



# JAFNVÆGISSTILLING HITAKERFA

Kynning- Rit 1

## ÚTDRÁTTUR

Það er eftir heilmiklu að slægjast að jafnvægisstilla hitakerfi. Fyrir fjölbýlishús gæti sparnaður orðið 6-17 kWh/m<sup>2</sup> sem samsvarar 0,1-0,4 m<sup>3</sup> af heitu vatn /m<sup>2</sup> á ári. Í raun er hitakerfi ekki fullgerð án jafnvægisstillingar.

Jafnvægisstillt hitakerfi tryggir einnig betri hitavist innandyra sem er í raun aðalatriðið og hitakerfið tekur vel við sér og reglun ofnloka er nákvæmari.

Sveinn Áki Sverrisson júní 2023.



## INNGANGUR

Þessi greinargerð fjallar um jafnvægisstillingu hitakerfa og mikilvægi þess. Grunur leikur á að 80% allra hitakerfa í landinu hafa ekki verið jafnvægisstillt og eru þessi tala fengin frá Þýskalandi, en þar er heilmikið átak í gangi að draga úr orkunotkun og minnka kolefnissporið. Fjallað verður um þá þætti sem þarf að huga að við undirbúning á vinnu við stillivinnu, tvær gerðir af verklagi og kynning á þeim búnaði sem notaður er. Í framhaldi af útgáfu á þessari greinargerð verður gefin út, Rit 2 sem lýsir verklagi við jafnvægistillingar og



Mynd 1 – hitagjafar sem þarf að jafnvægisstillast

gerð stilliskýrslu, Rit 3 sem lýsir hönnun og útreikningum á þeim tæknilegu atriðum sem þarf að vinna þannig að jafnvægisstilling sé framkvæmanleg. Síðan kemur Rit 4 sem lýsir atriðum er varða hitakerfi með veðurstöð. Og síðast er það Rit 5 sem lýsir afhendingu lagnakerfa (viðtökuprófunum) og uppbyggingu logg bókar og handbókar (rekstur og viðhald). Þessir þættir eru að mati höfundar oft vanræktir bæði í hönnun og í framkvæmd. Höfundur starfaði í 40 ár við lagnahönnun og farsælustu verkefni voru þau verkefni þar sem góð samvinna var á milli hönnuða, iðnaðarmanna og eiganda. Mynd 1 sýnir þann hitunar – og kælibúnað sem algengur er í skrifstofubyggingum hér á landi og falla undir þau efnistöku sem er lýst í þessari ritröð.

## HVERNIG GETUR JAFNVÆGISSTILLING SPARAÐ ORKU

Ef ofnakerfi er ekki jafnvægisstillt þá rennur of mikið vatn að ofnum sem eru næst þrýstijafnara og of lítið rennur fjærst þrýstijafnara. Ef rennsli er of mikið hefur það í för með sér að ofninn getur ekki losað sig við allan þann varma inn í rýmið sem gerir það að verkum að bakrásarhiti hækkar en það leiðir síðan af sér að nýting vatns í hitaveitukerfi verður lakari fyrir bragðið. Ef hitakerfi er tengt varmadælu mun nýtni hennar minnka vegna hærri vatnshita. Ef ofnar eru kaldir einhvers staðar í kerfinu þá eru viðbrögð þjónustuaðilinn að hækka mismunaþrýsting og kuldavandamál er þá úr sögunni. En í raun ekki, of mikið rennsli heldur áfram með enn meiri krafti fleiri ofnar verða með of mikið rennsli og nýtni versnar enn frekar. En þetta lítur ekki þannig út gagnvart þjónustuaðila. Það getur verið að bakrásarhiti sé 40°C sem allir eru vanir að vera sáttir við en ef jafnvægisstillt kerfi skilar 30-35°C venjulega og 40°C þegar álag er mest þá er orkusóun mikil. Stýring innihita

verður oft sveiflukennt og suð kemur frá ofnlokum. Ef gluggar eru opnaðir og kalt loft flæðir yfir hitanema verður hiti á ofni oft mikill. Ofninn hitnar í botn.

## HITAVEITUKERFI

Þrýstingur á inntaki hitaveitu getur verið 6 bar og bakþrýstingur sem er stillt með slaufuloka í 1,2bar (4-5 hæða hús) þegar um gegnumrennslis kerfi er að ræða. Mikill munur er á hitaveituprýstingi og nauðsynlegum mismunaprýsting.

Nauðsynlegur mismunaprýsting fyrir stærri byggingar er 20-30kPa, 15kPa-20kPa fyrir fjölbýlishús og 15kPa-20kPa fyrir einbýlishús. Þessar tölur eru miðaðar bið að þrýstifall á metra sé 30-100Pa/m og ofnlokar séu með 5-10kPa þrýsting. Þrýstingur á framrás er því  $1,2+0,3=1,5$ bar til  $1,2+0,2=1,4$ bar

Stillisvið þrýstijafnara er 0,5-0,05bar (50-5kPa). Stilling fjölbýlishús á milli II og III gefur 20kPa. Með jafnvægisstillingu fæst rétt stilliþrýstingur á þrýstijafnara. Það er oft að þjónustuaðili stillir mism.þrýsting of hátt.

## OFNAR OG VARMATAP

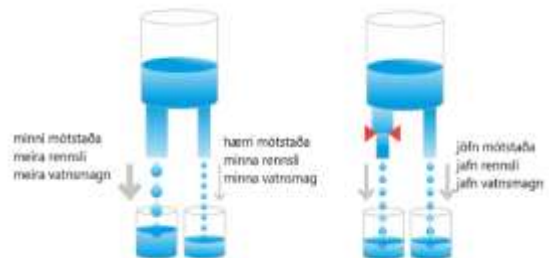
Það er gríðarlega mikilvægt að vandað sé til verka að reikna varmapörf rýma og velja síðan ofna sem eru með afköst sem næst varmapörfinni. Ofnar eru valdir við  $80^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$ .

## OFNLOKAR

Reiknað er með að ofnlokar séu valdir með undirstillingum. Almennt loka ofnlokar ekki á hærri þrýsting en 60kPa. Það fer að heyrast í þeim við 30kPa-35kPa. Heppilegur þrýstingur er 5kPa-10kPa. Ofnlokar með PICV eru til fyrir hærri þrýsting , 70kPa og hærri þrýsting. Ef upp kemur vandamál í kerfi þar sem þrýstingur er of hár við ofna sem eru við þrýstijafnara er hægt að skipta þessum ofnlokum út fyrir PICV-loka.

## PÍPUKERFI – STRENGUR MEÐ MESTA ÞRÝSTIFALLIÐ

Pípustærð er fundið þannig að þrýstifall á hvern metra verði á bilinu 30-100Pa/m auk þrýstitaps í stakmótstöðum.. Þegar kerfið er teiknað þarf að huga að fjarlægð á milli ofna. Ef fjarlægð er minni en 20 m þá er þrýstifallið lágt að engin ástæða til að láta ofnloka hafa mismunandi þrýstifall. Þrýstifall verður það sama í öllum



Mynd 2 – Einföld mynd til að útskýra jafnvægisstillingu

Strengjum og ákvarðast yfirleitt af þeim ofni sem er fjærstur frá þrýstijafnara. Hægt er að stilla upp jöfnu fyrir þrýstifalli fyrir streng:

$$\Delta P_{str} = \Delta P_{rör} + \Delta P_{THV} + \Delta P_{Verscr} + \Delta P_{sonstige}.$$

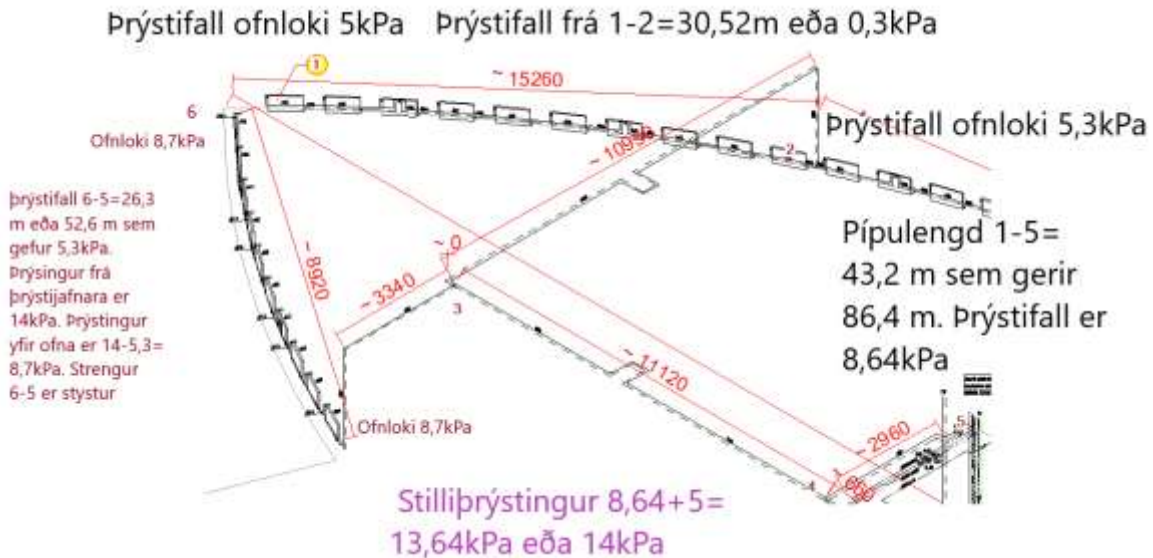
Þar sem:

$\Delta Prör$  = lengdin á fram-og bakrás margfaldað með þrýstifall á hvern metra (30-100kPa/m)

$\Delta P_{THV}$  = þrýstifall yfir ofnloka (stærð fer eftir uppbyggingu kerfis oft (5kPa – 10kPa)

$\Delta P_{Verscr}$  – (t stykki á bakrás) þrýstifall yfir T-stykki =1,3kPa

$\Delta P_{sonstige}$  = þrýstifall í ýmsum tengistykjum



Mynd 3 Hitakerfi og lagnir

Mynd 3 er af hluta af hæð í byggingu. Ofnastrengir eru 3 og er búið að finna lengdir og margfalda við þrýstifall á metra. Hönnuðurinn gefur upp stillitölur ofnloka og stilliprýsting þrýstijafnara. Sá strengur sem hefur mesta þrýstifallið 1-5 (mynd 3) ákvarðar stilliprýsting á þrýstijafnara. Aðra strengi þarf að jafnvægisstilla með undirstillingum á ofnlokum.

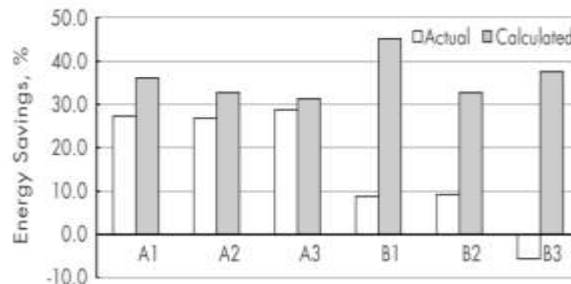
## ORKUSPARNAÐARÁTAK Í EVRÓPU

Í Evrópu er Evrópusambandið (EES) í kappi við tímann að finna leiðir vegna núverandi og nýbygginga að dragar úr losun kolefnis úti í andrúmsloftið. REHVA eru samtök fólks í lagnageiranum hafa gefið út leiðbeiningar fyrir fagfólk. Bókin „Energy Efficient Renovation of Existing Building for HVAC Professional“ (sjá tilvísanir) er fjallað um verkefni þar sem byggingar hafa verið endurnýjaðar frá grunni. Þær hafa verið einangraðar betur og í þau sett loftræsing með búnaði til að endurvinnna orku úr útkastlofti. Einnig er skipt yfir hreina orkugjafa. Í kjölfarið á þessum breytingum þarf að jafnvægisstilla hitakerfi þessara húsa og lækka hitakúrfu fyrir framráshita. Hitakúrfa hitakerfis er hvernig stjórnun framráshita á ofnum á að fylgir útihita. Í bókinni kemur fram að þrátt fyrir þessa tvo mikilvægu verkþætti (jafnvægisstilling og lækkingu á hitakúrfu) er þeir oft ekki framkvæmdir af verktakanum sem hefur annast endurnýjun hússins, aðallega vegna misskilnings og einnig kunnáttuleysis:

- Verktaki stendur í þeirri meiningu að þessi atriði hafa ekki mikil áhrif á orkunotkun
- Hann telur að undirbúningur á gögnum til að jafnvægisstillta hitakerfi eins og á að gera er of erfitt og upplýsingar fyrir gamla hitakerfið ekki aðgengilegar
- Að lækka hitakúrfu (hitakúrfa er sá ferill sem framrásarhiti fylgir) er áhættusamt ef ekki liggja fyrir útreikningar á varmapörf. Hætta er á að rými í byggingunni verði köld.
- Þetta er tímafrek vinna og kallar á tæknimann sem þarf að hafa yfirburða þekkingu og reynslu en vinnan gefur lítið í aðra hönd

Til þess að sýna fram mikilvægi jafnvægisstillinga í lokafrágangi hitakerfa þá var sýndar mælingar frá byggingum fyrir og eftir endurnýjun með og án jafnvægisstillingar. Byggingunum var skipt í flokk A og B. Byggingar A1, A2 og A3 voru með jafnvægisstilltu hitakerfis eftir endurnýjun. Byggingar B1, B2 og B3 voru án jafnvægisstillingar eftir breytingu. Það fer ekki á milli á milli mála hversu jafnvægisstilling skilar betri orkusparnaði vegna meiri einangrunar byggingahluta. Byggingar A eru með 25-28% orkusparnað en B byggingar eru 8-9% en B3 þar kemur hann ekki fram.

*Mynd 4- Samanburður á orkunotkun bygginga sem hafa verið einangraðar en með jafnvægisstillingu hitakerfa (A) og án (B)*



Í Evrópu eru 80-85% af öllum hitakerfum ójafnvægisstillt og það má álykta að svipað ástand er hér á landi. Í nýrri skýrslu um hitaveitur eiga nokkrar þeirra í erfiðleikum að anna eftirspurn í framtíðinni. Eftirlit er tækifæri að auka afköst hitaveitu með því að draga úr vatnspörf nýbygginga og jafnvægisstillta eldri kerfi t.d. í byggingum á vegum ríkisins.

#### AÐFERÐIR VIÐ JAFNVÆGISSTILLINGU HITAKERFA

Samtök á vegum ESB (EU.BAC) um hússtjórnarkerfi setur fram í grein (sjá tilv.) skilgreiningu.

*Að jafnvægisstillta kerfi, þýðir að tryggja það allir hitagjafar séu með nægjanlegt rennsli til að uppfylla kröfur hönnunar fyrir hitapörf eða kælipörf á sem skilvirkastan máta og með eins mikilli hagkvæmni eins og kostur er. Óstillt kerfi tryggir ekki nægjanleg afköst til hitunar né kælingar og leiðir af sér slaka innihitavist og aukna orkunotkun*

Það eru hægt að flokka aðferðir við jafnvægisstillingu í tvo flokka.

- **Handvirk jafnvægisstilling:**

Það mætti tengja þessa aðferð við fyrirtækið sem kynnti þessa aðferð fyrir lagnamönnum (TA-aðferðin) með tilkomu strengloka og stilliloka. Aðferðin gengur út á að mæla og stilla rennsli í strenglokum á greinum og stofnum kerfis og stilla undirstillingu á ofnloku til að ná jafnvægi við hönnunarrennsli. Hægt er að kalla aðferðina jafnvægisstilling með föstum mótstöðum („static balancing“) eða **handvirka jafnvægisstillingu**. Rennsli er stillt við hámarksafköst. Það er hætta á að við hlutaálag sem einkennir kerfi með veðurháða hita og kæliálag fari úr stillingu þegar álag minnkar. Sá sem vinnur verkið er pípulagningamaður. Hann mælir og stillir rennslið en hönnuðurinn lætur í té nauðsynlegar upplýsingar



Mynd 5-Strengloki

- **Sjálfvirk jafnvægisstilling:**

Það er mun þróaðra tæknilega sem kalla má **sjálfvirk jafnvægisstilling (Dynamics balancing)**. Tækin sem eru notuð við þessa aðferð eru ofnloki sem er með innbyggða þrýstijöfnun og í staðin fyrir strengloka eru notaðir þrýstijafnara. Með þessum tækjum fæst rétt jafnvægisstilling yfir allt vinnslusvið kerfa. Á sama hátt og við handvirka jafnvægisstillingu er hámarksrennsli stillt fyrir hitagjafa og ofnlokar eru PICV-lokar eða „ pressure indipendet control valves“. Þrýstings óháðir ofnlokar með innbyggða þrýstingsjöfnun. Tæki eru valin miðað við rennsli (ekki kv-gildi) sem tækið heldur jöfnu á því álagi hverju sinni þrátt fyrir þrýstingsbreytingu í kerfinu. Þrýstingsjafnara eru á kerfinu þar sem láréttir stofnar tengjast inn á hæðir hússins og þar sem þeir jafna þrýsting úti í kerfinu (inn á hæðir) eða á lóðréttum stofnum í kjallara. Telja má öruggt að handvirk



Mynd 7- PICV ofnloki



Mynd 6 Þrýstijafnari

jafnvægisstilling muni leggjast af og sjálfvirk jafnvægisstilling taka við.

#### HVER ER ÁSTÆÐA ÞESS AÐ ÞESSI VERKÞÁTTUR VERÐUR EFTIR?

Það er eflaust nokkrar ástæður fyrir því að þessi verkþáttur er ekki kláraður. Að jafnvægisstillta hitakerfi tekur tíma, það þarf þolinmæði og ef vel á að vera þarf viðkomandi að búa yfir þekking á pípukerfum, þrýstifalli, kv-gildum, breyting á þrýstingi eftir álagi og þekkja afköst ofna og kunna að nota hin ýmsu mælitæki. Þessi þekking

hefur verið að þróast hjá verktökum sem vinna við þjónustu við loftræsikerfi og kerfi sem tengjast þeim. Í verklýsingum frá verkfræðistofum er talað um að hitakerfi þurfi að jafnvægisstillast. Oft er þessi verkþáttur ekki lýst neitt sérstaklega eða tilvísanir í leiðbeiningar en sagt að það skuli afhenda niðurstöður. Oft veit pípari ekki vinnulagið við jafnvægisstillingar veit ekki hvernig á að vinna þennan verkþátt. Einnig hafa ekki hafa allir píparar tileinka sér þessa tækni en ekki er mikið um að þeir ráði aðila til að vinna þennan verkþátt sérstaklega. Í Þýskalandi er þessi verkþáttur ekki inn almennum útboðum.

Það er lítill efnahagslegur hvati að sjá til þess að kerfi sé jafnvægisstillt, óvissan er þó nokkur og sérstaklega fyrir gólfhitakerfi þar sem tímastuðull er allt annar en fyrir ofnakerfi. Fyrir fjölbýlishús þar sem eigandi húsnæðis greiðir fyrir jafnvægisstillinguna en leigjandi greiðir fyrir orku er það letjandi fyrir eiganda. Þetta á einnig við um skrifstofubyggingu þar sem leigjendur borga mest alla orku.

Þegar verk eru tekin út af opinberum yfirvöldum er byggingareglugerðin lögð til grundvallar. Í byggingareglugerð er áfangauttektir en í skoðunarhandbók er spurning hvort búnaður til jafnvægisstillinga og stillibúnaður skuli vera til staðar. Þarna er átt við það sem er til staðar eru ofnlokar með undirstillingu og strenglokar. Á Íslandi er verktaki beðinn um að staðfesta að hitakerfin séu stillt samkvæmt formi sem byggingafulltrúar er með. Byggingastjóri tryggir undirskriftir. Það er nauðsynlegt að þegar áfangar klárast að það liggi fyrir skýrsla út fyllt með mælingum af áfanganum. Gott dæmi er þegar blikksmiður klárar loftmagnstilli skýrslu. Gera skal slík skýrsla sem verður afurð sem vitað er um og þess vegna fer þessi verkliður fyrir ofan garð og neðan. Það má segja að það er á ábyrgð byggingastjóra að tryggja að allir þættir verksins séu unnir. Það er misskilningur í gangi með mikilvægi jafnvægisstillinga og það þarf að kveða fastar að í Byggingareglugerð. Þar eru ýmsar leiðir mögulegar. Það mætti bæta við í kafla í um afhendingu handbókar grein 16.1.1 að pípulagningameistari leggi fram stilliskýrslu fyrir jafnvægisstillingu hita-, neysluvatns- og kælikerfa. Einnig að bæta við línu í skoðunarhandbók um skil á skýrslu um jafnvægisstillingu (og loftmagnstillingu) Gera þarf dæmi um skýrslu og koma á framfæri breytingu.

## LEIÐBEININGAR FYRIR JAFNVÆGISSTILLINGAR

Höfundur leitaði í blaðagreinum og í verklýsingum um málefni sem varðar jafnvægisstillingu hitakerfa. Í grein sem Sigurður Grétar Guðmundsson (SGG) pípulagnameistari skrifar 15.11.2006 um Hitakerfi húsa í Morgunblaðið. Þar er hann að fjallar um jafnvægisstillingu hitakerfa skort á þekkingu og ekki síður að píparinn sem leggur lagnirnar hafi nægjanlega vitneskju um þau áhrif sem verða ef þessi verkþáttur er ekki fullgerður með hætta á hitasveiflum og aukinni orkunotkun. Þessi verkþáttur er réttilega nefndur „punkturinn yfir i-ið“ hjá SGG. Í Hitaveituhandbók (Samorka) er kafli 8 sem fjallar um jafnvægisstillingu hitakerfa, skrifað af Ragnar Gunnarsson og Svavar Tr. Óskarsson. Einnig er í ritinu Lagnaþekking (Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins) höfundur Ragnar Gunnarsson (Verkvangur) er mjög góð og myndræn framsetning jafnvægisstillinga. Ragnar og Svavar hafa fjallað um jafnvægisstillingu og voru með námskeið fyrir pípara í stillingu hitakerfa fyrir langalöngu.

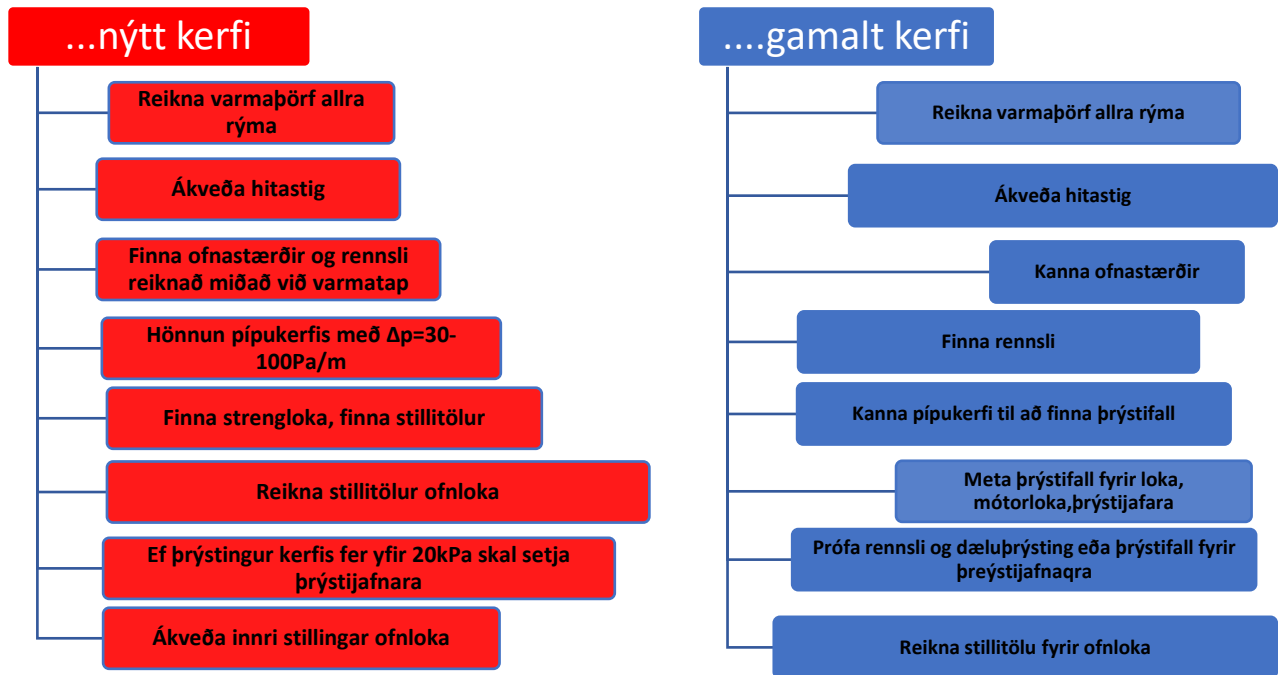
## ÁBENDINGAR VIÐ LEIÐBEININGAR

Leiðbeiningar sem eru í Hitaveituhandbókinni og Lagnaþekking eru mjög einfaldar. Hér koma nokkrar athugasemdir sem ráðið miklu um gæði stillivinnu.

- Það er mjög mikilvægt að afköst ofna sé sem réttust miðað við varmatap rýmis. Ef ofnar eru mikið í yfirstærð má segja að rennslið sé of lítið miðað við hámarksálag.
- Þrýstifall yfir ofnloka þarf að nálgast eins nákvæmt og mögulegt er. Ef þrýstifall er meira en reiknað kv-gildi ofnloka þá verð afköst ónákvæm. Þannig er hættu á að rennsli í kerfinu verði ónákvæmt og ekki í samræmi við varmatap sem þýðir að kerfið er að eyða meiri orku (vatni) við inntak, í dreifikerfi og í ofnum.

## AÐFERÐAFRÆÐI FYRIR JAFNVÆGISSTILLINGU


Dæmi um þætti sem þarf að vinna fyrir jafnvægisstillingar.



## LOKAORÐ

Þessi greinargerð er til afnota fyrir alla sem hafa áhuga á þessu mikilvæga efni sem líklegar er að mati höfunda þá verkefni sem margir iðnmeistarar sleppa að framkvæma. Einfald er að prófa hvort kerfi hafi verið





jafnvægisstillt eða ekki með því að taka hitanema af ofnkranu. Ef ofninn hitnar í botn þá er kerfið ekki jafnvægisstillt.

Öll hitakerfi þurfa að vera með sjálfvirka jafnvægisstillingu.

Útrýma þarf handstilltum lokum. Við það slær maður tvær flugur í einu. Losnar við handvirkar stillingar úr þessum verkþætti og yfirfærir stillingu á rennsli á PICV yfir á stjórnþækjaverktakann.

