvirkjun og eru mælingar á þeim boruholum sem þegar hafa verið boraðar á Þeistareykjum. Geta má þess að þetta eru allt tilraunaholur og voru margar hverjar boraðar á þeim stöðum þar sem menn telja vera jaðar svæðisins, og eru þ.a.l. ekki eins öflugar og mælingar svæðisins gefa til kynna og vænta menn þess að enn öflugri holur eigi eftir að líta dagsins ljós í framtíðinni þegar borað verður niður á þeim svæðum þar sem mælingar gefa til kynna að stærstu jarðhitageymarnir séu staðsettir. Allar mælingar eru gerðar við 10 bar þrýsting í hljóðdeyfilögnunum, sem stilltur er af með stjórn- og mæliblendum.

Miðað er við að taka massastreymi minnstu holunnar og ganga út frá því að hluti þess sé notað til þess að drífa túrbínu og rafalann og framleiða óskað rafafli þá ætti að vera möguleiki á að skammta massastreymi öflugri hola inn á dæluna og halda því streymi sem nægjanlegt er til að halda óskuðum snúningshraða á rafalanum. Miðað við útreiknað rafafli úr borholu ÞG-06 sem er minnsta holan í rafafli ætti gróft áætlað að vera nóg að nýta sem samsvarar um 1% af því, sem eru þá um 53 KW. Þetta er að sjálfsögðu mjög mikil einföldun á útreikningum en sýnir samt glögggt hvað gufuaflíð sem er í boði er ótrúlega mikið miðað við þörfina og það sem áætlað er að nýta úr holunum. Eftirfarandi útreikningar sýna einnig hversu mikil orka er til staðar, en útreikningur er gerður fyrir ÞG-03 sem hefur hvað minnsta heildar gufustreymið af þeim holum sem boraðar hafa verið á Þeistareykjum. Hér að neðan má sjá töflu með mældum og útreiknuðum gildum um borholur á Þeistareykjum. Mælingarnar voru gerðar af Íslenskum Orkurannsóknnum fyrir Þeistareyki ehf. Allar mælingar á borholum eru gerðar við 10 bar þrýsting og er þá hitastig samkvæmt gufutöflu um 180°C.

Hola	Þrýstingur við holutopp	Heildarstreymi úr holu	Vermi	Gufustreymi við 10 bar _a	Áætlað rafafli
	P _{holut.} [bar _y]	m [kg/s]	h [kJ/kg]	m _g [kg/s]	Kw _e [KW]
ÞG-01	13,3	15,8	2.212,0	11,4	5,80
ÞG-02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
ÞG-03	15,2	12,4	2.673,0	11,8	6,21
ÞG-04	15,8	32,2	2.661,0	30,4	13,77
ÞG-05	15,7	56,8	1.485,0	20,4	8,22
ÞG-06	13,7	13,9	2.663,0	13,1	5,26
Samtals		131,1		87,0	39,3
Vegið meðaltal			2.099,0		

Tafla 3. Mælingar borhola á Þeistareykjum.

Heildar streymi úr holu = 12,4 kg/s
Gufustreymi við 10 bar_a = 11,8 kg/s

\dot{m} = Heildar massastreymi úr holu þ.e. vatn og gufa
 \dot{m}_g = massastreymi gufu

$$\text{Gufuhlutfall í holu} \quad x = \frac{\dot{m}_g}{\dot{m}} \Rightarrow \frac{11,8}{12,4} = 0,95 \Rightarrow \underline{\underline{95\%}}$$

Rúmmál gufunnar.

Uppgefið samkvæmt gufutöflu $v = v_f * (1 - x) + x * v_g$

$$v_f = 1.127 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \quad v = 1,127 * 10^{-3} * (1 - 0,95) + 0,95 * 0,194 = \underline{\underline{0,184 \text{ m}^3/\text{kg}}}$$

$$V_g = 0.194 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$x = 0,95$
 $v =$ rúmmál

Rúmmálsstreymi og Rennlishraði.

$$\dot{m} = 12,4 \text{ kg/s} \quad \delta = \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{0,184} = \underline{\underline{5,43 \text{ kg/m}^3}}$$

$\delta =$ Eðlismassi

$$\dot{q}_v = \text{Rúmmálsstreymi} \quad \dot{q}_v = \frac{\dot{m}}{\delta} \Rightarrow \frac{12,4}{5,43} = \underline{\underline{2,28 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

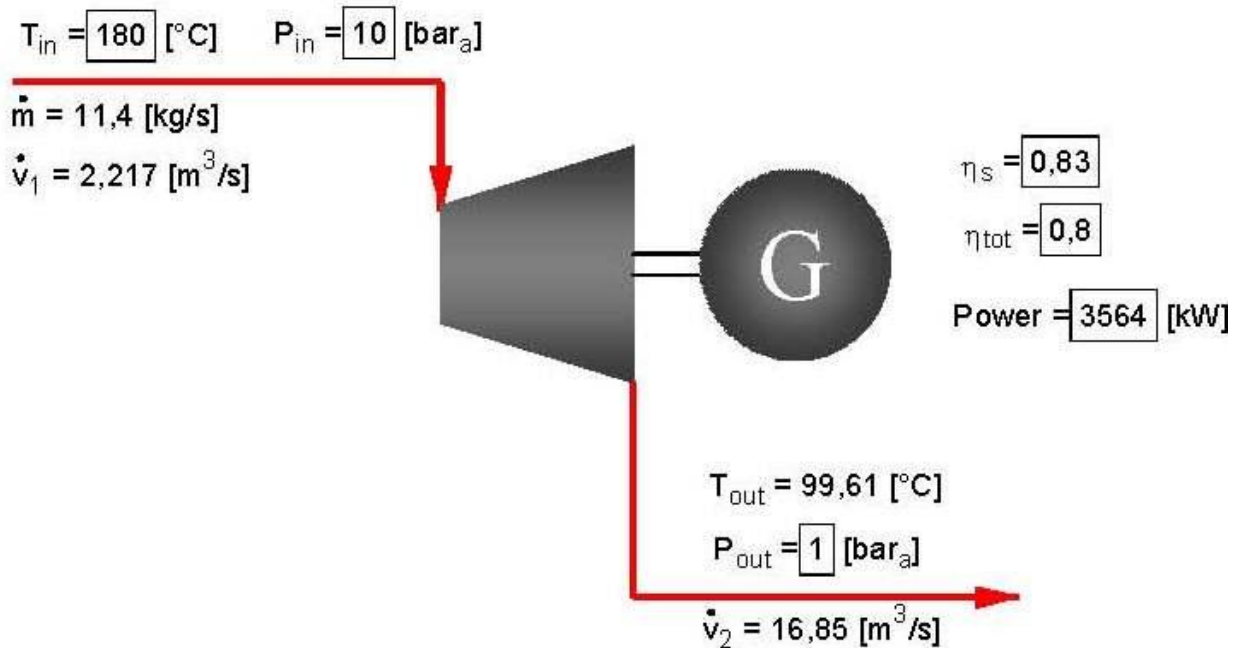
$v_1 =$ Straumhraði

$$A = \text{Þverskurðarflatarm. pípu.} \quad A = \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow \frac{\pi * 0,2604^2}{4} = \underline{\underline{0,053 \text{ m}^2}}$$

$$V_1 = \frac{\dot{q}_v}{A} \Rightarrow \frac{2,28}{0,053} = \underline{\underline{43 \text{ m/s}}}$$

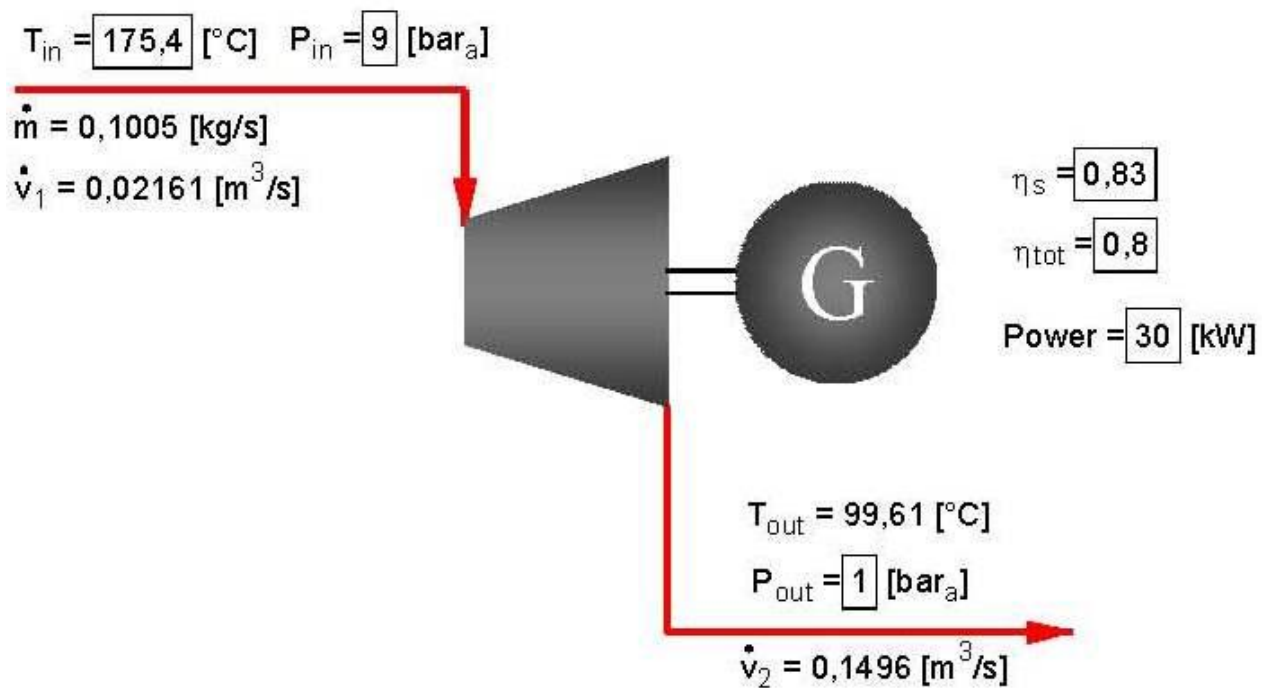
Ef hinsvegar er reiknað með hreinu gufustreymi þ.e. að streymið sé tekið í gegnum gufuskilju fyrir túrbínu og reiknum þá með minnsta gufustreymi sem í boði er, en það er 11,4 kg/s á holu ÞG-01 þá er hægt að sjá á eftirfarandi myndum og útreikningum sem teknar eru úr reiknilíkani fyrir túrbínur hvað þarf í raun að nýta lítið af heildar massastreyminu inn á túrbínu til að ná settu markmiði. Þar kemur fram massa- og rúmmálsstreymisþörfin og aflið í kW sem fæst miðað við streymið. Föstu gildin eru þrýstingurinn og hitastigið. Uppgefin nýtni er fengin frá framleiðendum túrbína og er algeng nýtnitala á gufutúrbínum samkvæmt upplýsingum.

Gufutúrbínu- líkan 1.



Hér sést að rafaflið er 3564 kw og fæst það með því að nýta gufustreymið eingöngu eða 11,4 kg/s úr holu PG-01, en þar er hvað minnsta gufustreymið af boruðum holum á Þeistareykja svæðinu. Rúmmálsstreymið er við þessar aðstæður 2,217 m³/s og hitinn og þrýstingurinn eru föst gildi miðað við uppstillingu blenda í útblásturslögninni.

Gufutúrbínu- líkan 2.



Hér sést svo hver massa og rúmmálsstreymis þörfin er ef einungis eru tekin 30 kW út af túrbínu miðað við sömu fasta í hinum gildunum, en þá þarf massastreymið einungis að vera 0,1 kg/s og þörfin því ekki mikil miðað við það massastreymi sem er í boði. Í þessu tilfalli er búið að fella þrýstinginn um 1 bar og því breytist hitastigið um leið. Sjá gufutöflu hér að neðan.

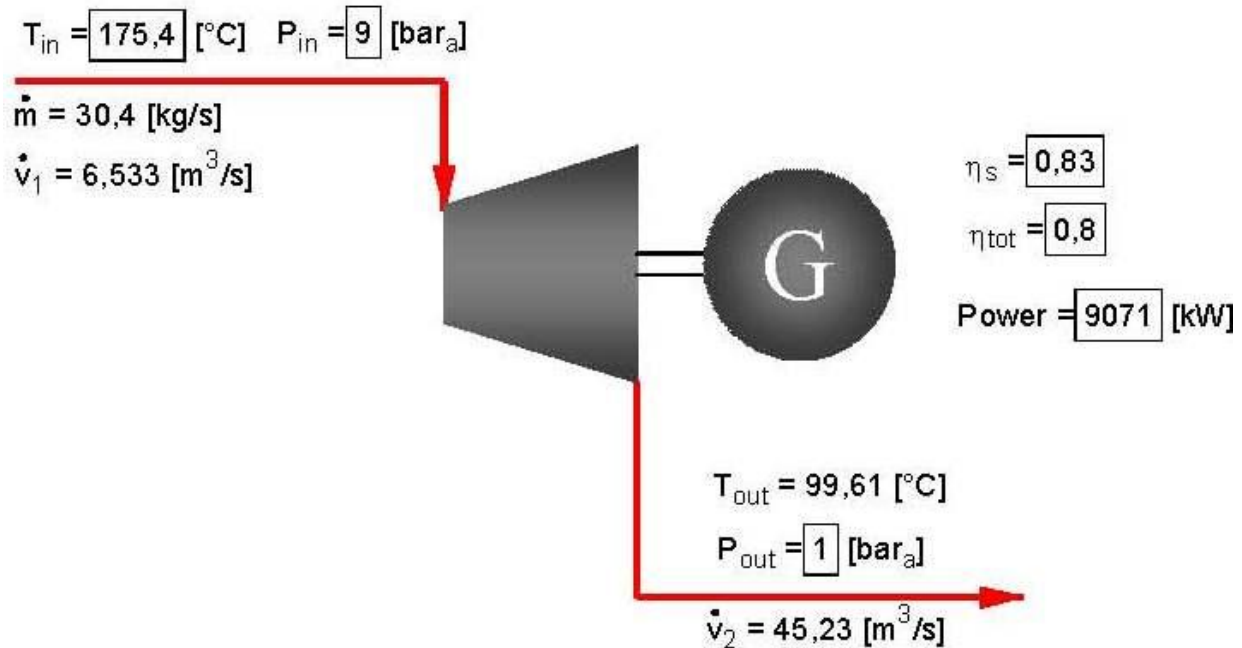
TABLE A-3 Properties of Saturated Water (Liquid-Vapour): Pressure Table

Press. bars	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bars
		Sat. Liquid v _f × 10 ³	Sat. Vapour v _g	Sat. Liquid u _f	Sat. Vapour u _g	Sat. Liquid h _f	Evap. h _{fg}	Sat. Vapour h _g	Sat. Liquid s _f	Sat. Vapour s _g	
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746	0.04
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304	0.06
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287	0.08
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502	0.10
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085	0.20
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686	0.30
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700	0.40
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939	0.50
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320	0.60
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797	0.70
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346	0.80
0.90	96.71	1.0410	1.869	405.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949	0.90
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233	1.50
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271	2.00
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527	2.50
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919	3.00
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405	3.50
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959	4.00
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565	4.50
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212	5.00
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600	6.00
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080	7.00
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628	8.00
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226	9.00
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863	10.0
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448	15.0
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409	20.0
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575	25.0
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869	30.0
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253	35.0
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701	40.0
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.1	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199	45.0
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892	60.0
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133	70.0
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432	80.0
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772	90.0
100.	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141	100.
110.	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527	110.

Tafla 4. Gufutafla A-3

Ef reiknað er svo hvað stærsta holan á þeistareykjum gefur í rafafli og gildin sett inn í líkanið sést að gufustreymið gefur okkur hvorki meira né minna en 9071 kW svo það er ljóst að nægt afl er til staðar til nýtingar á staðnum þótt þörfin fyrir slíka nýtingu sé ekki fyrir hendi enn sem komið er.

Gufutúrbínu- líkan 3.



Ákveðið var að hafa þvermál lagna 60,3 mm eða 2". Miðað við þetta þvermál er hraði gufunar reiknaður út. Ekki þykir gott ef hraðinn fer mikið yfir 30 m/s í gufukerfum þar sem það getur valdið ýmsum vandamálum í kerfunum s.s. þéttingu gufunnar og aukið slit á búnaði o.þ.h. Eftirfarandi útreikningar eru gerðir miðað við massastreymið 0,1 kg/s

Gufustreymi við 9 bar_a og hitastig 175,4°C

\dot{m}_g = massastreymi gufu

Gufuhlutfall í holu $x = \frac{\dot{m}_g}{\dot{m}} \Rightarrow \frac{11,8}{12,4} = 0,95 \Rightarrow \underline{\underline{95\%}}$



Rúmmál gufunnar.

Uppgefið samkvæmt gufutöflu

$$v = v_f * (1 - x) + x * v_g$$

$$v_f = 1.121 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \quad v = 1,121 * 10^{-3} * (1 - 0,95) + 0,95 * 1,121 = \underline{\underline{0,2 \text{ m}^3/\text{kg}}}$$

$$V_g = 1.121 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$x = 0,95$$

v= rúmmál

Rúmmálsstreymi og Rennslhraði.

$$\dot{m} = 0,1 \text{ kg/s}$$

$$\delta = \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{0,2} = \underline{\underline{5 \text{ kg/m}^3}}$$

δ = Eðlismassi

\dot{q}_v = Rúmmálsstreymi

$$\dot{q}_v = \frac{\dot{m}}{\delta} \Rightarrow \frac{0,1}{5} = \underline{\underline{0,02 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

v_1 = Straumhraði

A = Þverskurðarflatarm. pípu.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow \frac{\pi * 0,0477^2}{4} = \underline{\underline{0,001787 \text{ m}^2}}$$

$$V_1 = \frac{\dot{q}_v}{A} \Rightarrow \frac{0,02}{0,001787} = \underline{\underline{11,2 \text{ m/s}}}$$

Streymishraði gufunnar er því nokkuð undir krítísku línunni og er því í góðu lagi. Pípu þvermálið gefur enn möguleika á því að auka massastreymið ef þurfa þykir vegna afkasta.

Möguleikar á aukningu kannaðir gagnvart hraðaaukningar.

$$\dot{q}_v = v_1 * A * \delta \Rightarrow 30 * 0,001787 * 5 = \underline{\underline{0,27 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

$$\dot{m} = \dot{q}_v * \delta \Rightarrow 0,27 * 5 = \underline{\underline{1,35 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

Eins og sést má auka massastreymið í kerfinu upp í 1,35 kg/s og er hraðinn þá búinn að ná krítíska markinu sem við viljum ekki fara yfir.



5. Uppsetning kerfis.

5.1. Virkniýsing.

Kerfið samanstendur af stjórnloka, CV1 og þrýstiminnkara PV1, Handstýrðum loka MV1, Gufuskilju, Gufutúrbínu, gír, rafala og spennustýringu auk tilheyrandi rafbúnaðar. Ætlunin er að koma búnaðinum fyrir í 20 feta gám sem hægt er að koma með og tengja inn á núverandi útblásturslagnir borhola. Gert er ráð fyrir að staðsetja 2" úttak á 10" útblásturslögninni. Á úttaksrörið kemur flangs og blindlok. Blindlokið er hægt að fjarlægja þegar tengja á búnaðinn við kerfið. Þegar það er gert er handstýrða lokanum HL1 komið fyrir við úttakið út á túrbínulögnina. Hann er þó hafður lokaður. Þegar búíð er að tengja búnaðinn er skrúfað frá hljóðdeyfilokanum og gufustreymi hleypt á lögnina. Borholan er látin blása í smá tíma til að ná upp jafnvægi í streymi og massa. Annar búnaður er staðsettur inn í gámnum. Á eftir handstýrða lokanum kemur þrýstiminnkari og fellir hann þrýsting gufunnar um 1 bar en þessi þrýstingsmunur er hafður til að tryggja gufustreymi inn á túrbínulögnina. Gufuskiljan er staðsett á eftir þrýstiminnkaranum til að ná sem mestum raka úr gufunni áður er hún fer inn á stjórnloka og túrbínu. Til að stýra gufumagninu inn á túrbínu er stjórnloki CV1 staðsettur á túrbínulögninni og stjórnast hann af snúningshraða rafalans og minnkar eða eykur streymið eftir því sem spennuálagið og mótstaðan breytist á rafalanum. Til að mynda þrýstifall yfir túrbínuna er útblásturslögnin tengd beint inn á inntaksstút hljóðdeyfis og því ætti þrýstingurinn að falla í 1 bar og þrýstifallið því að vera 8 bar_a. Til að viðhalda óbreyttum þrýstingi inn í aðal-útblásturslögninni og raska þar með sem minnst þeirri uppstillingu og þeim gildum sem búíð er að ákvarða af hönnuði útblásturs búnaðarinnis, er blendan við mælistútinn látinn hald sér. Með þessari uppstillingu ætti engin breyting að eiga sér stað á þrýsting eða streymishraða í aðal-útblásturslögninni og breytingar á útblásturbúnaðinum sjálfum að vera í lágmarki.

Með aukinni raforkunotkun eykst viðnám rafalans, álagið á túrbínuna eykst og snúningshraði minnkar. CV1, sem stjórnast af snúningshraða rafalans skynjar það og opnar fyrir frekara gufustreymi til að viðhalda snúningshraðanum. Ef rafmagnsnotkun minnkar, minnkar álagið á rafalann og snúningshraði eykst. CV1 bregst við og dregur úr gufustreymi inn á túrbínu. Stjórnloki CV1 verður staðsettur inn í gámnum fyrir framan túrbínu og er stýrt með lofti. Loftpressa er staðsett í gámnum og þarf að gæta þess að forðakútur hennar sé fullur af lofti



5.2. Búnaður & tæki.

Eftirfarandi loka, lagnir og búnað þarf til að smíða kerfið.

Nr.	Efni	Magn	
1	Loki 2" Þrýstiminnkari	1	stk
2	Loki 2" handstýrður	1	stk
3	Loki 2" stjórnloki loftstýrður	1	stk
4	Flans PN 16 6"	4	stk
5	Flans PN 16 2"	8	stk
6	Beygja 4"	2	stk
7	Beygja 2"	7	stk
8	Rör 168,3 x6,2	2	stk
9	Rör 114,3 x6,3	3	m
10	Rör 88,9 x6,4	7	m
11	Botnar 88,9	2	m

Tafla 5. Upptalning loka og lagna fyrir kerfið.

Að auki þarf 20 feta gám, gufuskilju, rafal, loftpressu, loftloka og lagnir fyrir stýringuna á gufustjórnlokanum. Snúningshraðaskynjara á rafalann og stjórnþúnaðinn fyrir stýringu gufustjórnlokans. Auk töfluskápa, ljósa og tengla fyrir vinnurafmagn inn í gámnum til viðhalds.

Helstu birgjar sem gáfu verð og tæknilegar upplýsingar um búnað, tæki og vinnu við smíði og uppsetningu.

- Vörukaup ehf
- Hafnarbakki ehf
- Fossberg ehf
- Marás ehf
- Víkurraf ehf
- Loft & Raftæki ehf



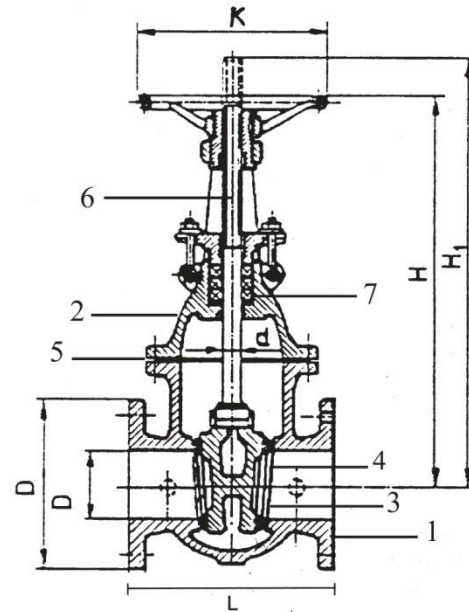
5.3. Gufulokar.

Höfundur telur að eftirfarandi lokar geti hentað vel fyrir kerfið.

Loki MV1.

Handstýrður renniloki frá Meson

No	Part	Material
1	Body	Cast steel GSC25
2	Bonnet	Cast steel GSC25
3	Disc ring	Stainless steel X20Cr13
4	Seat ring	Stainless steel X20Cr13
5	Packing	Graphite
6	Stem (rising)	Stainless steel X20Cr13
7	Glandpacking	Graphite
8		
9		
10		
11		



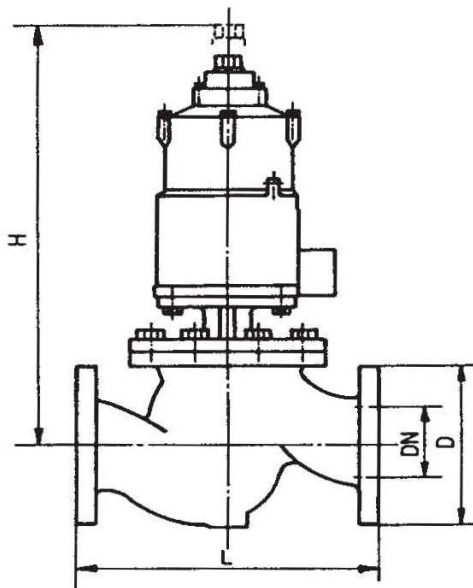
Mynd 17. Handstýrður gufuloki.

Loki CV1.

Stjórnloki frá Meson með loftstýrðum rótor.

Table 1 / TYPE PV

Nominal size DN	Actuator size	D	L	L ₁	Fixed disk type				Check valve function			
					H	H ₁	Pressure bar		H	H ₁	Pressure bar	
							P ₁ ¹⁾	P ₂ ²⁾			P ₁ ²⁾	P ₂ ²⁾
25	1	115	160	100	434	416	6.5	16	423	405	16	
40		150	200	115	446	423	3.5	8.5	434	411	10	
50		165	230	125	485	438	3.5	4.5	467	420	6.8	
65		185	290	145	477	439	2.5	2.3	457	419	3.7	
80		200	310	155	505	458	1.9	1.3	486	439	2.2	
100		220	350	175	525	467	1.2	0.8	513	455	1.2	
65	3	185	290	145	594	556	5.5	8.5	569	531	12	
80		200	310	155	622	575	5	5.5	598	551	7.5	
100		220	350	175	652	594	4	3	625	567	4.5	
125		250	400	200	670	605	3	1.5	640	575	2.5	
150		285	480	225	695	620	2	1	675	600	1.5	
80		5	200	310	155	697	650	6	12	663	616	16
100	220		350	175	727	669	5.5	7.5	690	632	10	
125	250		400	200	745	680	4.5	4.5	705	640	6.5	
150	285		480	225	775	700	3.5	3	740	665	4	
200	340		600	275	-	-	-	-	805	710	2	
250	395		730	325	-	-	-	-	864	755	1	
150	6	285	480	225	894	819	1.6	4.8	859	784	5.5	
200		340	600	275	969	874	2	2.4 ³⁾	924	829	2.9	
250		395	730	325	1013	904	1.1	1.8 ³⁾	983	874	2 ³⁾	
300		445	850	375	-	-	-	-	1074	924	1.3 ³⁾	



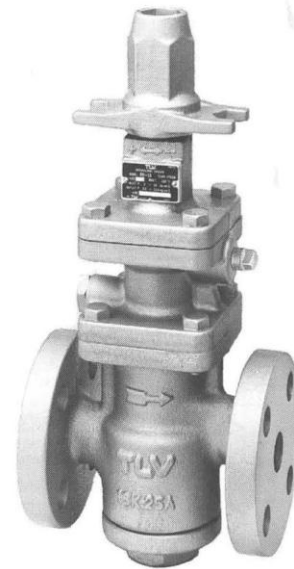
Mynd 18. Stjórnloki.



Loki PV1.

Technologically advanced fluid control valve.

1. The patented self-aligning and shockabsorbing spherical piston holds the set pressure within $\pm 0,1$ bar.
2. The valve is unaffected by varying primary pressure and fluctuating flow rates.
3. Major internal components of stainless steel.
4. Wide pressure range and large capacity.
5. Internal primary and secondary pressure sensing channels make external sensing lines unnecessary for most applications.



Mynd 19. Þrýstiminnkari.

5.4. Gufuskilja.

Gufuskiljan er mikilvægur búnaður svo túrbínan skili tilætlaðri raforkuframleiðslu og endingu, en það getur verið mjög slæmt fyrir viðkvæman búnað túrbínunnar og stjórnloka að fá inn á sig mjög blauta gufu og vatn. Við það eykst álagið til muna og tæring og slit verða af völdum vatnsins á blöðum og öðrum snúnings og slitflötum búnaðarins.

Eins og sést á túrbínulíkani 2. fyrr í skýrslunni, er massastreymispörfin rétt 0,1 kg/s inn á túrbínu og þarf því ekki stóra eða afkastamikla gufuskilju til að skilja vatnið frá.

Eftirfarandi tafla var sett upp í Exel til að reikna út afkastapörf skiljunnar og var þá miðað við massastreymið 0,2 kg/s til að hafa stærðina rúma ef nota á holur með lægra gufuhlutfall. Taflan er hluti af stærðar- og afkastalíkani fyrir gufuskiljur og byggir á útreikningum og reynslutölum.

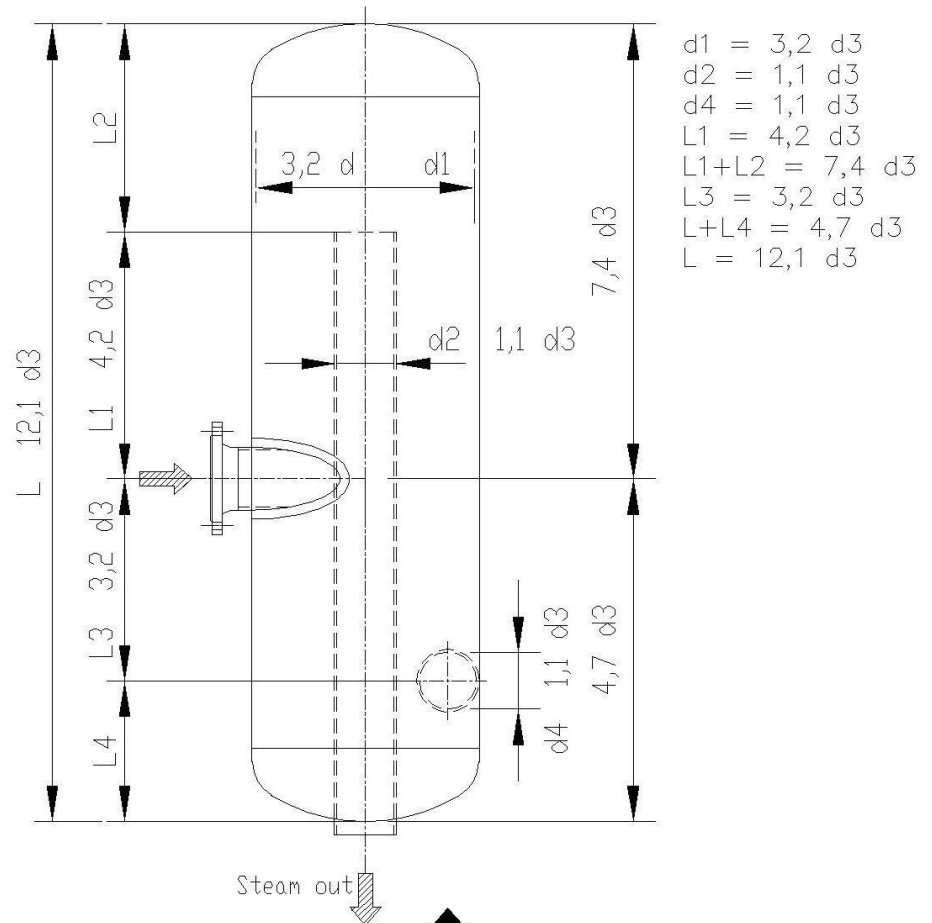
Wet scrubbing - Gufuskilja

$$v < \sqrt{1860/\rho}$$

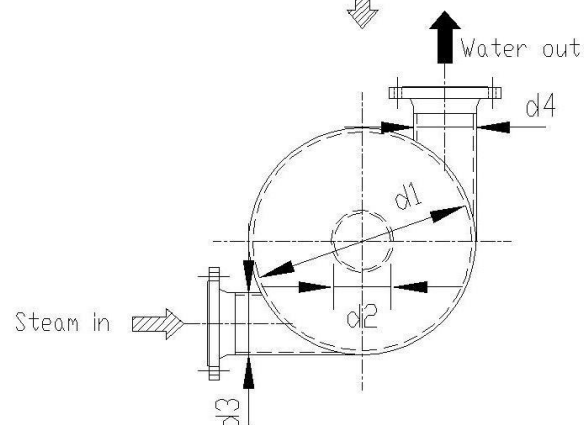
Forsendur

Þrýstingur: 9 bar_g
Afköst: 0,2 kg/s af guflu

	1
m	0,2 kg/s
P	9 barg
ρ	5,64 kg/m ³
v <	18 m/s
d ₃	50 mm
d ₁	160 mm
d ₂	55 mm
d ₄	55 mm
l ₁	209 mm
l _{1+l₂}	369 mm
l ₃	160 mm
l _{3+l₄}	234 mm
l	603 mm



Tafla 6. Útreikningur á gufuskilju.

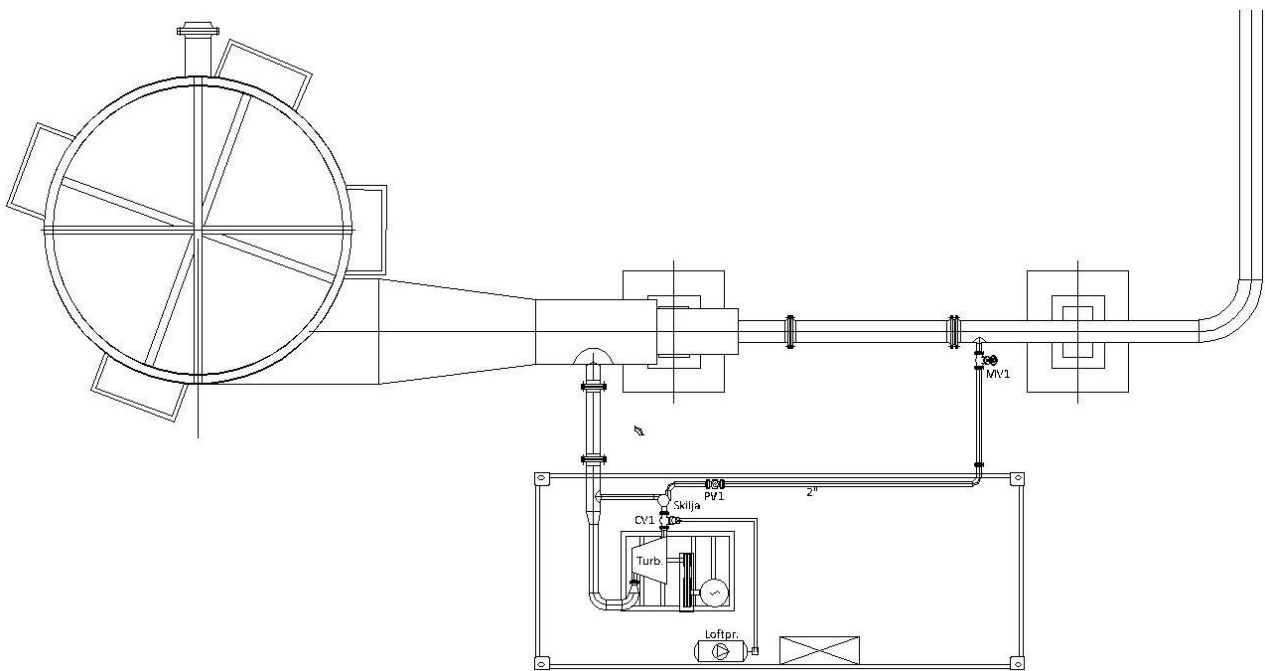


Gufuskilju- líkan fyrir stærðar og afkasta útreikninga

6. Aðlögun útblástursbúnaðar.

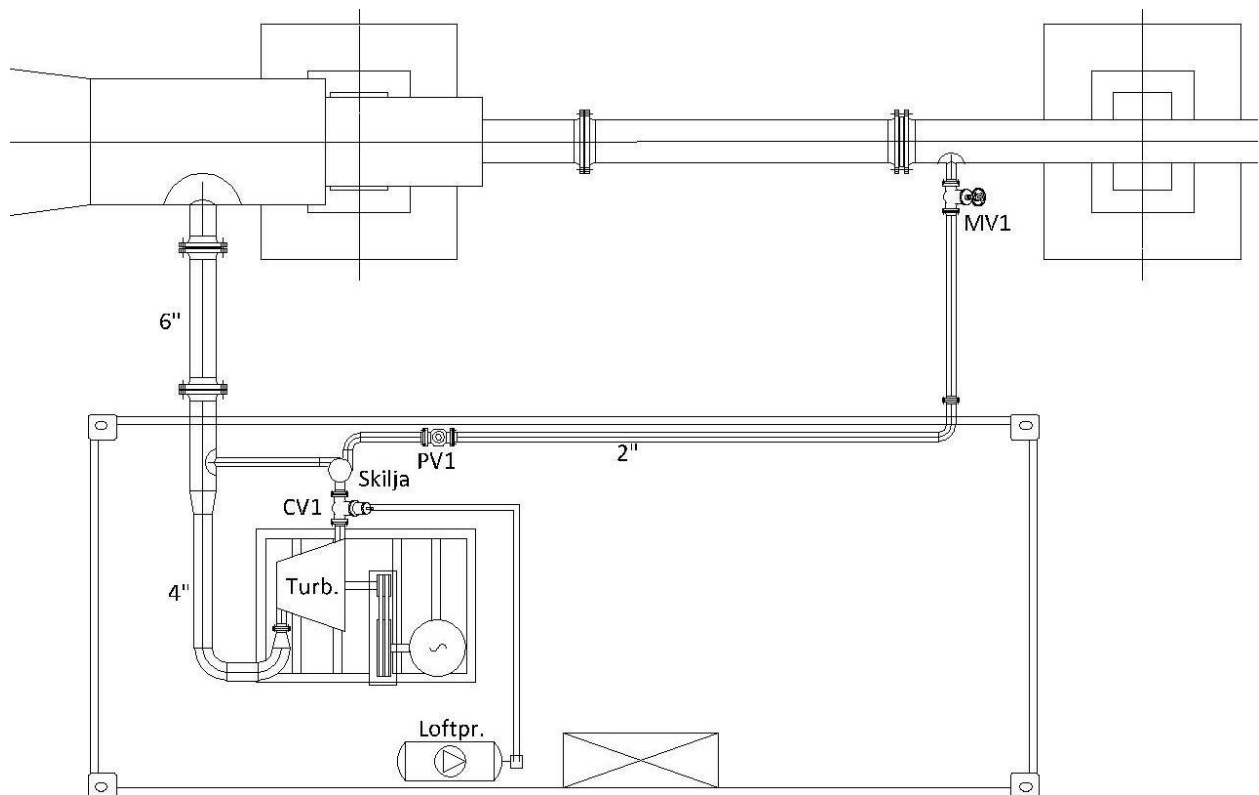
6.1. Breytingar.

Eins og áður sagði er gert ráð fyrir að búnaðurinn verði staðsettur í 20' gámaeiningu og með einföldum hætti verði hægt að tengja búnaðinn við útblásturlögnina og gera þær breytingar sem þarf til að hefja rafmagnsframleiðslu. Þær breytingar sem þarf að gera á núverandi hönnun útblásturslagna eru ekki miklar. Einungis þarf að staðsetja 2" úttak, með flangs, á 10" hljóðdeyfilögnina fyrir mælistútinn og annan 6" á hljóðdeyfinn frá túrbínu. Blindlok eru svo höfð á þessum stútum þegar holan er í blæstri án rafmagnsframleiðslubúnaðar. Þegar tengja á búnaðinn eru lokin einfaldlega fjarlægð og búnaðurinn tengdur. Á úttakslögninni að gámnum er lagnabút með handvirka lokanum komið fyrir á milli flanga á lögninni og gámnum. Á sama hátt er lagnabút frá gámnum komið fyrir að auka-inntakinu inn á hljóðdeyfinn. Gert er ráð fyrir að sverleiki lagna að túrbínu sé 2" í þvermál en sverleikinn ræðst þó verulega af því hvaða túrbína verður fyrir valinu og þ.a.l. einnig stærð loka.



Mynd 20 Raforkubúnaður tengdur við útblásturbúnað borholu

Myndir 17 og 18 sýna grunnmynd af blástursbúnaði eftir að búið er að tengja gáminn með raforkuframleiðslubúnaði við útblásturslagnirnar. Einungis þarf að fjarlægja blindlok af aukastútumum frá lögn að túrbínu og inn á hljóðdeyfinn frá túrbínu og tengja tilheyrandi lagnir frá gámnum og inn á útblástursbúnaðinn.



Mynd 21 Raforkubúnaður, grunnmynd

7. Hugsanlegur kostnaður og ávinningur.

7.1. kostnaður.

Eftirfarandi kostnaðarútreikningar voru gerðir fyrir verkefnið. Gengið var út frá að stærðir á lokum og lögnum séu eins og á teikningu og í virknilyngu.

Nr.	Efni	Magn		Verð	Samtals
1	Loki 2" Þrýstiminnkari	1	stk	61.394 kr.	61.394 kr.
2	Loki 2" handstýrður	1	stk	62.750 kr.	62.750 kr.
3	Loki 2" stjórnloki loftstýrður	1	stk	78.438 kr.	78.438 kr.
4	Flans PN 16 6"	4	stk	7.533 kr.	30.132 kr.
5	Flans PN 16 2"	8	stk	2.703 kr.	21.624 kr.
6	Beygja 4"	2	stk	4.414 kr.	8.828 kr.
7	Beygja 2"	7	stk	3.769 kr.	26.383 kr.
8	Rör 168,3 x6,2	2	stk	8.770 kr.	17.540 kr.
9	Rör 114,3 x6,3	3	m	5.993 kr.	17.979 kr.
10	Rör 88,9 x6,4	7	m	4.897 kr.	34.279 kr.
11	Botnar 88,9	2	m	8.328 kr.	16.656 kr.
11	Samtals kostnaður				376.003 kr.

Tafla 7. Kostnaður loka, lagna og fittings.

Vörukaup ehf.

Samtals lokar, rör og fittings.

Kr. 376.003

Grímur ehf Vélsmiðja

Tilboð frá verktaka í suðu lagna og uppsetningu í gám.

Kr. 1.350.000

Hafnarbakki ehf

Tilboðsverð á gám í nokkuð góðu ástandi

kr. 250.000



Fossberg ehf

Tilboðsverð í loftpressu

kr. 130.993

- Kútur 50l
- Loftflæði 390 l inn - 285 l út
- Þrýstingur 10 bör
- Mótor 2,2kW/230 volt
- Þyngd 56 kg
- Stærð 810x430x795 mm
- Hljóðstyrkur 96 dB



Víkurraf ehf . Tölvustýringar, loftstýringar, töflukassar og rafbúnaður.

Tilboð , efni og vinna við uppsetningu.

Kr. 950.000

Marás ehf.

Tilboð, rafali 2 legu, 30 kw , 1500 sn/min

kr. 715.350

Boltar, þakningar og annað efni.

Kr. 70.000

Ófyrirséður kostnaður 20% af heild.

Kr. 768.469

Samtals kostnaður fyrir utan túrbínu.

Kr. 4.610.815

Mjög erfitt reyndist að fá upplýsingar um verð í túrbínur hjá framleiðendum enda um frekar sérhæfðar græjur að ræða og ef vel ætti að vera þarf að senda til þeirra mælingar á borholunum og sýni af efnasamsetningu eimsins svo hægt sé að full-hanna og ákvarða efnainnihald túrbínuhjóls. Höfundur fékk ekki með nokkru móti framleiðendur til að gefa grófa áætlun eða verðhugmynd og er þeirri tölu því sleppt í kostnaðarútreikningum. Leiða má þó líkum að því að verð slíkrar túrbínu geti verið á bilinu 1-3 milljónir, eftir því hvað gengið er langt í sérsmiði og efnisvali. Gera má því ráð fyrir að verkefnið kosti á bilinu 6-8 milljónir.



7.2. Ávinningur.

Höfundur telur að talsverður ávinningur geti verið af því að framleiða slíkan búnað og hefur þessum hugmyndum verið vel tekið af ýmsum aðilum sem starfa í jarðvarmabransanum og telja að áframhaldandi þróun þessa búnaðar sé áhugaverð. Slíkur búnaður muni klárlega getað komið sér vel við ýmsar aðstæður og þá sérstaklega á þeim svæðum sem ekki eru komin í fulla nýtingu inn á veitu og á afskektum svæðum þar sem of kostnaðarsamt yrði að leggja raforku streng að svæðunum.

Ekki er endilega víst að helsti ávinningurinn sé fjárhagslegur, nema til lengri tíma litið, en frekar sé um að ræða ávinning í formi nýtingarmöguleika, en eins og kom fram í inngangi verkefnisins geta möguleikar á fjareftirliti og fjarsendingum á mæligögnum o.þ.h. auk frekari möguleika á að hafa borholur í blæstri á óhefðbundnum tímum ársins eins og yfir há-veturinn þegar ófærð hamlar mönnum aðgang að svæðunum. Fjárhagslegur ávinningur mun svo aukast ef raforkuþörfin eykst á svæðunum og hægt verður að stækka búnaðinn og framleiða meira. Höfundur telur að takmörk séu samt á því hvað það borgar sig að hafa þennan búnað stóran því við skölun stækkar og þyngist búnaðurinn svo erfiðara veður að flytja hann á milli staða, en að auki hleypur kostnaðurinn fljótt upp við stækkun túrbínu og rafala.

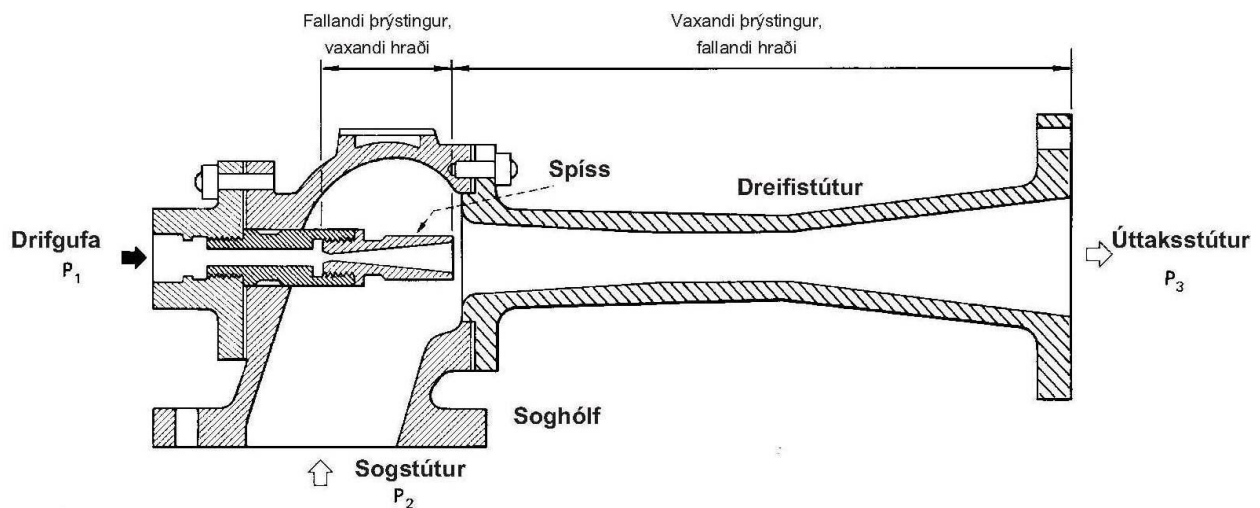
8. Aðrar hugmyndir.

Við upphaf þessa verkefnis gerði höfundur ráð fyrir að fara allt aðra leið til að ná settu markmiði við að nýta gufuaflað til raforkuframleiðslu. Ætlunin var að staðsetja gufuþeysi inn á útblásturlagnir gufuborhola og framkalla með því undirþrýsting og loftflæði í göngum og staðsetja blásara inn á lögnina til að snúa rafala til raforkuframleiðslu. Ýmsar gerðir af þessum eru til á markaði og taldi höfundur að það yrði ekki vandkvæðum bundið að finna einn slíkan sem gæti afkastað þessu, með svo gríðarlegt magn af gufu og svo öflugt massastreymi. Var höfundur búinn að eyða talsverðum tíma í að safna gögnum og vinna úr þeim. Þessi leið reyndist þó ekki vera svo auðfarin þar sem ekki reyndist svo auðvelt að fá haldbærar upplýsingar frá framleiðendum þessa og fannst þeim þessi hugmynd vera mjög svo óhefðbundin leið í nýtingu þessa og framleiðendur skildu hreinlega ekki hvað höfundur var að fara með þessum hugmyndum. Við frekari skoðun og rannsóknir á gufuþeysum komst

höfundur svo að því að þeysar eru hreint ekki svo einfaldar græjur þó svo þeir beri það ekki með sér að vera neitt sérstaklega flókinn búnaður en eins og einn framleiðandinn sagði “Hlutföll þeysa eru í raun svo flókin að það er einungis hægt að reikna út afköst þeysa upp að vissu marki. Restin er svo tilraunir og prófanir“ Höfundi finnst þessi hugmynd eftir sem áður mjög áhugaverð og það væri mjög svo spennandi að gera tilraunir með þetta við þessar aðstæður og sjá hversu miklu afli væri hægt að ná út úr kerfinu með slíkum búnaði og er höfundur vís með að ráðast í það við tækifæri. Eftirfarandi er úrdráttur um þeysa sem tekin var úr verkefninu áður en höfundi fannst rétt að falla frá þessari hugmynd og notast við hefðbundna gufutúrbínu í staðinn.

Þeysar.

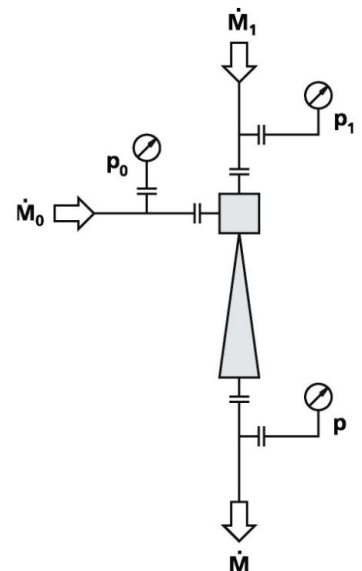
Þeysir er handtækur búnaður sem getur verið þægilegt að nota við ýmsar aðstæður þar sem áraun getur verið mikil en kosturinn við að nota slíkan búnað er að hann er viðhaldslítill, en í honum er engin hreyfanlegur vélbúnaður með slitflötum, hann missir aldrei sögið á meðan flæði er viðhaldið í gegnum hann og þeysa er hægt að fá úr mismunandi efnum sem henta vel við misjafnar aðstæður. Margir framleiðendur þeysa bjóða upp á að sérsníða þeysa eftir þörfum viðskiptavina og verkefnum.



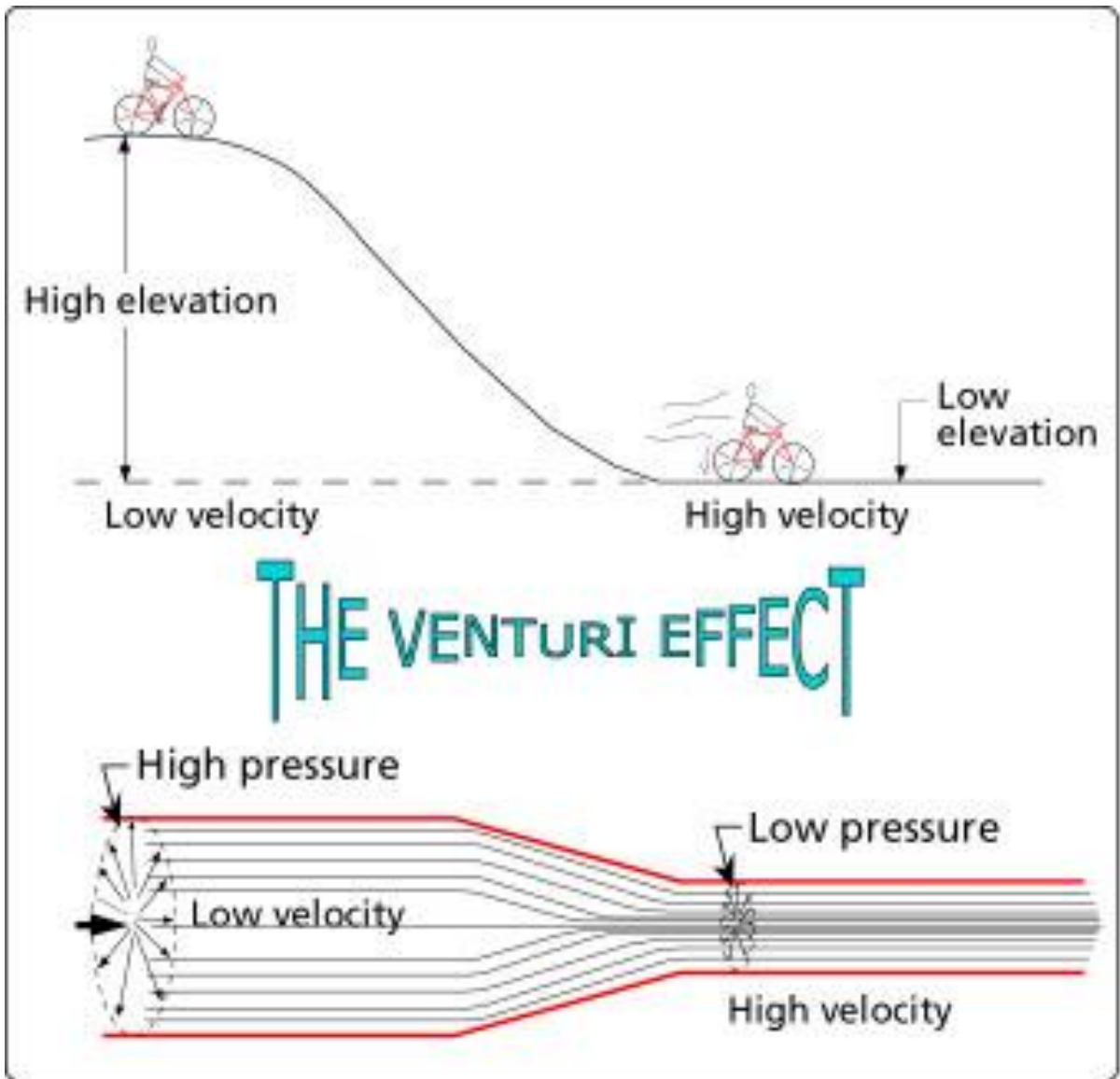
Mynd a. Algeng og hefðbundin hönnun á gufuþeysi.

Gufuþeysir er útbúnaður sem notar hreyfingu eða streymi til að færa til loft, gas eða vökvamassa og er notaður við ýmiskonar iðnaðarframleiðslu víða um heim. Segja má að þeysir sé í raun dæla sem flytur massa sem er lágþrýstur með breytingu á hraða og þrýstingi háþrýsts massa, t.d. gufu eða lofts. Í þessu verkefni er um að ræða gufu sem drifmassa. Mesta fræðilega þrýstihlutfall sem hægt er að ná með einum þeysi er gróflega 10:1 og getur því verið nauðsynlegt að nota fleiri þrep til að ná settu marki. Með því að raðtengja marga þeysa er möguleiki á að ná þrýstingi niður í allt að 75 mikron Hg (0,1 mbar_{abs}) jafnvel allt upp í 6 þrepa kerfi. Á mynd a má sjá uppbyggingu á hefðbundnum þeysi en hann er samsettur úr þremur meginhlutum þ.e. inntaksdísu eða spíss, soghólfi eða blöndunarhólfi og dreifistút. Drifmassanum eða gufunni er beint í gegnum dísuna inn í soghólfið en þar eykst hraði gufunnar upp fyrir hljóðhraða og gerir dæmigerð hönnun ráð fyrir að hraðinn nái u.þ.b. 1000 m/s þegar þrýstingur fellur. Í soghólfinu verður svo blöndun á drifmassanum og sogmassanum sem kemur frá sogstútnum. Blandan fer svo áfram í gegnum dreifistút þeysisins en þar minnkar hraðinn og þrýstingurinn eykst. Algengt þjöppunarhlutfall á milli sogstúts og úttaksstúts, þ.e. P_3/P_2 er 10:1 en getur orðið allt að 20:1 þannig að þrýstisvið í einum þeysi getur verið frá 0,1 bar_{abs} til 1 bar_{abs}.

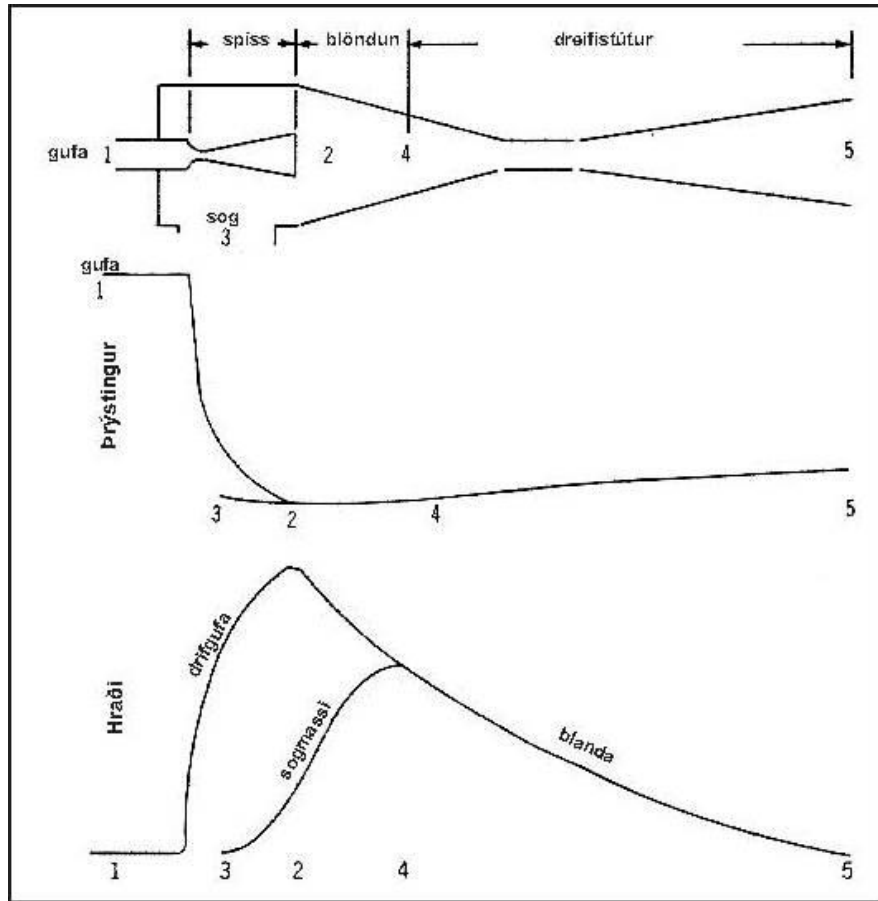
Mynd b sýnir virkni þeysa, þ.e. að mismunur er á þrýsting og massastreymi í þeysinum. M_1 er massastreymi drifgufunnar og P_1 er þrýstingur á drifgufunni við spíssinn. M_0 er massastreymi við sogstút á þeim massa sem verið er að dæla, P_0 er þrýstingurinn á þeim massa. M er massastreymið við útblástursstút þeysisins þar sem drifmassi og sogmassi hafa blandast, P er þrýstingurinn á þeim sameiginlega massa við útblásturinn. Í raun má segja að sogáhrifin verði til vegna svokallaðra Venturi áhrifa í þeysinum, þ.e. vegna þrýstings og hraðabreytingar í spíssinum. Á mynd c má sjá einfalda skýringu hvað Venturi áhrifin ganga út á. Þar sem spíssinn þrengist eykst hraðinn og þrýstingurinn minnkar og myndast þá sogáhrifin við soginntakið. Á mynd d má sjá hraða og þrýstibreytingu í þeysi en þar sést einnig greinilega hvar áhrifin eiga sér stað í þeysinum.



Mynd b. Einlínummynd af þeysi



Mynd c. Venturi áhrif í þessi.



Mynd d. Hraða og þrýstingsbreyting í þeysi.

Engin almenn regla gildir fyrir þrýstingsbreytinguna sem á sér stað í þeysinum þar sem hlutföllin eru frekar flókin og því aðeins hægt að byggja á útreikningum upp að vissu marki.

Ekki er vitað til þess að þeysir hafi verið notaðar við viðlíka aðstæður áður líkt og þetta verkefni gengur út á. Því getur reynst erfitt að heimfæra útreikninga sem framleiðendur gefa upp yfir á þá virkni sem leitast er eftir og ekki er að sjá að þeyсар almennt séu gerðir fyrir slíkt massastreymi eða rennlishraða sem er í útblásturslögnum gufuborhola. Streymishraðinn og gufumagnið er þó talið lykillinn að því að ná miklum sogmassa svo unnt sé að snúa rafala undir álagi. Ákveðinn möguleiki er þó fyrir hendi að stýra streyminu að einhverju leiti með því að fullopna ekki lokann út á útblásturslögna en hætta getur skapast á því að gufan grafi sætin og tungu lokans með tímanum ef hann er ekki fullopin svo betra er að stýra streyminu með öðrum hætti, t.d. með því að nota greinistykki, þ.e. að taka marga litla loka út úr kistu þannig að

fullt streymi náist með alla loka opna og minnka svo streymið í þrepum með því að loka einum og einum loka eftir því sem við á.

Prepaskipt gufuþeysikerfi.

Þrýstingurinn við spíssinn og massastreymið er það sem ræður afköstum og dælugetu. Ef óskuð dælugeta næst ekki með einum þeysi er hægt að nota fleiri þeysa eða fjölþrepa þeysikerfi. Með því að nota fjölþrepa þeysikerfi er mest hægt að ná þjöppunarhlutfalli þeysis í milliþrepunum í 15:1. Við uppbyggingu fjölþrepa þeysikerfa er algengt að komið sé fyrir kælum á milli þeysa til að þétta gas og gufu í millistigunum og breyta þar með mólmassa sogmassans og auðvelda þar með dælingu. Er þá hægt að spara drifmassa á móti í næstu þrepum. Við hönnun á gufuþeysikerfum þurfa nokkrar upplýsingar að liggja fyrir.

- Sogmassi. Samsetning og mólmassi.
- Nauðsynlegt sogmagn. Heildarstreymi sogmassa. Gera þarf ráð fyrir leka inn í kerfið eða koma í veg fyrir hann.
- Nauðsynlegur sogþrýstingur. Sogþrýstingur hefur áhrif á fjölda þrepa, magns drifguflu og kælivatns.
- Drifmassi. Við aukinn þrýsting drifmassans minkar magnið.
- Kælivatn. Ef notaðir eru millikælar milli þrepa í þeysikerfi þarf hitastig, magn og þrýstingur að liggja fyrir.

Hitastigið á sogmassanum hefur almennt mjög lítil áhrif á afköst kerfisins nema það fari niður fyrir 0°C en þá þarf að gæta þess að ekki frjósi í þeysunum. Vert er að hafa þetta í huga við þær aðstæður sem þessi tiltekni búnaður er ætlaður þar sem lofthiti getur farið talsvert niður fyrir frostmark í langan tíma yfir veturinn á borsvæðunum.

Í verkefninu átti að gera ráð fyrir að skoða fyrst hvort hægt sé að ná upp nægjanlega miklu soga með einungis einum þeysi. Er það gert til að freista þess að hafa framleiðslueininguna eins litla og meðfærilega og hægt er. Ekki þykir gerlegt að gera ráð fyrir vatnskældum millikælum í þeysikerfi þar sem kælivatn er oft af skornum skammti á flestum borsvæðum og hverfandi líkur að það sé sjálfrennandi og ekki er grundvöllur fyrir dælingu. Möguleiki er þó fyrir hendi að nota

loftkælda varmaskipta þar sem lofthiti er í flestum tilfellum frekar lágur á borsvæðunum sem eru yfirleitt í talsverðri hæð yfir sjávarmáli.

Höfundur telur að mjög fróðlegt hefði verið að sjá hvort þessi hugmynd hefði skilað tilætluðum árangri og hvort kostnaðurinn við þessa aðferð hefði verið lægri, en sá liður mun án efa skipta miklu varðandi það hvort haldið verði áfram með hugmyndir um orkunýtingu beint frá gufuborholum sem ekki er búið að tengja inn á veitukerfi virkjana.

9. Samantekt.

Í þessu verkefni er farið yfir hugmyndir um orkunýtingu gufuborhola þ.e. hvort möguleiki sé á að nýta hluta af þeirri miklu orku sem í dag fer óbeislað út í loftið áður en borholurnar eru tengdar veitukerfunum. Höfundur telur að ýmsir möguleikar séu fyrir hendi fyrir eigendur borholanna, mælingamenn og verktaka sem starfa við uppsetningar og viðhald borholubúnaðar. Ein af forsendum í verkefninu eru að hanna kerfi sem hægt er með einföldum hætti að tengja inn á útblástursbúnað gufuborhola og framleiða raforku sem hægt væri að nýta til ýmissa verka á nærsvæðum borhola svo ekki þurfi að tengja svæðin við rafveitu, sem oft er í margra kílómetra fjarlægð, eða keyra dísilrafstöðvar með tilheyrandi mengun og sóðaskap á viðkvæmum landsvæðum. Við gerð verkefnisins er stuðst við rannsóknar gögn frá Ísor og notuð eru reiknilíkön fyrir túrbínur við massa og rúmmálsstreymis útreikninga og afkastaparfragreiningu. Einnig nýttust slík reiknilíkön við stærðarútreikninga fyrir skilju, en hönnunarferli við gufukerfisútreikninga byggir mjög mikið á slíkum líkönum. Reynslutölur eru óspart notaða í slíkum hönnunum þar sem fræðilegir útreikningar eru mjög flóknir og oft erfiðir þar sem hinir mörgu fasar og mismundandi ástand gufunnar geta flækt málin verulega og er því mjög dýrmætt að hafa góðan reynslubanka við höndina þegar farið er í slíka hönnun.



10. Lokaorð.

Við upphaf verkefnisins ætlaði höfundur að fara aðra leið í við orkunýtingu og var kominn vel á veg með þá hugmynd sem var, eins og áður hefur komið fram að nýta gufuþeysi til að framkalla loftflæði í göngum og draga loft í gegnum blásara sem snúa átti rafalanum. Þegar til kastanna kom reyndist mjög erfitt að fá upplýsingar um þennan þeysabúnað auk þess sem slíkt kerfi er miklu mun flóknara en höfundi óraði fyrir. Framleiðendur töldu höfund væntanlega vera gengin af göflunum, að óska eftir gufuþeysi en ekki túrbínu með allan þennan gufumassa til að nýta og þráuðust mjög við að veita svo furðulegum manni upplýsingar um þennan búnað. Verkefnið breyttist því á vinnslutímanum og taldi höfundur að nú væri hann kominn á beinu brautina með þetta og einfalt yrði að hanna slíkan búnað. Höfundur komst hinsvegar að því að streymisfræði gufunnar er talsvert flóknari en honum hafði grunað og gufukerfishönnun byggir mjög mikið á reynslu og reynslutölum sem fengist hafa með áralangri nýtingu gufuafis um allan heim. Því getur það reynst erfitt fyrir óreynda að stökkva út þá djúpu laug og ætla sér að gera stóra hluti með einföldum hætti. Höfundur fékk nasasjón af þessu við vinnslu þessa verkefnis og ekki er ólíklegt að útfæra þurfi verkefnið örlítið betur áður en það fer til framkvæmda, þó svo að höfundur sé á því að hugmyndin sé góð og gæti nýst til góðra verka í framtíðinni. Ýmsir aðilar í orkugeiranum hafa sýnt þessari hugmynd mikinn áhuga og hefur höfundur fengið mikla hvatningu til að halda áfram með hugmyndina og gera frekari tilraunir með þetta á vettvangi og hugmyndin um að nota þeysi heillar marga enda væri það mjög fróðlegt að athuga hvort slíkt gengi upp og hægt væri að spara sér dýrar túrbínur.



11. Myndaskrá.

- Mynd 1. Hringrás jarðvarma.....bls. 13
- Mynd 2. Dreifing & skipting há & lághitasvæða á Íslandi.....bls. 13
- Mynd 3. Kröfluvirkjun.....bls. 14
- Mynd 4. Bjarnarflag.....bls. 14
- Mynd 5. Þeistareykir.....bls. 15
- Mynd 6. Jarðfræðikort af Þeistareykja svæðinu.....bls. 16
- Mynd 7. Viðnámsmælingar á Þeistareykja svæðinu.....bls. 17
- Mynd 8. Mismunandi aðferðir við borun.....bls. 19
- Mynd 9. Gufuborholutoppur.....bls. 20
- Mynd 10. Borholutoppur 3D.....bls. 22
- Mynd 11. Grunnmynd blásturbúnaður.....bls. 23
- Mynd 12. Gufuskilja.....bls. 24
- Mynd 13. Mælibúnaður gufustreymis.....bls. 25
- Mynd 14. Kaplan túrbína.....bls. 29
- Mynd 15. Skrúfudæla.....bls. 29
- Mynd 16. Kerfismynd.....bls. 39
- Mynd 17. Handstýrur gufuloki.....bls. 41
- Mynd 18. Loftstýrður gufustjórnloki.....bls. 42
- Mynd 19. Þrýstiminnkari fyrir gufu.....bls. 43
- Mynd 20. Grunnmynd af búnaði.....bls. 45
- Mynd 21. Grunnmynd af búnaði.....bls. 46
- Mynd a. Gufuþeysir.....bls. 50
- Mynd b. Einlínmynd af þeysi.....bls. 51
- Mynd c. Venturi áhrif í þeysi.....bls. 52
- Mynd d. Hraða og þrýstingsbreyting í þeysi.....bls. 53



12. Töfluskrá

- Tafla 1. Partalisti borholutoppur.....bls. 21
- Tafla 2. Áætluð aflþörf netenda.....bls. 30
- Tafla 3. Mælingar borhola á þeistareykjum.....bls. 31
- Tafla 4. Gufutafla A-3.....bls. 35
- Tafla 5. Efnistöð fyrir kerfið.....bls. 40
- Tafla 6. Stærðarútreikningar fyrir gufuskilju.....bls. 44
- Tafla 7. Kostnaður búnaðar.....bls. 47

13. Heimildaskrá

- Orkustofnun. (2012a), (2012b), (2012c). Bjarnarflag | Háhitasvæði | Jarðhitasvæði á Íslandi | Jarðhiti | Orkustofnun. fengið af heimasíðu <http://os.is/jardhiti/jardhitasvaedi-a-islandi/hahitasvaedi/bjarnarflag/>
- Guðmundur Pálmason, Jarðhitabók, 2005: 76
- Guðmundur Pálmasson, Jarðhitabók, 2005:86-87,132-133
- A2- Hugmyndalíkan Ísor, Mannvit, Vatnaskil. Júní 2008
<http://peistareykir.is/page/skyrslur-og-greinar-2010>



14. Viðaukar.

A. Lokar.

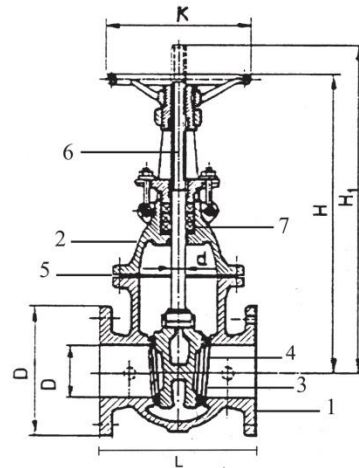


GATE VALVE

620762

PN 16

No	Part	Material
1	Body	Cast steel GSC25
2	Bonnet	Cast steel GSC25
3	Disc ring	Stainless steel X20Cr13
4	Seat ring	Stainless steel X20Cr13
5	Packing	Graphite
6	Stem (rising)	Stainless steel X20Cr13
7	Glandpacking	Graphite
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		



Variants:

With drain plug

Various actuators

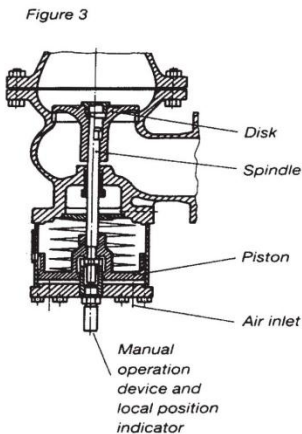
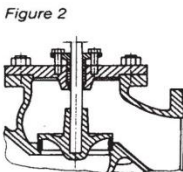
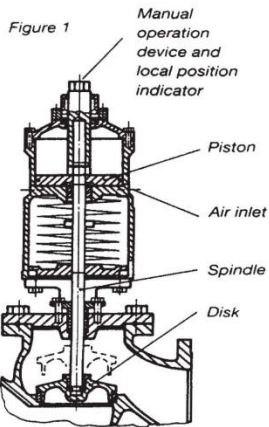
Non rising stem

Other dimensions/materials on request

DN	D	n	Hcd	d	L	Hmax	Max working-pressure		Weight Kg
							Mpa 120 °C	Mpa 400 °C	
40	150	4	110	18	240	370	1,6	0,8	22,0
50	165	4	125	18	250	400	1,6	0,8	27,0
65	185	4	145	18	270	520	1,6	0,8	37,0
80	200	8	160	18	280	570	1,6	0,8	45,0
100	220	8	180	18	300	610	1,6	0,8	58,0
125	250	8	210	18	325	735	1,6	0,8	86,0
150	285	8	240	22	350	880	1,6	0,8	110,0
200	340	12	295	22	400	1020	1,6	0,8	183,0
250	405	12	355	26	450	1240	1,6	0,8	270,0
300	460	12	410	26	500	1390	1,6	0,8	373,0
350	520	16	470	26	550	1670	1,6	0,8	465,0
400	580	16	525	30	600	1960	1,6	0,8	620,0
500	715	20	650	33	700	2350	1,6	0,8	1010



Pneumatic Globe Valve - MESON -



Pneumatically-operated straight and angle valves (TYPE PV)

Figure 1 depicts the construction of a straight valve with the disk fixed to the spindle.

The construction of the actuator, disk and seat are identical in the single valve.

The valves are two position valves (open/closed).

The disk is shaped to ensure gentle opening and closing of the valve, and thus gentle acceleration and deceleration of the fluid flow.

The valve can be fitted in any position.

Fluid can flow from the lower or upper side of the disk, if the actuator is able to:

* Open the valve, using 6-7 bar pressure, against the highest pressure that can occur on the upper side of the valve disk.

* Keep the valve closed, using the spring force, against the highest pressure that can occur on the lower side of the valve disk.

Figure 2 shows the construction of the disk, including the check valve function. (Construction of all other elements as in Figure 1).

A valve with a check valve function must be fitted with the actuator upright.

Free flow is possible only from the lower side of the disk. If back flow tends to take place after the valve is opened, the disk, which moves longitudinally on the spindle, will close in the flow path.

Actuator size	1	3	5	6
Air consumption per stroke (L)	2.5	8.5	17.5	23

The air consumption of the actuators at 6 bar pressure is given in the adjoining table in litres free air/stroke. Actuators are equipped with a device for opening the valves manually.

The dimensions of the valve actuator assemblies, as well as the pressure available are listed in Table 1.



Pneumatic Globe Valve - MESON -

Table 1 / TYPE PV

Nominal size DN	Actuator size	D	L	L ₁	Fixed disk type				Check valve function		
					H	H ₁	Pressure bar		H	H ₁	Pressure bar
							P ₁ ¹⁾	P ₂ ²⁾			
25	1	115	160	100	434	416	6.5	16	423	405	16
40		150	200	115	446	423	3.5	8.5	434	411	10
50		165	230	125	485	438	3.5	4.5	467	420	6.8
65		185	290	145	477	439	2.5	2.3	457	419	3.7
80		200	310	155	505	458	1.9	1.3	486	439	2.2
100	220	350	175	525	467	1.2	0.8	513	455	1.2	
65	3	185	290	145	594	556	5.5	8.5	569	531	12
80		200	310	155	622	575	5	5.5	598	551	7.5
100		220	350	175	652	594	4	3	625	567	4.5
125		250	400	200	670	605	3	1.5	640	575	2.5
150		285	480	225	695	620	2	1	675	600	1.5
80	200	310	155	697	650	6	12	663	616	16	
100	220	350	175	727	669	5.5	7.5	690	632	10	
125	5	250	400	200	745	680	4.5	4.5	705	640	6.5
150		285	480	225	775	700	3.5	3	740	665	4
200		340	600	275	-	-	-	-	805	710	2
250		395	730	325	-	-	-	-	864	755	1
150	6	285	480	225	894	819	1.6	4.8	859	784	5.5
200		340	600	275	969	874	2	2.4 ³⁾	924	829	2.9
250		395	730	325	1013	904	1.1	1.8 ³⁾	983	874	2 ³⁾
300		445	850	375	-	-	-	-	1074	924	1.3 ³⁾

1) P₁ is the maximum pressure on the upper side of the disk, against which the actuator can open the valve at 6 bar air pressure. The pressure on the lower side of the disk is assumed to be zero.

2) P₂ is the maximum pressure on the lower side of the disk, against which the springs in the actuator are capable of keeping the valve closed. The pressure on the upper side of the disk is assumed to be zero.

3) At 7 bar air pressure

Pneumatically-operated angle valves for branch piping, including an adapter for the main pipe (TYPE R)

Figure 3 shows the construction of the valve and actuator.

The valve is a two-position valve (open/closed), which can be fitted in any position.

Fluid can flow from the lower or upper side of the disk, if the actuator is able to:

* Open the valve, using 6-7 bar pressure, against the highest pressure that can occur on the upper side of the valve disk.

* Keep the valve closed, using the spring force, against the highest pressure that can occur on the lower side of the valve disk.

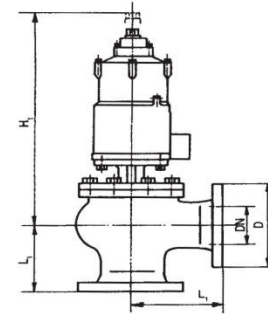
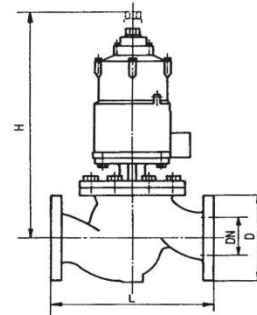
The valve is also available with a check valve function. In this case, the valve must be fitted with the actuator facing downward. Free flow is only possible from the branch pipe to the main pipe.

The actuator is equipped with a device for opening the valve manually.

The air consumption of the actuators at 6 bar air pressure is expressed in litres free air/stroke, or 3.5 l for a size 3 actuator and 10 l for a size 5 actuator.

The dimensions of the valve/actuator/adapter assemblies are listed in Table 2.

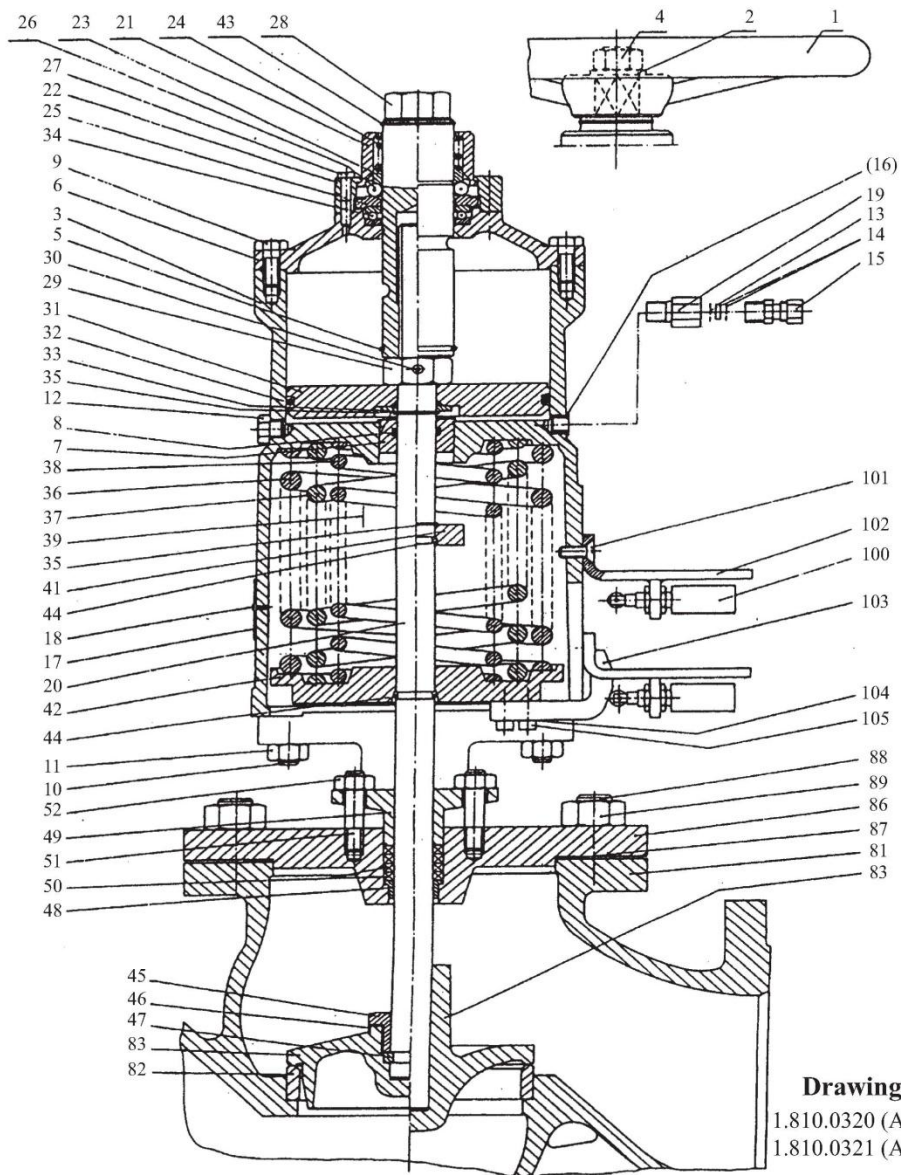
Other types of adapters are also available.





PART LIST PV-H

Actuator no.1-6



Drawing no.
1.810.0320 (Act. 1-5)
1.810.0321 (Act. 6)



PART LIST PV-H

Actuator no.1-6

Drawing no. 1.810.0320 (Act. 1-5)

Drawing no. 1.810.0321 (Act. 6)

Ref. N:o	Part	Quant./Valve		Material
		Fixed cone	Non return cone	
1	Hand wheel	(1)	(1)	Cast iron
2	Washer	(1)	(1)	Steel
3	Cylinder	1	1	Cast iron
4	Nut (wing)	(1)	(1)	Steel
5	O-shaped snap ring	1	1	Spring bronze
6	Cylinder cover	1	1	Cast iron
7	Bushing	1	1	Brass
8	O-ring	2	2	Synthetic rubb.
9	Bolt	4	4	Steel
10	Stud bolt	4	4	"
11	Nut	4	4	"
12	Plug	1	1	Brass
13	Throttle piece	1	1	"
14	Filter	2	2	"
15	Pipe fitting	1	1	Steel
17	Label	1	1	Al. oxidized
18	Rivet	2	2	Brass
19	pipe fitting	1	1	"
20	Spindle	1	1	Stainless steel
21	Sliding bushing	1	1	Steel
22	Stop bushing	1	1	"
23	Stop ring	1	1	"
24	Spring	1	1	Spring steel
25	Ball ring	1	1	Steel
26	Steel ball	11/15/17	11/15/17	"
27	Slotted screw	4	4	"
28	Operating bushing	1	1	"
29	Nut	1	1	"
30	Locking screw	1	1	"
31	Piston	1	1	"
32	O-ring	1	1	Synthetic rubb.
33	Washer	1	1	Steel
34	Ball bearing	1	1	"
35	Snap ring	1	½	"



PART LIST PV-H

Actuator no.1-6

Drawing no. 1.810.0320 (Act. 1-5)

Drawing no. 1.810.0321 (Act. 6)

Ref. N:o	Part	Quant./Valve		Material
		Fixed cone	Non return cone	
36	Comp. spring	1	1	Spring steel
37	"	1	1	"
38	"	1	1	"
39	"	1	1	"
41	Stop ring	-	-/1	Steel
42	Spring disc	1	1	"
43	Snap ring	1	1	"
44	O-shaped snap ring	1	½	Spring bronze
45	Lid fixing screw	1	-	Brass
46	Locking washer	1	-	"
47	Split ring	1	-	Stainless steel
48	Bottom ring	1	1	Brass
49	Box gland	1	1	Bronze
50	Packing	4	4	Grafoil ribb.pack
51	Stud bolt	2	2	Stainless steel
52	Nut	2	2	Brass
81	Valve body	1	1	Cast iron/-steel/ -bronze
82	Seat	1	1	Bronze
83	Cone	1	1	"
86	Body cover	1	1	Cast iron/-steel/ -bronze
87	Gasket	4/8	4/8/10	Steel
89	Nut	4/8	4/8/10	"
100	El.pos.detector		2	Polyamide
101	Slotted screw		4	Brass
102	Shield plate		2	Steel
103	Guide		1	"
104	Spring washer		2	Spring steel
105	Screw		2	Steel



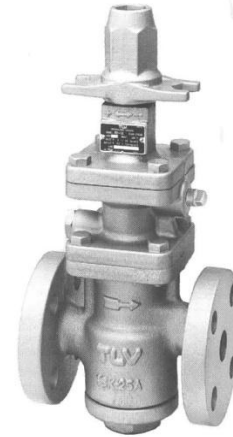
STEAM VALVE

Pressure reduction valve

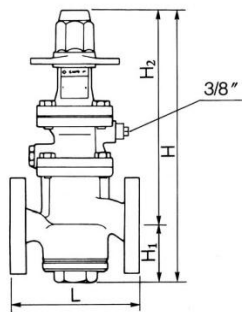
921602

Technologically advanced fluid control valve.

1. The patented self-aligning and shockabsorbing spherical piston holds the set pressure within $\pm 0,1$ bar.
2. The valve is unaffected by varying primary pressure and fluctuating flow rates.
3. Major internal components of stainless steel.
4. Wide pressure range and large capacity.
5. Internal primary and secondary pressure sensing channels make external sensing lines unnecessary for most applications.



Model	COSR-16
Connection	Flanged
Size	DN15-DN150
Body material	Ductile Cast iron (GGG 40,3)
Operating Pressure (barg)	2-16
Maximum Operating Temperature (°C)	220
Pressure Adjustment Range (barg)	0,3-13,4
Maximum Reduction Ratio	10-84% (Maximum pressure differential must be less then 8 bar)
Minimum Adjustable Flow Rate	5% of rated flow rate DN65-DN150: 10% of rated flow rate



Flang Standard DIN 2501 PN 25/40.
Other Flange Standards available

DN	L	H	H1	H2	Weight kg
15	130	367	72	295	10
20	150	367	72	295	11
25	160	360	75	285	13
32	180	395	86	309	19
40	200	395	80	315	20
50	230	425	100	325	27
65	290	538	126	412	57
80	310	538	126	412	58
100	350	607	185	422	87
150	480	817	275	542	20

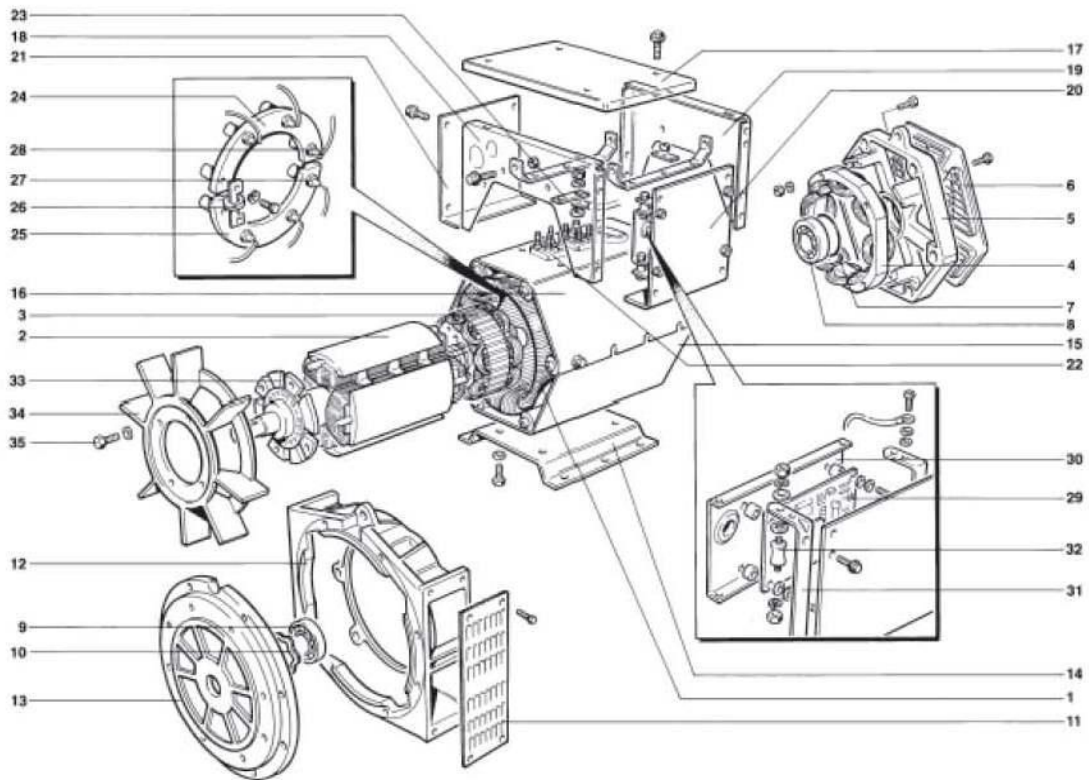


B. Rafali.

STAMFORD

TYPICAL TWO BEARING GENERATOR

Fig. 9.
TYPICAL TWO BEARING GENERATOR





PARTS LIST
TYPICAL TWO BEARING GENERATOR

Plate Ref.	Description
1	Stator
2	Rotor
3	Exciter Rotor
4	Exciter Stator
5	N.D.E. End bracket
6	Cover N.D.E.
7	Bearing 'O' Ring N.D.E.
8	Bearing N.D.E.
9	Bearing D.E.
10	Bearing Wave Washer D.E.
11	D.E. Screen
12	D.E. Adaptor
13	D.E. End bracket
14	Foot
15	Frame Cover Bottom
16	Frame Cover Top
17	Terminal Box Lid
18	End panel D.E.
19	End panel N.D.E.
20	Side Panel (AVR)
21	Side Panel
22	Main Terminal Panel
23	Terminal Link
24	Main Rectifier Assembly - Forward
25	Main Rectifier Assembly - Reverse
26	Varistor
27	Diode Reverse Polarity
28	Diode Forward Polarity
29	AVR
30	AVR Mounting Plate
31	AVR Mounting Bracket
32	AVM
33	Fan Hub
34	Fan
35	Fan Securing Screw

BCI182K WINDING 311

STAMFORD

CONTROL SYSTEM	SELF EXCITED		
A.V.R.	STANDARD SX460	OPTIONAL AS440	
VOLTAGE REGULATION	± 1.0 %	± 1.0 %	
SUSTAINED SHORT CIRCUIT	SELF EXCITED MACHINES DO NOT SUSTAIN A SHORT CIRCUIT CURRENT		

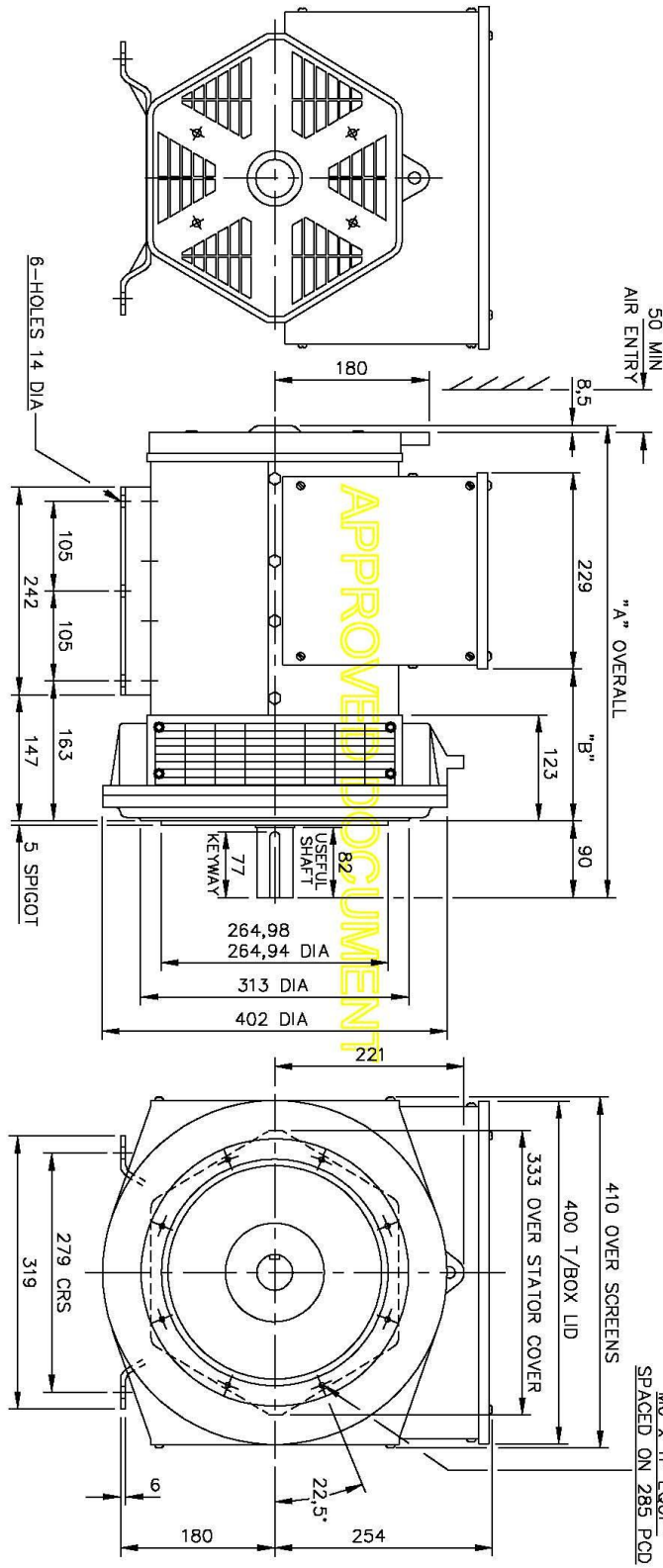
INSULATION SYSTEM	CLASS H		
PROTECTION	IP23		
RATED POWER FACTOR	0.8		
STATOR WINDING	DOUBLE LAYER CONCENTRIC		
WINDING PITCH	TWO THIRDS		
WINDING LEADS	12		
STATOR WDG. RESISTANCE	0.169 Ohms PER PHASE AT 22°C SERIES STAR CONNECTED		
ROTOR WDG. RESISTANCE	1.535 Ohms at 22°C		
EXCITER STATOR RESISTANCE	20 Ohms at 22°C		
EXCITER ROTOR RESISTANCE	0.105 Ohms PER PHASE AT 22°C		
R.F.I. SUPPRESSION	BS EN 61000-6-2 & BS EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others		
WAVEFORM DISTORTION	NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%		
MAXIMUM OVERSPEED	4500 Rev/Min		
BEARING DRIVE END	BALL. 6309 - 2RS. (ISO)		
BEARING NON-DRIVE END	BALL. 6306 - 2RS. (ISO)		

	1 BEARING				2 BEARING			
WEIGHT COMP. GENERATOR	159 kg				166 kg			
WEIGHT WOUND STATOR	80.67 kg				80.67 kg			
WEIGHT WOUND ROTOR	45.75 kg				46.53 kg			
WR ² INERTIA	0.1397 kgm ²				0.1397 kgm ²			
SHIPPING WEIGHTS in a crate	169 kg				176 kg			
PACKING CRATE SIZE	64 x 54 x 72 (cm)				64 x 54 x 72 (cm)			
	50 Hz				60 Hz			
TELEPHONE INTERFERENCE	THF<2%				TIF<50			
COOLING AIR	0.254 m ³ /sec 538 cfm				0.304 m ³ /sec 644 cfm			
VOLTAGE SERIES STAR	380/220	400/231	415/240	440/254	416/240	440/254	460/266	480/277
VOLTAGE PARALLEL STAR	190/110	200/115	208/120	220/127	208/120	220/127	230/133	240/138
VOLTAGE SERIES DELTA	220/110	230/115	240/120	254/127	240/120	254/127	266/133	277/138
kVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES	37.5	37.5	37.5	36.2	44.3	46.9	46.9	46.9
X _d DIR. AXIS SYNCHRONOUS	2.898	2.616	2.430	2.087	3.480	3.293	3.013	2.767
X' _d DIR. AXIS TRANSIENT	0.293	0.265	0.246	0.211	0.340	0.322	0.294	0.270
X ^{''} _d DIR. AXIS SUBTRANSIENT	0.179	0.161	0.150	0.129	0.240	0.227	0.208	0.191
X _q QUAD. AXIS REACTANCE	1.467	1.324	1.230	1.056	1.760	1.666	1.524	1.400
X ^{''} _q QUAD. AXIS SUBTRANSIENT	0.330	0.298	0.277	0.238	0.400	0.379	0.346	0.318
X _L LEAKAGE REACTANCE	0.058	0.053	0.049	0.042	0.100	0.095	0.087	0.080
X ₂ NEGATIVE SEQUENCE	0.262	0.237	0.220	0.189	0.320	0.303	0.277	0.254
X ₀ ZERO SEQUENCE	0.130	0.117	0.109	0.094	0.149	0.141	0.129	0.118
REACTANCES ARE SATURATED					VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED			
T _d TRANSIENT TIME CONST.	0.0165 s							
T _{'d} SUB-TRANSTIME CONST.	0.0041 s							
T _{do} O.C. FIELD TIME CONST.	0.338 s							
T _a ARMATURE TIME CONST.	0.0049 s							
SHORT CIRCUIT RATIO	1/X _d							



D13-2012 ISSUE D
FIRST W.O.
IF IN DOUBT-ASK
DO NOT SCALE

FRAME	DIMENSIONS	
	"A"	"B"
184 E	551,5	177
184 F	641,5	267
184 G	641,5	267
182 H	601,5	227
182 J	601,5	227
182 K	641,5	267



4-8864-02	D	USD	18.09.06	CHANGE OF COMPANY NAME	CERTIFIED PRINT (ONLY IF SIGNED)	BC182/184	SCALE	FIRST W.O.
3/7871/1	C	AV	24-8-93	DIMENSION 123 WAS CHANGED FROM 113 (ERROR FROM PREVIOUS ISSUE)	BY	2-BEARING ALTERNATOR WITHOUT ADAPTOR	1:5	
3/7871/4	B	AV	8-9-92	123 WAS 113 - "A" DIMS INCREASED BY 20 - "C" DIMS DELETED - "B" DIMS CHANGED	DATE	CUMMINS GENERATOR TECHNOLOGIES LTD. STAMFORD ENGLAND	D13-2012	ISSUE D
3/7853/8	A	AV	26-6-92	ORIGINAL ISSUE	DRAWN			
MOD.	ISSUE	DRAWN	DATE	ALTERATION	APP'D			

Tækni- og verkfræðideild
School of Science and Engineering

Lokaverkefni í véliðnfræði

2012