



IDAN  
fræðslusetur

# Brunahönnun loftræsikerfa

Eggert Aðalsteinsson

Janúar 2009



## **Brunahönnun loftræsikerfa**

Höfundar: Eggert Aðalsteinsson

Útgefandi: IDAN fræðslusetur ehf  
© IDAN fræðslusetur Skúlatún 2, 105 Reykjavík  
Fyrsta útgáfa 2003  
Önnur útgáfa 2009

**Afritun, dreifing og notkun bókarinnar  
er óheimil á skriflegs leyfis útgefanda.**



<b>1</b>	<b>Formáli</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Brunatæknileg hönnun loftræstikerfa - DS428</b> .....	<b>8</b>
2.1	Brunatæknilegar skilgreiningar: .....	8
2.2	Áhrif loftræstikerfa á útbreiðslu reyks og elds í byggingum .....	13
2.3	Munur á hlutlausum og virkum aðgerðum til varnar útbreiðslu eld og reyks .....	15
<b>3</b>	<b>Brunahönnun loftræstikerfa.</b> .....	<b>19</b>
3.1	Brunaeinangrun: .....	19
3.2	Brunalokur og brunavarnir loftræstiklefa. ....	22
3.3	Meginflokkun brunavarna loftræstikerfa .....	23
3.4	Reykútbreiðsla .....	27
3.5	Brunaeinangrun og fyrirkomulag stökkakerfa .....	30
3.6	Brunavörn loftræstisamstæðuhluta og loftræstiklefa .....	33
3.7	Brennanlegir stokkar og eldfim efni í loftstökkum .....	33
<b>4</b>	<b>Aðferðir til varnar reykútbreiðslu.</b> .....	<b>34</b>
4.1	Aðferðir til stöðvunar reykútbreiðslu um stökkakerfi .....	35
4.2	Reykútoftuð stökkakerfi .....	36
4.3	Stökkakerfi með reyklokum .....	44
4.4	Loftræstikerfi með innblæstri eða útsogi við gólf. ....	45
4.5	Reykútbreiðsla frá loftræstiklefum .....	47
<b>5</b>	<b>Skilgreining einstakra kerfishluta.</b> .....	<b>49</b>
5.1	Skilgreining loftstokka .....	49
5.2	Þétting og frágangur í gegnum brunahólfandi veggj .....	57
5.3	Skilgreining reykloka .....	59
5.4	Brunalokur .....	60
<b>6</b>	<b>Dæmi um bruna- og reykhönnun loftræstikerfa</b> .....	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>Helstu heimildir</b> .....	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>Um höfundinn</b> .....	<b>70</b>



## 1 Formáli

Kennslubók þessi byggir á danska staðlinum DS428 og skýringum SBI<sup>1</sup> á honum. Staðallinn fjallar um hefðbundna bruna- og reykhönnun loftræstikerfa. Meginhugsunin að baki staðlinum er að bygging með tilheyrandi loftræstikerfi verði sambærileg við óloftræsta sams konar byggingu í bruna. Það er því ekki hugmynd þessa staðals að nýta möguleika loftræstikerfa til að hafa stjórn á eldi og reyk. Í textanum er einnig farið í lauslega í gegnum ameríska staðalinn NFPA 96 sem fjallar um hönnun útsogsháfa og stokka frá veitingastöðum þar sem fram fer matreiðsla með djúpsteikningu og grillun, en lítið sem ekkert er tekið á slíku í DS428.

Á síðari árum hafa nokkur svokölluð virk (aktíf) loftræsti- og reykræstikerfi verið sett upp hérlendis og mun einnig verða fjallað nokkuð um þau hér. Segja má að slík hönnun loftræstikerfa sé í andstöðu við meginhugsun DS428. Virk loftræstikerfi eru oftast hönnuð samkvæmt NFPA 92A; „Recommended Practice for Smoke-Control Systems 2000 Edition“. Hér er lýst hvernig stýra má útbreiðslu reyks í stórum byggingum. Fyrir stærri byggingar gildir einnig NFPA92B; „Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas, 2000 Edition“. Almennu ákvæðin samkvæmt bandarísku stöðlunum eru síðan sett fram í NFPA 90A; „Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems, 2002 Edition“.

---

<sup>1</sup> Statens Byggeforskningsinstitut

## 2 Brunatæknileg hönnun loftræstikerfa - DS428

Danski staðallinn DS428, sem er meginumfjöllunarefni þessa texta, er gefinn út af „Dansk Ingeniørforening“ og heitir „Norm for Brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg“. Staðallinn er frá 1986. Honum fylgja síðan útskýringar frá SBI sem gefnar voru út 1988. Það verður að segja eins og er að án þessara skýringa er DS428 býsna torskilinn og túlkanlegur á ýmsa vegu. Í skýringum SBI eru mun fleiri dæmi og hugsunin í DS428 skýrð eða túlkuð eftir skilningi SBI-manna, sem er sambærileg stofnun og Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins okkar Íslendinga. Hér verður farið í gegnum þessi tvö plögg. Ekki verður texta þeirra þó fylgt lið fyrir lið, en efnistökin verða svipuð að viðbættum skýringum höfundar og athugasemdum.

### 2.1 Brunatæknilegar skilgreiningar:

Lesandi þarf að þekkja undirstöðuatriði hefðbundinnar brunahönnunar til að skilja DS428. Sérstaklega þarf hann að átta sig á hvernig brunaveggir og brunahólfun er skilgreind. Í gildandi byggingarreglugerð nr. 441/1998<sup>2</sup> eru eftirfarandi skilgreiningar á brunatáknum:

#### 145. gr. Brunatákn sem ber að nota

145.1 Taka skal upp viðurkennd evrópsk brunatákn jafnóðum og þau öðlast samþykki hér á landi.

145.2 Brunamótstaða byggingarluta er skilgreind samkvæmt orðsendingu framkvæmdastjórnar EBE nr. 94/C 62/01. Þar er brunamótstaða uppgefin í mínútum miðað við staðlaða brunaáraun í samræmi við staðalinn ISO 834 eða prófun við raunbrunaaðstæður.

a. Prófuð og viðurkennd brunamótstaða byggingarluta er táknuð þannig:

*R* er burðargeta í mínútum, t.d. R120.

*E* er heilleiki (þéttleiki) í mínútum, t.d. E60. (*E*=Enclosure)

*I* er einangrun í mínútum, t.d. I30. (*I*=Insulation)

---

<sup>2</sup> Skipulags- og byggingalög nr. 731/1997 er að finna á vef Alþingis [www.althingi.is/vefur/lagasafn.html](http://www.althingi.is/vefur/lagasafn.html). Þaðan má komast í byggingarreglugerð með því að klicka á Rg. 441/1998.



b. Viðbótartákn með tiltekinni merkingu:

*C* fyrir hurðir eða hlera með sjálfvirkum lokunarbúnaði, t.d. EI-C30.  
(C=Closing)

*S* fyrir byggingarluta með sérútbúnað til að hindra útbreiðslu reyks og hita, t.d. eldvarnarhurð með þröskuldi: E-S60. (S=Sealing)

*M* fyrir byggingarluta sem skal þola nánar tilgreint aflfræðilegt aukaálag, t.d. högg. (M=Mechanical)

*W* þegar einangrunargildi er ákvarðað á grundvelli geislunar. (W=Warme strahlung)

c. Tákn sem upplýsa um brunaflokkun efnis (sett fremst):

A segir til um að tiltekinn byggingarluti skuli að öllu leyti vera gerður úr eigi lakari byggingarefnum heldur en A-efnum, sbr. gr. 147.

**146. gr. Dæmi um algenga notkun brunatákna**

146.1 Berandi byggingarluti:

A-REI60: Að öllu leyti úr A-efnum og kröfur um burðargetu, heilleika og einangrun skulu vera uppfylltar í a.m.k. 60 mínútur.

RE60: Kröfur um burðargetu og heilleika skulu vera uppfylltar í a.m.k. 60 mínútur. Má vera úr A-efnum eða B-efnum eða hvoru tveggja.

R60: Kröfur um burðargetu skulu vera uppfylltar í a.m.k. 60 mínútur. Má vera úr A-efnum eða B-efnum eða hvoru tveggja.

146.2 Ekki berandi byggingarluti:

A-EI30: Að öllu leyti úr A-efnum og kröfur um heilleika og einangrun skulu vera uppfylltar í a.m.k. 30 mínútur.

E30: Kröfur um heilleika skulu vera uppfylltar í a.m.k. 30 mínútur. Má vera úr A-efnum eða B-efnum eða hvoru tveggja.

EI-CS30: Getur átt við um brunahólfandi hurð þar sem kröfur um heilleika og einangrun skulu vera uppfylltar í a.m.k. 30 mínútur. Ráðstafanir gerðar til reykþéttingar og sjálfvirkur lokunarbúnaður. Má vera úr A-efnum eða B-efnum eða hvoru tveggja.

### 147. gr. Byggingarefni

147.1 Brunamálastofnun eða annar viðurkenndur aðili úrskurðar um brunaflokkun byggingarefna sem skal byggja á viðurkenndum aðferðum, sbr. gr. 144 (DS 1072.1).

- a. A-efni, óbrennanleg byggingarefni (DS 1065.1). Byggingarefni sem eru illbrennanleg eða geta alls ekki brunnið og breiða ekki út eld.
- b. B-efni, brennanleg byggingarefni (DS 1065.1). Byggingarefni sem erfiðlega kviknar í, þau breiða eld hægt út og mynda takmarkaðan reyk við bruna.
- c. Eldnæmt byggingarefni.

Byggingarefni sem ekki nær að uppfylla kröfur til flokks A eða B og ekki má nota óvarið í byggingar.

Í reglugerðinni eru brunahólf og brunasamstæður skilgreindar í eftirfarandi greinum:

- 4.4 Brunahólf: Lokað rými í byggingu sem er aðskilið frá öðrum rýmum með byggingareiningum sem hafa viðunandi brunamótstöðu í tilskilinn tíma og varna því að eldur, hiti og reykur breiðist út frá rýminu eða til þess frá öðrum nærliggjandi rýmum.
- 4.8 Brunasamstæða: Eitt eða fleiri brunahólf sem eru aðskilin frá aðliggjandi brunasamstæðum eða byggingum með byggingarhlutum, sem hafa tiltekna brunamótstöðu.

### 153. gr. Brunahólfun

153.1 Brunahólfun er veigamikil brunavörn í byggingu til að varna því að eldur, hiti og reykur breiðist auðveldlega út frá þeim stað sem er að brenna. Byggingunni er þá skipt upp í eitt eða fleiri rými sem skilin eru frá öðrum hlutum hennar með byggingarhlutum sem hafa tiltekna brunamótstöðu í tilskilinn tíma.

153.2 Sé ekki annað tekið fram skulu skil brunahólfs eigi vera gerð úr lakari byggingarefnum heldur en B-efnum og hafa a.m.k. 60 mínútna þol er varðar heilleika og einangrun (EI60).

153.3 Í ýmsum tilvikum má nota hurðir og hlera með minni brunamótstöðu en þó aldrei meira en hálfu minni en veggur sá sem þær eru í, t.d. hurð með 30 mínútna brunamótstöðu í vegg með 60 mínútna brunamótstöðu (EI30).

153.4 Þeir hlutar brunahólfs sem afmarkast af útveggjum og þaki þurfa að jafnaði ekki að hafa tiltekna brunamótstöðu að öllu leyti (venjulegir gluggar hafa það t.d. ekki), nema annað sé sérstaklega tekið fram.

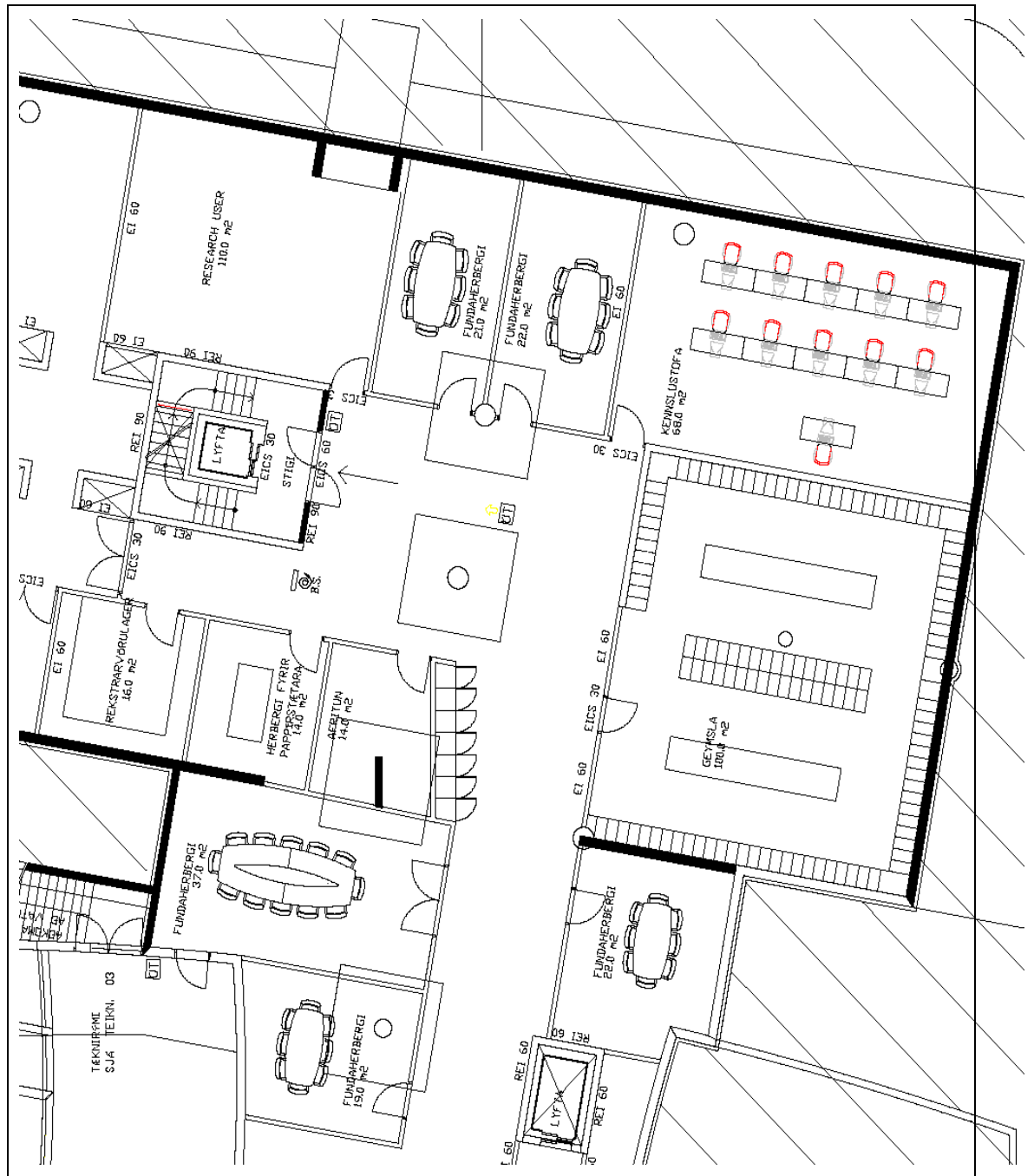
Mikilvægt er að átta sig á tilgangnum með brunahólfun. Megintilgangur allrar brunahólfunar er að skilja sundur rými með ólíkri notkun og að reyna með hólfuninni að takmarka mögulegt tjón vegna elds og reyks. Þá er auðvitað mikilvægt að brunahólf séu af viðráðanlegri stærð þannig að slökkvilið eigi möguleika á að ráða við eld í byggingunum. Í byggingarreglugerðinni eru sérstakir kaflar um brunahólfun nokkurra gerða bygginga, s.s. samkomuhúsa, skóla, iðnaðarhúsnæðis og skrifstofuhúsnæðis.

Ef við síðan höldum okkur við íslensku byggingarreglugerðina segir í henni um brunavarnir í loftræstikerfum:

#### **166. gr. Loftræsikerfi**

166.1 Brunavarnir í loftræsikerfum skulu vera í samræmi við staðla sem Brunamálastofnun ríkisins samþykkir eða vísar til, t.d. DS 428 og eftirfarandi reglur:

- a. Efni í loftstokkum og þeir íhlutar loftræstikerfa sem við koma brunavörnum, s.s. brunalokur og tilheyrandi stjórnbúnaður, skal hafa öðlast viðurkenningu Brunamálastofnunar ríkisins.
- b. Loftræsikerfi skal þannig hannað og frá því gengið að það rýri ekki brunahólfun byggingar.
- c. Loftræsikerfi skal þannig hannað og frá því gengið að það stuðli ekki að reykútbreiðslu við bruna.

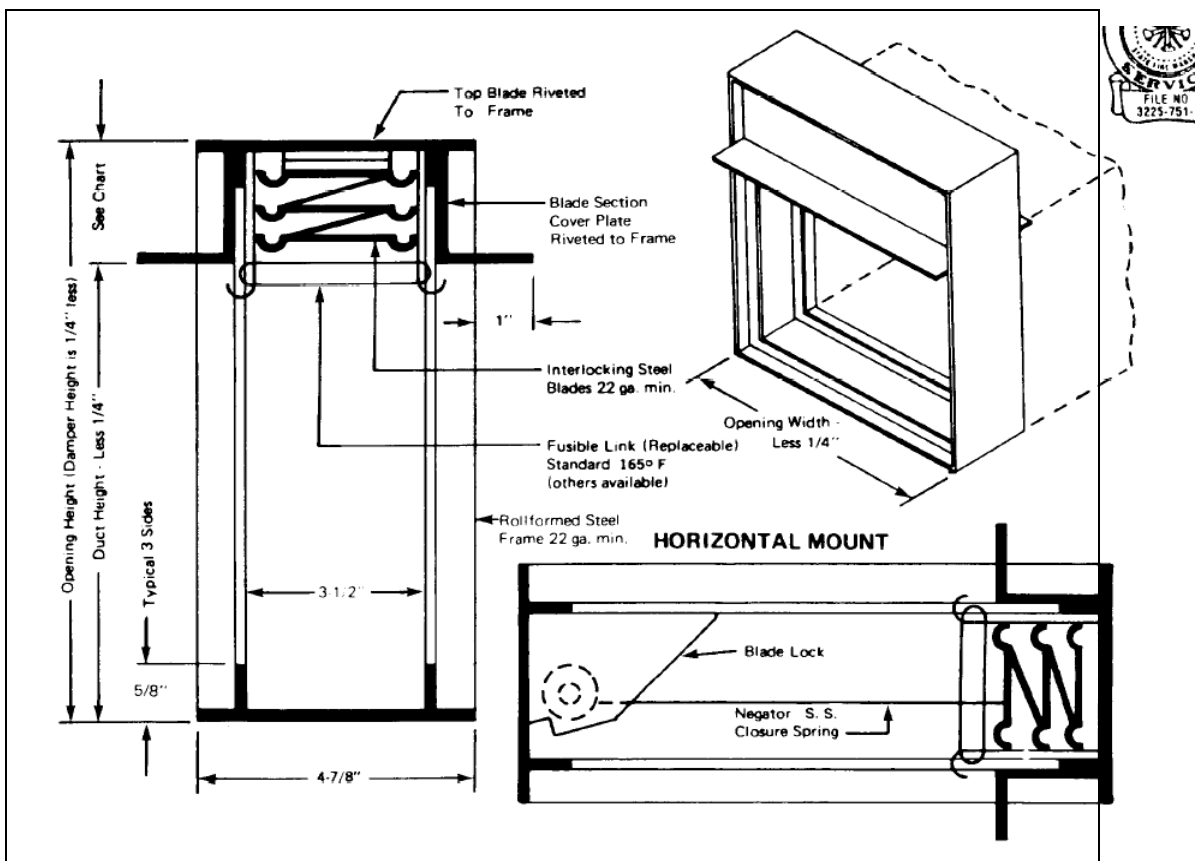


Mynd 2.1

Dæmigerð teikning af húsnæði þar sem fram koma brunatæknilegar skilgreiningar veggja og dyra. Takið eftir að kennslustofan, efst til hægri, er sérstakt brunahólf. Þetta sést vegna þess að hurðin er merkt EISC-30 og veggir EI60. Á sama hátt sést að búningsherbergin eru sérstök brunahólf. Þá er stigahúsið önnur brunasamstæða, sem sést á því að hurðin inn í það er EICS-60 og veggir REI-90. Aftur á móti tilheyrar fundarherbergin, sitt hvoru megin við ganginn, neðst á myndinni, brunahólfinu sem gangurinn myndar.

## 2.2 Áhrif loftræstikerfa á útbreiðslu reyks og elds í byggingum

Megintilgangur allrar bruna- og reykhönnunar loftræstikerfa er að koma í veg fyrir að loftræstikerfin veiki byggingarnar sem þau eru í með tilliti til bruna- og reykútbreiðslu. Áður fyrr miðaðist hönnunin eingöngu við að koma í veg fyrir útbreiðslu elds milli brunahólfa og ekki var gerður greinarmunur á eldi og reyk. Þá voru brunalokur oftast bræðivarsfellilokur, settar í stokka sem gengu milli brunahólfa. Fellilokur eru yfirleitt með bræðivar sem bráðnar við 72°C og dettur þá stálgardína niður eða skýst fram með gormi og lokast. Þessar lokur eru ekki einangraðar og uppfylla því E-60 eða jafnvel E-90 en hafa ekkert einangrunargildi, þ.e. ekki I-merkingu.



Mynd 2.2

Myndin sýnir dæmigerða gardínufellilokur. Þessi loka uppfyllir E60 og verður að festast í brunavegg. Ef lokan er ekki í veggnum verður að einangra stokkinn frá brunaveggnum og yfir lokuna. Þá verður upphengi stokksins sem þarf að brunaeinangra að vera brunavarið. Venja er að brunaeinangra um 1 m fram yfir lokuna. Lokur af þessari gerð hafa einn ótvíræðan kost sem er lítil fyrirferð og nánast engin loftmótstaða í opinni loku.

Einangraðar brunalokur hafa einnig verið notaðar hérlandis, en í litlum mæli. Þessar lokur eru gormspenntar spjaldlokur með einangruðu spjaldi. Hægt er að fá þær í mismunandi útfærslum.

Á seinni árum hafa menn áttað sig betur á hversu reykur getur verið lífshættulegur fyrir fólk og einnig hvað tiltölulega lítill reykur getur valdið gríðarlegum skemmdum, t.d. á viðkvæmum tækjum og tölvubúnaði. Mjög lítill eldur getur myndað gríðarlegan reyk. Því miður höfum við nokkur nýleg íslensk dæmi um hve þessi gamla brunalokuhönnun getur verið vitlaus og gersamlega gagnslaus. Eitt dæmi um þetta var þegar eldur kviknaði í tjöru þegar verið var að laga þak Fjórðungssjúkrahússins á Akureyri. Reykurinn frá tjörueldinum barst inn um inntak loftræstikerfisins á þakinu. Þar sem reykurinn var kaldur og síaður í loftsíum loftræstisamstæðunnar stöðvaðist loftræstikerfið ekki og lokur kerfisins virkuðu ekki. Mikill reykur barst inn í húsið þar til slökkt var á loftræstikerfinu.

Svipað var uppi á teningnum þegar rafmagnstafla í Seðlabankanum brann. Eldurinn var lítill sem enginn og slokknaði fljótt, en töluverður reykur barst um bygginguna í gegnum stokka loftræstikerfisins, bræðivarslokur stóðu opnar því hitastig reyksins var lágt.

Segja má að loftræstikerfi sem eingöngu eru búin bræðivarslokum geti verið verri með tilliti til reykútbreiðslu en kerfi án nokkurra loka því ef loftræstikerfið gengur meðan eldur kraumar og reykur myndast þá kemur að því að bræðivarslokur í útsogi loka.

Innblásturslokurnar hljóta að loka seinna, svo fremi sem kerfið er í gangi, vegna kælingar frá innblástursloftinu. Við þessi skilyrði lokast fyrir útsog en innblástur inn á brunasvæðið heldur áfram og þar byggist því upp yfirþrýstingur. Þessi yfirþrýstingur er mjög líklegur til að valda reykútbreiðslu til aðliggjandi rýma og næstu brunahólfa.

Reykur er mjög hættulegur, bæði vegna þess að hann er eitraður og jafnframt vegna þess að reykur minnkar skyggni og getur því valdið ofsahræðslu meðal fólks sem er í sjálfu sér mjög hættulegur og stundum hættulegri en reykurinn sjálfur.

Þessu eru Danir og flestar þjóðir Norður-Evrópu búnar að átta sig á. Danskí staðallinn DS428 er af þessum ástæðum nær alveg tvískiptur. Annars vegar fjallar hann um aðgerðir til að hindra útbreiðslu elds í gegnum loftræstikerfi bygginga. Hins vegar er fjallað um aðgerðir til að tryggja öryggi fólks og bygginga vegna reyks sem borist getur um loftræstikerfi þeirra.

Með hugtakinu útbreiðsla elds eða reyks er átt við útbreiðslu út fyrir brunahólfið sem eldurinn eða reykurinn er upprunninn í. Engar ráðstafanir þarf að gera samkvæmt staðlinum til að hindra að reykur eða eldur berist milli herbergja innan sömu brunasamstæðu ef um svokallaða dagbyggingu er að ræða. Næturbbygging er skilgreind sem hús þar sem fólk sefur. Dagbygging er þá á sama hátt bygging þar sem ekki er sofið. Í næturbbyggingum þarf hins vegar ekki að gera ráðstafanir gegn því að reykur berist innan brunahólfs.

Oft er eld- og reykútbreiðsla nær alveg samtengd, en þó er algengt að eldur hafi mun minni útbreiðslu en reykur, sbr. dæmin hér að ofan. Langflestir sem deyja í eldsvoðum kafna úr reyk.

Í SBI-skýringunum við DS428 kemur fram að reynslan í Danmörku sýnir að lyftustokkar valda mun meiri reykútbreiðslu en loftræstistokkar. SBI staðfestir einnig það sem höfundur hefur lengi vitað að slökkviúðakerfi eru langáhrifamest til að tryggja öryggi bygginga vegna bruna. Þau hafa þó þann galla að reykur verður kaldari en ella og því vandasamara að koma honum út með náttúrulegum aðferðum. Því verður oft að treysta á vélknúin reyklosunarkerfi til þess.

### **2.3 Munur á hlutlausum (passífum) og virkum (aktífum) aðgerðum til varnar útbreiðslu elds og reyks**

Loftræstikerfi sem ekki veikir brunatæknilega eiginleika byggingarinnar sem kerfið er í, samanborið við sams konar byggingu án loftræstikerfis, er skilgreint sem hlutlaust loftræstikerfi (passíft). Slík kerfi stöðvast alltaf í eldi eða við reykboð. Bruna- og reyklokur loka þannig að í raun breytist byggingin með loftræstikerfinu í sambærilega byggingu án loftræstikerfis við þessi skilyrði eða það er að minnsta kosti hugmyndin með hönnuninni.

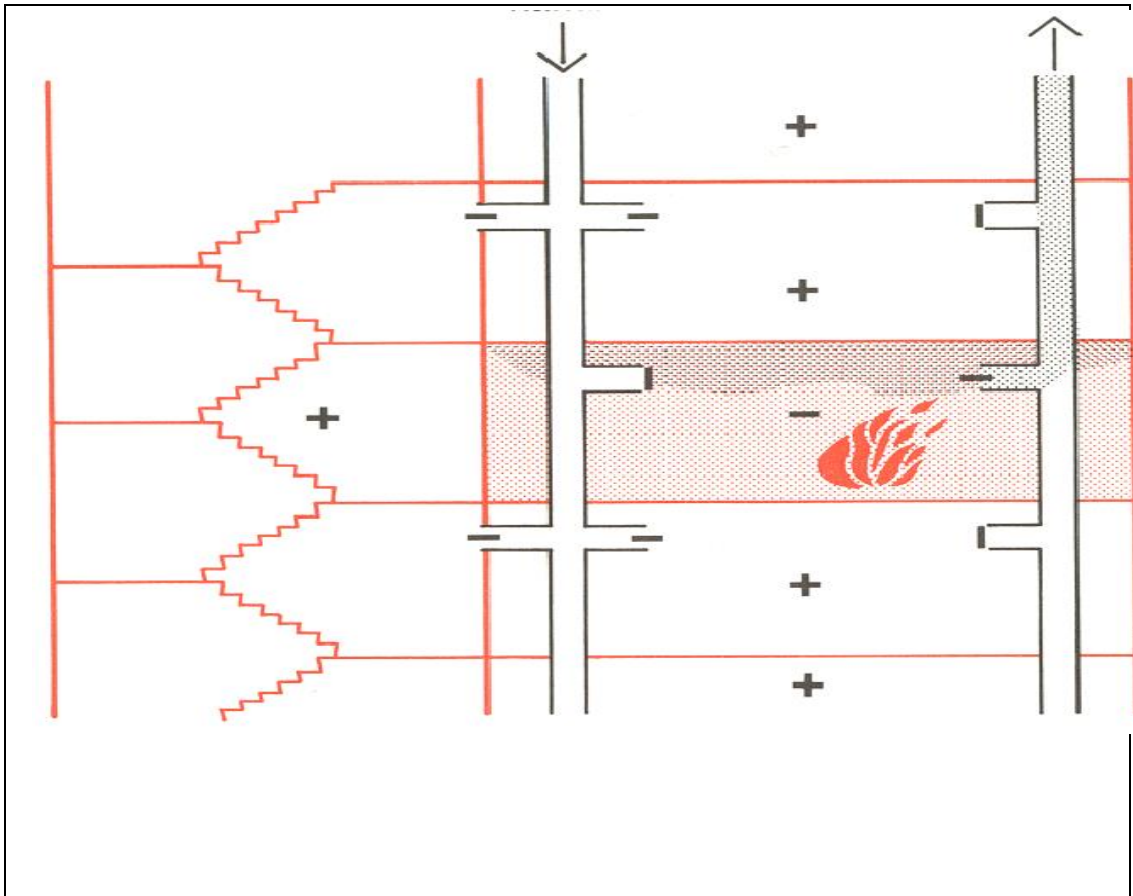
Loftræstikerfi stórbygginga eru hins vegar yfirleitt hönnuð sem virk (aktíf) loftræstikerfi. Þessi kerfi eru oftast þannig að sérstök reykútsogs- og/eða ferskloftsinnblásturskerfi verða virk við bruna- og reykboð. Vandinn við þessi kerfi er að þau verða að virka í neyðartilfellum og í þeim eru margir hlutir sem geta bilað. Þau eru háð mörgum „virkum“ tækjum sem gerir þau viðkvæmari en kerfi sem hönnuð eru sem „hlutlaus“ loftræstikerfi. Ekki má þó gleyma því að stórbyggingar og háhýsi eru í eðli sínu hús þar sem erfitt er að stunda slökkvi- og björgunarstörf og því er í slíkum húsum ekki hjá því komist að nota virk reykútsogs- og ferskloftskerfi til að gera byggingarnar öruggari. Þar sem svona kerfi eru notuð eingöngu til að gera húsin öruggari og aðeins hugsuð í brunatilfellum er ljóst að byggingarkostnaður slíkra húsa er umtalsvert hærrí en húsa sem ekki þurfa eða hafa slík kerfi.

Einn vandi við þessi kerfi er sá að huga verður mjög gaumgæfilega að hönnun þeirra því mjög erfitt er að hugsa fyrir öllum þeim aðstæðum sem komið geta upp og oft er erfitt að útbúa kerfi sem virkar í öllum tilfellum. Eins verða þessi kerfi að vera byggð upp á einfaldan og auðskiljanlegan máta. Af þessum sökum er ræsing þessara kerfa oft handvirk og ber þá slökkviliði eða sérhæfðu starfsfólki að stýra þeim. Sjálfvirk ræsing getur t.d. valdið því að of mörg reyklosunarkerfi fari í gang samtímis þannig að reykur berst inn í rými þar sem lítill reykur er fyrir o.s.frv.

Virk loftræstikerfi eru helst notuð í eftirfarandi tilgangi þegar um eld er að ræða:

1. Að mynda undirþrýsting í brunasamstæðunni þar sem eldur er laus.
2. Að reyna að byggja upp yfirþrýsting í nærliggjandi brunasamstæðum.
3. Að blása fersklofti inn í stigagang, flóttaleiðir og lyftustokka til að tryggja yfirþrýsting á flóttaleiðum og að þær verði reyklausar.





Mynd 2.3

Myndin sýnir hugsunina í hönnun virkra reykræstikerfa. Innblásturskerfið er látið ganga á hæðunum ofan og neðan við hæðina þar sem eldurinn er laus, en lokað er fyrir útsog þar. Á hæðinni þar sem eldurinn er laus er útsogið hins vegar opið. Eins er tryggt að yfirþrýstingur sé í stigahúsinu miðað við brunahæðina, þannig að flóttaleiðir séu tryggar og reyklaugar.

Þessi hönnun er öll hin vandasamasta, sérstaklega í mjög háum húsum. Til dæmis verður að tryggja að mismunaprýstingur yfir hurðir verði ekki of mikill og heldur ekki of lítill.

Eftirfarandi tafla úr NFPA 92A tilgreinir lágmarksþrýsting yfir reykholíandi skilrúm:

Gerð byggingar	Lofthæð	Lágmarksþrýstimunur
Sprinklervarin	Hver sem er	13 Pa
Ekki sprinklervarin	2,7 m	25 Pa
Ekki sprinklervarin	4,6 m	36 Pa
Ekki sprinklervarin	6,4 m	45 Pa

Einnig verður samkvæmt sama staðli að halda mismunaprýstingi yfir reykholíandi skilrúm undir ákveðnu lágmarki þannig að aldrei þurfi meira en 30 lbs kraft til að opna dyr. Þessi þrýstingur er háður hurðabreidd og fleiri þáttum en hámarksþrýstimunur er um 60 Pa. Þetta kann að virðast fremur auðvelt en í háum stigagöngum getur reynst erfitt að uppfylla bæði skilyrðin.

Útfærsla ferskloftsinnblásturs í stigaganga er einnig vandmeðfarin af sömu orsökum. Margar dyr eru inn í stigaganginn og mismargar opnar. Því verður að reyna að álagsstýra blásurum, en það verður að gerast á einhvern viðurkenndan hátt sem hentar öryggiskerfum, t.d. með mekanískum yfirþrýstingsloka sem opnast við vaxandi þrýsting í stigahúsinu.

Í DS428 er meginboðskapurinn að hanna loftræstikerfi á sem allra hlutlausastan hátt. Betra er að brunaeinangra stokka en setja brunalokur í þá vegna þess að einangrunin er föst á stokknum og þarf ekki annað en hanga föst á honum. Einangrunin er á stokknum og verður þar meðan byggingin stendur óbreytt. Brunalokan þarf hins vegar að loka opinu og þetta það þegar eldur verður laus. Ef lokan er búin að vera í stokknum árum saman eru talsverðar líkur á að óhreinindi hafi hlaðist á hana, tæring hafi orðið í kringum lokuna og hún loki því ekki á ögurstundu. Höfundur sá t.d. slíka loku í loftræstikerfi Hard Rock Café í Kringlunni eftir brunann sem þar varð fyrir fáeinum árum. Þar var lárétt gardínuloka í hæðarskilum. Fita hafði safnast fyrir í útsogsstokknum og hlaðist upp í sporinu sem stýrir blöðunum og lokan skekkist og lokaði ekki nema rúmlega helmingi stokksins.

Í DS428 er mikil áhersla lögð á að útfæra kerfin þannig að þau reyklosi sig upp um þak. Þetta er gert með því að kerfin eru hönnuð þannig að reykur leiti upp stökkakerfin án þess að leita út á hæðirnar fyrir ofan eða inn í næsta brunahólf við hliðina. Oftast þarf reyndar að setja loku í slík kerfi sem hleypir reyk fram hjá loftræstisamstæðum eða útsogsblásurum. Er þá oftast um eina eða fáar lokur að ræða sem auðveldara er að halda við en fjölda reykloka í húsum með loftræstikerfi sem hönnuð eru sem reyklokukerfi. Þessi aðferð að leiða reykinn upp stökkakerfið lágmarkar fjölda virkra hluta í kerfunum. Því er ólíklegra að kerfi, sem svona eru útfærð, bregðist á ögurstundu.

Í NFPA stöðlunum eru langir kaflar um prófanir og viðhald virkra innblásturs- og útsogskerfa.

### 3 Brunahönnun loftræstikerfa.

Í þessu kafla er fjallað um brunahönnun loftræstikerfa. Ekki er fjallað um aðgerðir til þess að forðast útbreiðslu reyks, heldur einungis útbreiðslu elds.

DS428 er ekki forskriftarstaðall sem segir mönnum í smáatriðum hvernig útfæra á bruna- og reykvarnir loftræstikerfa, heldur almennt orðuð krafa til virkni. Svona eru reyndar næstum allir evrópskir staðlar skrifaðir, þ.e.a.s. ekki er nákvæmlega lýst hvernig eigi að brunahanna loftræstikerfi, heldur einungis lýst hvert markmið hönnunarinnar á að vera. Þó er farið í gegnum ákveðnar aðferðir í leiðbeiningatexta og enn lengra er haldið á þeirri braut í SBI-skýringunum.

Samkvæmt staðlinum hefur hvert loftræstikerfi ákveðið þjónustusvæði í brunatæknilegum skilningi. Þetta þjónustusvæði getur verið eitt eða fleiri brunahólf, í einni eða fleiri brunasamstæðum. Þá geta mörg loftræstikerfi verið á sama þjónustusvæði. Kerfin hafa oft sameiginlegt loftinntak og útkast. Algengt er að mörg loftræstikerfi séu í sama tækjaklefanum. Miðja allra loftræstikerfa, þ.e.a.s. innblásturskerfa, eru loftræstisamstæðurnar en útsogskerfi eru oft mörg og dreifð. Grundvallaratriði er að hanna skal hvert loftræstikerfi fyrir sig með tilliti til elds og reyks. Taka verður tillit til allra samtenginga kerfa um loftinntök, loftupplöndunarhólf, varmaendurvinnslubúnað og sameiginleg loftútköst.

Í DS428 er bannað að nota stigaganga og önnur rými sem nýtast sem flóttaleiðir sem loftflutningsleiðir. Slíkar lausnir voru mikið notaðar á Íslandi fyrir nokkrum áratugum og er enn gert í einhverju mæli. Hins vegar er leyfilegt að nota ganga sem loftflutningsleiðir innan sama brunahólfs þar sem t.d. salerni og ræstigeymslur teljast tilheyra stigagangi.

Brunaeinangrun.

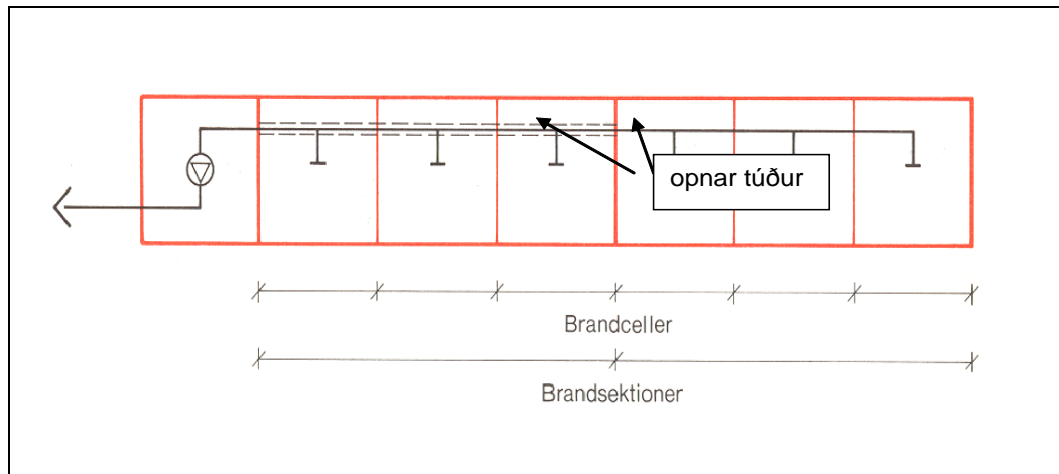
Brunaeinangrun loftstokka er sú brunavörn sem danski staðallinn eða öllu heldur SBI-skýringarnar mæla mest með. Gerð er krafa um að loftstokkar séu brunavarðir milli brunasamstæðna en ekki milli brunahólfa. Þetta er meginregla staðalsins og vert að leggja hana á minnið.

Þetta þýðir að fullnægjandi er talið að blikkstokkur gangi óeinangraður í gegnum brunahólfandi vegg með skilgreininguna EI60, en hann skal brunaverja eða setja í hann brunaloku ef veggurinn er EI90, en sú merking táknar brunasamstæðuskil.

Litið er svo á að loftstokkur úr galvaniseruðu blikki sem uppfyllir danska staðla um efnisþykktir og styrkingar uppfylli jafnframt E60. Þetta þýðir að E60 heilleiki óvarins blikkstokks veikir ekki brunaskilin meira en t.d. EICS-30 hurð.

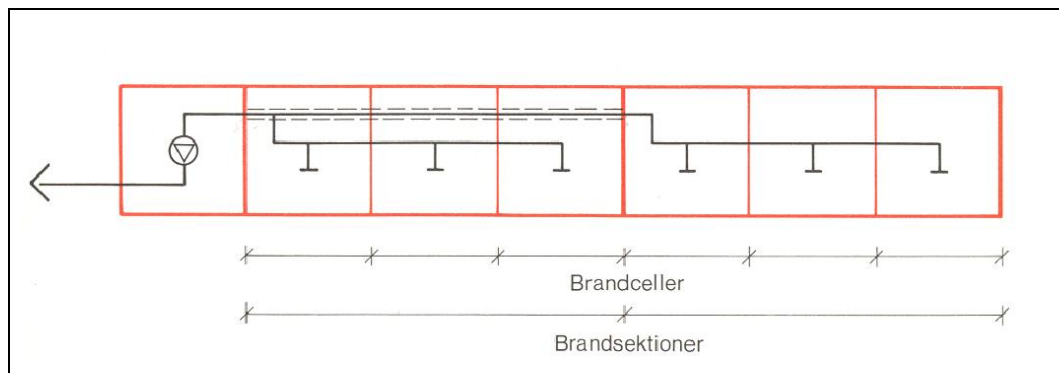
Stokka þarf þó ekki að brunaverja í ystu (eða einu) brunasamstæðunni sem þeir þjóna en þá þarf að brunaeinangra í öllum öðrum brunasamstæðum sem þeir liggja um. Afleiðing þessa er að loftstokk sem þjónar t.d. þremur brunasamstæðum verður að brunaverja frá loftræstiklefa að síðustu brunasamstæðu. Segja má að af þessu leiði að brunaeinangrun stokka við ystu samstæðuskilin sé lakari en við hin skilin vegna þess að stokkar eru einungis brunavarðir öðru megin. Þetta er engu að síður talið fullnægjandi og má telja þessu til málsbóta að stökkastærðir eru minnstar í ystu leggjum loftræstikerfa.

Í Danmörku hefur þessi veikleiki ekki leitt af sér umtalsvert tjón svo vitnað sé í SBI-skýringarnar. Svíar gera hins vegar sömu kröfu beggja vegna allra brunasamstæðuskila. Þó er þess getið í dönsku reglunum að þar sem stokkar fara milli brunasamstæðuskila eða þar sem skiptir milli sprinklervarinna og ósprinklervarinna svæða og einnig milli svæða með og án brunaviðvörunarkerfa skuli brunaeinangra stokkinn a.m.k. 1 m inn í þá brunasamstæðu sem annars þyrfti ekki að verja stokkana í. Ekki skulu vera greinar út úr stökkakerfinu á þessu bili. Þetta er einkennileg regla að mati höfundar því ef ysta brunasamstæðan er sprinklervarinn en ekki hinar af hverju þarf þá að kosta meiru til brunaeinangrunar hennar?



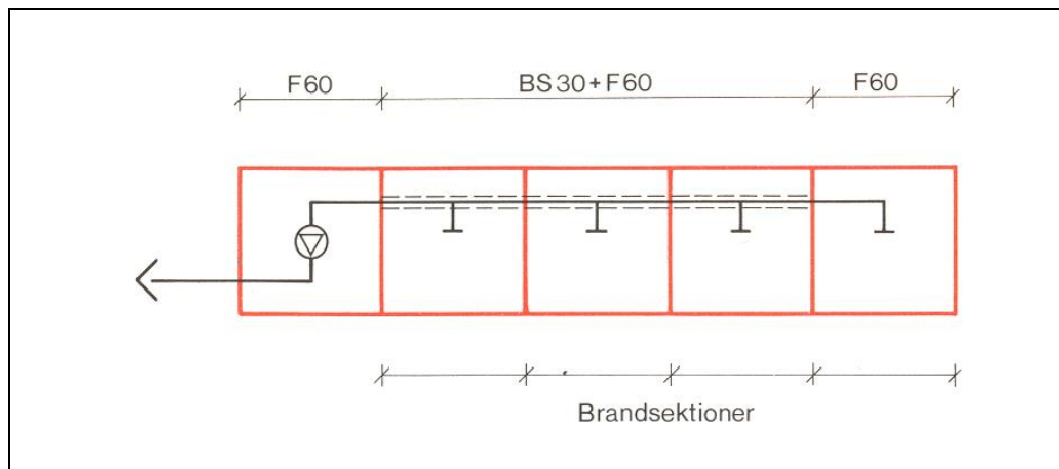
Mynd 3.1

Brunaeinangrun stökkakerfa. Stokkar eru brunavarðir í öllum brunasamstæðum (bandsektioner) sem þeir liggja um nema þeirri ystu. Ekki þarf að brunaverja stokka milli brunahólfa (brandcelle). Ekki þarf að brunaeinangra stokka í loftræstiklefa. Veggir klefa og frágangur loftræstiklefans verja stökkana í klefanum. Einu gildir hvort um útsogs- eða innblásturskerfi er að ræða. Athugið að leyfilegt er að hafa opnar túður inn á stökkinn sitt hvoru megin við brunavegginn. Slíkt snýr að reykútbreiðslu en ekki eldútbreiðslu.



Mynd 3.2

Myndin sýnir nokkuð merkilegt fyrirbæri sem er afleiðing reglunnar um brunaeinangrun loftræstistokka í öllum samstæðum sem þeir liggja um nema þeirri fjarlægustu. Greinistokk sem liggur samsíða stofninum í gegnum brunahólfaskil þarf ekki að brunaeinangra þótt stofnstokkinn verði að einangra.



Mynd 3.3

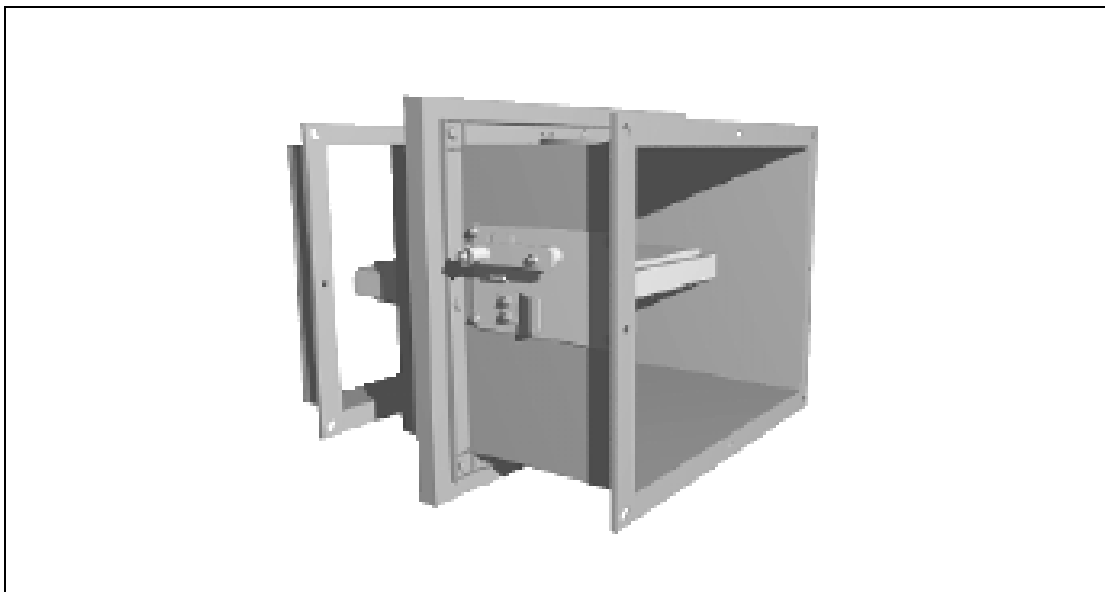
Myndin sýnir í raun það sama og mynd 3.1, en skilin milli rýmanna á þessari teikningu eru samstæðuskil. Engin brunahólf eru sýnd. Þá kemur fram brunatæknileg skilgreining stökkanna á þessari mynd, sem er E60 í blásaraklefa og ystu brunasamstæðu en EI30 annars staðar með E60 heilleika.

### 3.1 Brunalokur og brunavarnir loftræstiklefa.

Hin hefðbundna brunalokulausn er einnig möguleg samkvæmt DS428, en ekki er mælt sérstaklega með henni, enda er hún í eðli sínu óáreiðanlegri en brunaeinangrunin. Samkvæmt þeirri lausn eru brunalokur E60 (gardínulokur) milli allra brunasamstæðna, en engar lokur á milli brunahólfa.

Brunalokur verða að vera vottaðar lokur með viðurkenningum. Brunalokur verða að uppfylla þéttleikaflokk 3. Brunaloka er opin í venjulegum rekstri en lokar við 72°C hita. Ekki á að vera hægt að opna brunalokur öðruvísi en handvirkt á staðnum. Forsenda fyrir notkun brunaloka er að lokurnar festist mjög tryggilega í vegg eða plötur. Ekki er gerð krafa um einangraðar lokur, en í SBI-skýringunum er vísað í þýska staðla þar sem gerðar eru meiri kröfur til brunaloka en E60, sbr. Mynd 3.4. Annars er lítið fjallað um brunalokulausnir í SBI-skýringunum, enda greinilegt að höfundum lýst síður á hana.

Svíar leyfa ekki brunaloku eina sér í brunasamstæðuskilum, en það gerir DS428 og einnig þýskir staðlar. Svíarnir leyfa þó brunalokunni að taka helminginn af brunavörninni, og þá dygði væntanlega brunaloka og einangrun öðrum megin við vegginn. Í DS428 er ekki mælt með brunavörn loftræstikerfa eingöngu með brunalokum, en þeirri leið er þó ekki hafnað.



Mynd 3.4

Myndin sýnir dæmigerða ferkantaða einangraða brunaloku. Lokur sem þessi geta verið EI30CS, EI60CS og EI90CS. Lengra brunapol næst með þykkari einangrun spjaldsins. Lokur af þessari gerð er einnig hægt að nota sem reyklokur. Þær eru yfirleitt frekar dýrar og hafa þann galla að nokkur loftmótstaða er í þeim vegna fyrirferðar spjaldsins, sérstaklega í þröngum stökkum.

Ekki þurfa þó að vera brunalokur við loftræstiklefa því á þá er litið sem brunaeinangraða loftstokka með EI60 veggjum að minnsta kosti. Veggir og brunahurðir loftræstiklefans mynda sem sagt brunaeinangrun klefans.

Til viðbótar gildir um loftræstiklefa að þá ber einungis að nýta sem slíka. Þeir mega ekki vera of stórir þannig að þeir verði nýttir sem geymslur. Þó er litið svo á að í loftræstiklefnum megi vera tengdur búnaður, hitaveitu- og lagnagrindur, stjórnskápar fyrir kerfin o.s.frv.

### 3.2 Meginflokkun brunavarna loftræstikerfa.

Tafla 3.1 á bls 26 er tekin úr SBI-skýringunum og þar koma fram meginöryggisþættir í bruna- og reykvörnum loftræstikerfa. Taflan byggir á skiptingu kerfa eftir umfangi þeirra, þ.e.a.s. hversu mörgum brunahólfum og brunasamstæðum þau þjóna. Þjónustusvæði loftræstikerfanna geta verið ferns konar:

Eitt brunahólf eða ein óskipt brunasamstæða.

1. Ein brunasamstæða sem skipt í nokkur brunahólf.
2. Margar óskiptar brunasamstæður.
3. Margar brunasamstæður sem skiptast hver í nokkur brunahólf.

Meginþættir í brunavörnum loftræstikerfanna snúa að:

1. Staðsetningu loftræstisamstæðanna.
2. Frágangi stokka og loka innan og utan þjónustusvæðis kerfanna með tilliti til brunavarna.
3. Aðgerðum til varnar reykútbreiðslu í kerfunum. Um reykútbreiðslu og aðgerðir til að stöðva hana er fjallað í kafla 4.

Í DS428 er lítið sagt um hvernig brunavörnum verði náð, aðeins markmiðið skýrt. Eins og áður hefur komið fram er markmið brunavarna samkvæmt staðlinum að gera byggingu með loftræstikerfi jafn örugga og sams konar byggingu án loftræstikerfis. SBI-skýringarnar ganga lengra í að túlka staðalinn og hvernig megi ná markmiðum hans. Hér verður farið í gegnum þá túlkun.

Stokkar koma í tveimur útfærslum.

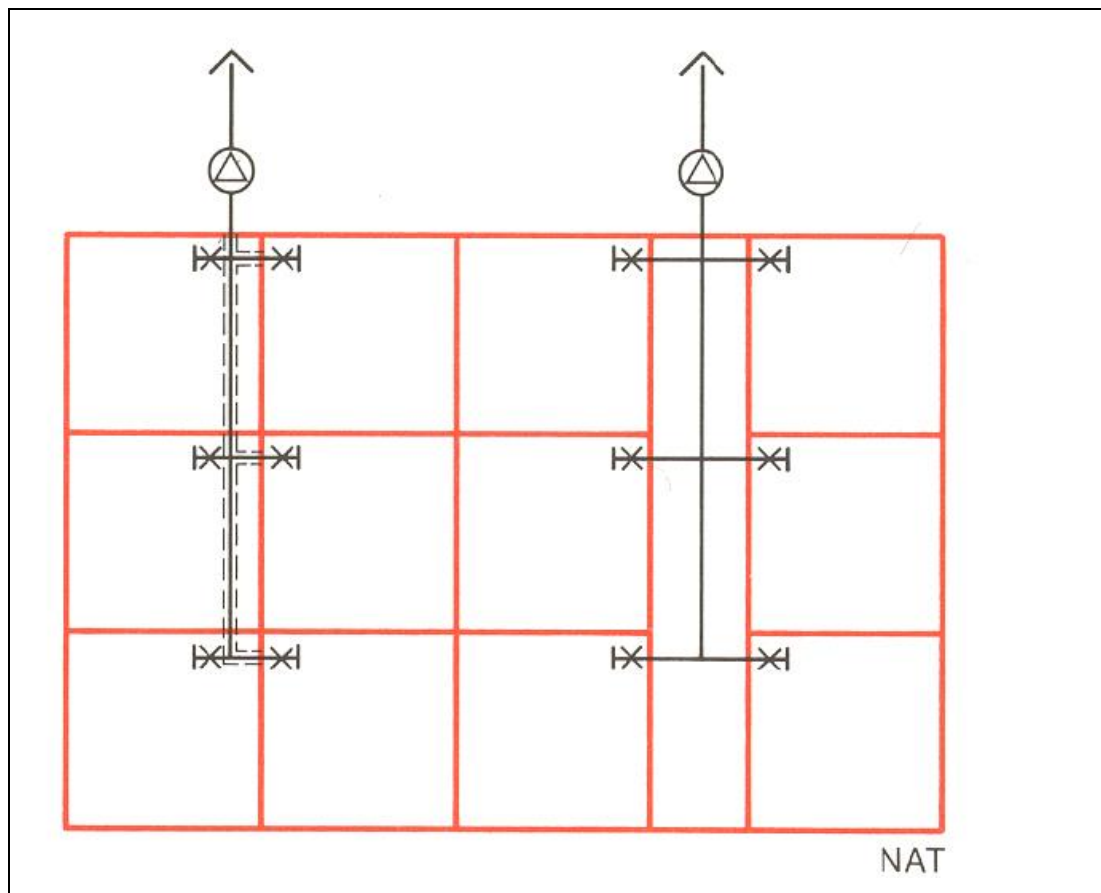
1. F60 stokkur. F60 er í anda þeirra skammstafana sem beitt var hérlendis fyrir byggingarreglugerðina 1998 og jafngildir E60 skv. núgildandi reglugerð og skýringunum hér að framan. Þetta táknar blikkstock sem heldur sér í 60 mínútur í stöðluðu brunaprófi. Blikkstockur sem þessi heldur formi sínu í 60 mínútur en allt brennanlegt efni í kringum hann er brunnið og sviðnað því hann hefur hverfandi einangrunargildi.
2. BS30 stokkur jafngildir E130 eða A30 skv. gömlu brunatáknunum. Þetta er brunaeinangraður stokkur sem uppfyllir stöðluð brunapróf. Þessi stokkur heldur forminu í 60 mínútur og einangrun hans dugir í 30 mínútur.

Nánar verður farið yfir þær kröfur sem stokkar og einangrun þurfa að uppfylla.



Danir - og einnig Íslendingar hin síðari ár - nota mikið svokallaða brunaeinangraða lagnastokka eða „installation skakt“ sem eru brunaeinangruð rými sem ganga lóðrétt upp byggingar. Í slíkum lagnastokkum þarf ekki að brunaeinangra blikkstokkana, en gerð er krafa um að lagnastokkurinn sjálfur sé EI60 og lúgur eða hurðir á honum EI60 (ath. ekki EI30). Stokkarnir verða að lokast til endanna, einnig inn í loftræstiklefa.

Þessir lagnastokkar geta skv. staðlinum einnig verið stokkar fyrir pípulagnir og raflagnir. Sú krafa er þó gerð að lagnir í stokknum séu brunatæknilega hagstæðar. Í þýskum reglum er bannað að hafa raflagnir með brennanlegri einangrun eða einangrun sem gefur frá sér eittraðan reyk við bruna í slíkum lagnastokknum. Þá má vökvi í lögnum ekki vera heitari en 110°C. Svíar gera kröfu um aðskilnað innblásturs- og útsogsstokka með óbrennanlegu skilrúmi eða að stokkarnir uppfylli EI15, þ.e. einangrun sem endist 15 mínútur. Þá gera Svíar þá skynsamlegu kröfu að útsogsstokkar frá stóreldhúsum skuli vera EI30 ef þeir liggja um áður nefnda lagnastokka.



Mynd 3.5

Myndin sýnir tvær mismunandi útfærslur við brunaeinangrun loftstokka. Stokkurinn hægra megin er brunaeinangraður í gegnum allar brunasamstæður sem hann þjónar nema þá síðustu. Krossarnir tákna reyknotstöður sem eiga að tryggja að reykur berist upp stökkakerfið en ekki inn í aðrar brunasamstæður ofar, sbr. kafla 4. Stofnstokkurinn hægra megin liggur í einangruðum lagnastokki, EI60, og þarf því ekki að brunaeinangra hann.

### 3.3 Reykútbreiðsla

Fjallað er nákvæmlega um aðgerðir til varnar reykútbreiðslu í kafla 4. Reykútbreiðslan er þó tekin fyrir hér til að hægt sé að setja fram töflu 3.1 hér að aftan sem er mikilvæg heildarsamantekt á staðlinum DS428.

Nokkrar lausnir koma til greina varðandi varnir gegn reykútbreiðslu í loftræstikerfum. Val á lausnum er einkum háð því hvort um dag- eða næturbyggingar sé að ræða. Í meginatriðum er næturbygging svefnstaður fólks. Dagbygging er þá ekki svefnstaður. Ráðstafanir gegn reykútbreiðslu ráðast einnig af því hvort um samtengingar kerfa er að ræða, s.s. um sameiginleg loftinntök o.s.frv.

Eins og fram kemur í töflu 3.1 eru ráðstafanir til að draga úr reykflutningi innan brunhólfs óþarfar skv. Staðlinum, en auðvitað verður brunatæknilegur hönnuður loftræstikerfa að huga að öryggi flóttaleiða innan brunahólfa og einnig þarf að huga að verðmætavernd.

Aðaltækin til varnar eldi og útbreiðslu reyks í loftræstikerfum eru:

1. Brunalokur sem loka við ákveðið hitastig, yfirleitt bræðivarslokur.
2. Reyklokur sem loka þegar kerfið stöðvast.
3. Framhjáhlaupslokur sem opna fyrir reyk út úr húsinu þegar kerfið stöðvast.
4. Hitaskynjarar sem stöðva kerfið þegar stökkhiti fer yfir ákveðið mark.
5. Reykskynjarar sem stöðva kerfið við reyk í stökkakerfinu.

Í dæmunum í kafla 6 er sýnt hvernig túlka á töflu 3.1.

**Tafla 3.1**

Yfirlit yfir ráðstafanir til að tryggja öryggi loftræstikerfa með tilliti til elds og reyks að teknu tilliti til stærðar (útbreiðslu) þeirra.

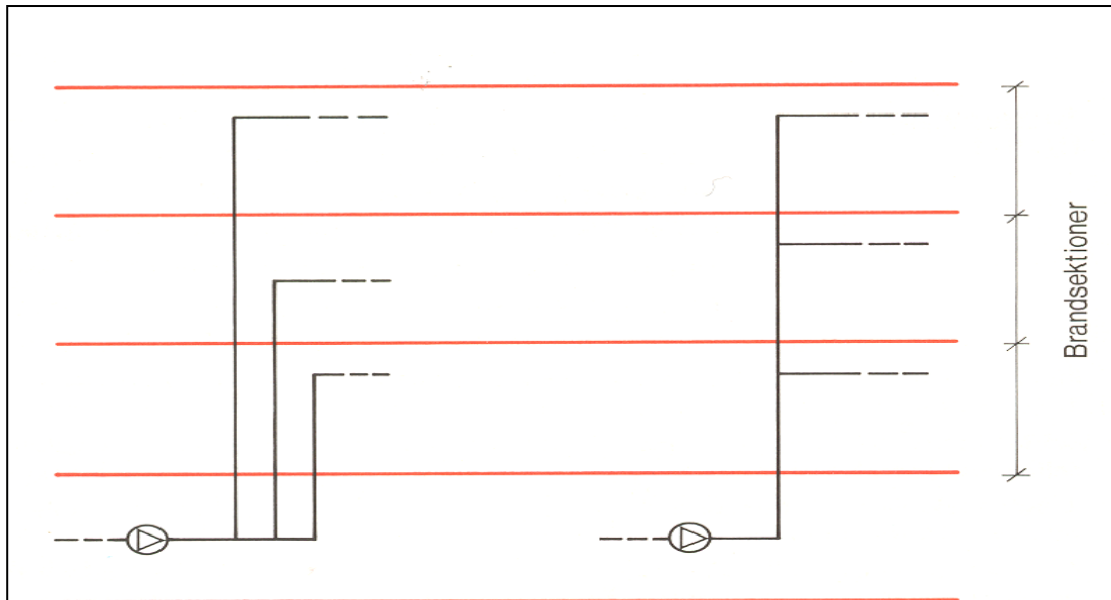
<b>Staðsetning loftræstisamstæðu</b>	<i>Þjónustusvæði</i>			
	<b>Eitt brunahólf eða ein óskipt brunasamstæða</b>	<b>Ein brunasamstæða með nokkrum brunahólfum</b>	<b>Margar brunasamstæður sem ekki er skipt í brunahólf</b>	<b>Margar brunasamstæður sem skiptast í mörg brunahólf hver</b>
Utan dyra	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
Á þjónustusvæðinu	<i>Í lagi</i>	<i>Gengur ekki</i>	<i>Gengur ekki</i>	<i>Gengur ekki</i>
Í BS30 (EI30) einingu á þjónustusvæðinu	<i>Óþarft</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Gengur ekki</i>	<i>Gengur ekki</i>
Í loftræstiklefa sem er sérstakt brunahólf	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
Í þakrými sem ekki nýtist í annað	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
<b>Stokkar og búnaður innan þjónustusvæðis</b>				
E60 í fjarlægustu samstæðu.	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
EI30 í öðrum samstæðum	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
Barkar úr brennanlegum efnum	<i>Í lagi</i> 6)	<i>Stuttar lengdir</i> 6) 2)	<i>Stuttar lengdir</i> 6) 2)	<i>Stuttar lengdir</i> 6) 2)
<b>Stokkar og búnaður utan þjónustusvæðis</b>				
E60 í loftræstiklefum, ónotuðum þakrýmum og úti	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
E60 í EI60 lagnastokki	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>
E60 og EI30 stokkar í	<i>Í lagi 3)</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>	<i>Í lagi</i>

öðrum rýmum				
<b>Reykvarnir stökkakerfa 4)</b>				
Reykútloftað stökkakerfi	Óþarft	Í næturbyggingum	Í lagi	Í lagi
Reykspjöld milli brunahólfa	Óþarft	Í næturbyggingum	Í lagi	Í næturbyggingum
Reykspjöld milli brunasamstæðna	Óþarft	Í næturbyggingum	Í lagi	Í dagbyggingum
Innblástur (útsog?) við gólf	Óþarft 1)	Í næturbyggingum	Í lagi	Í lagi
<b>Bruna- og reykviðvörðunarkerfi 5)</b>				
Hitaskynjarar og reykspjöld í útsogi	Óþarft	Krafa	Krafa	Krafa
Reykspjöld á sameiginlegum inntökum og útkaststokkum.	Krafa	Krafa	Krafa	Krafa

Skýringar við töflu 3.1:

- 1) Þessar ráðstafanir má gera, en þær eru ekki brunatæknilega nauðsynlegar.
- 2) Notkun brennanlegra efna í loftstokka má aðeins innan sama brunahólfs eða brunasamstæðu ef hún er ekki hólfluð. Þetta er einungis heimilt ef brennanlegu barkarnir hafa ekki áhrif á öryggi rýmisins, sjá 6).
- 3) Þegar þjónustusvæðið er eitt brunahólf geta stokkar í öðrum brunahólfum, innan sömu brunasamstæðu flokkast sem E60.
- 4) Ráðstafanir gegn reykútbreiðslu um stokka eru óþarfar innan hvers brunahólfs, eða innan óhólfaðrar brunasamstæðu.
- 5) Ráðstafanir sem gerðar eru skulu tryggja að reykur komist ekki milli uppblöndunartenginga eða í gegnum varmaskipta, sameiginleg loftinntök og útköst og um sameiginlega loftræstiklefa. Þessar ráðstafanir eru óþarfar ef samstæður og stökkakerfi eru hönnuð þannig að reykútbreiðsla frá þeim er ómöguleg.
- 6) Í íslensku byggingarreglugerðinni er notkun brennanlegra loftstokka algerlega bönnuð, en þó er hönnun leyfð skv. DS428.

### 3.4 Brunaeinangrun og fyrirkomulag stökkakerfa



Mynd 3.6

Myndin sýnir tvær mismunandi aðferðir við uppbyggingu loftstökkakerfa. Annars vegar sérstök að hverri brunasamstæðu og hins vegar einn stofn sem fæðir allar brunasamstæður.

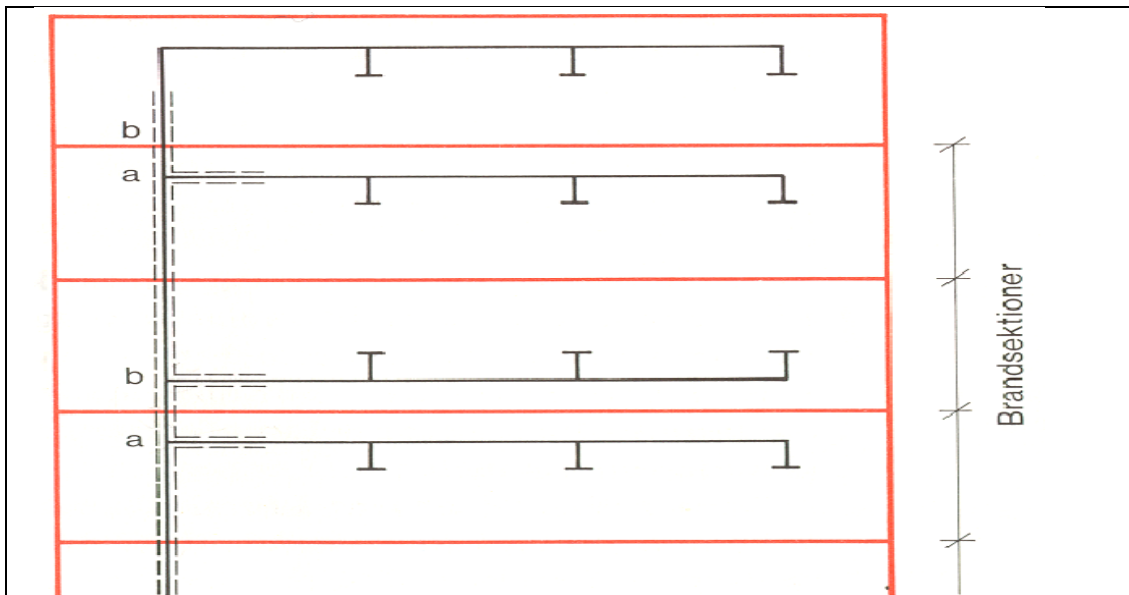
Hægt er að leggja stökkakerfi út brunatæknilega í meginatriðum á tvo vegu, sbr. mynd 3.6. Í fyrsta lagi er hægt að leggja einn stofnstokk frá loftræstisamstæðu að hverri brunasamstæðu og er þá tekin grein út t.d. á hverri hæð. Hin leiðin er að leggja sjálfstæða stokka að hverri brunasamstæðu eða hæð. Síðari lausnin er yfirleitt alltaf dýrari og er því minna notuð, en hún hefur nokkra kosti varðandi reykútbreiðslu miðað við hefðbundnu aðferðina. Reykur berst tæplega niður loftræstikerfið, niður í kjallara og síðan upp aftur inn í aðrar brunasamstæður í slíku kerfi. Á sama hátt ef loftræstiklefinn er uppi í þaki berst reykurinn tæplega upp alla bygginguna og síðan niður aftur, a.m.k. ekki ef reyklosað er framhjá samstæðunum í þaki.

Eins og hér kemur fram getur fyrirkomulag stökkakerfisins haft úrslitabýðingu varðandi útbreiðslu reyks. Fyrirkomulags stökkakerfa hefur hins vegar lítil sem engin áhrif á útbreiðslu elds milli brunasamstæðna um loftstokka, því í raun skiptir þar einungis máli hvort stokkar liggi milli brunasamstæðna eða ekki.

Þessi aðferð er lakari með tilliti til varnar útbreiðslu elds því stokkar sem ganga í gegnum brunahólfa- og brunasamstæðuskilin verða fleiri og heildarflatarmál þeirra meira. Eins er alltaf erfiðara að þétta með mörgum smáum stökkum en fáum stórum þegar stokkar liggja þétt saman. Þetta er reyndar mikið vandamál héraendis þegar blikksmiðir leggja stokka, en aðrir sérhæfðir fagmenn sjá um brunapéttingar. Vandinn er oft sá að þéttiverktakinn kemur of seint á staðinn þannig að vinnuáðstæður hans verða mjög erfiðar.

Staðallinn krefst þess, eins og fram hefur komið, að stokkar sem liggja um aðrar brunasamstæður en þá fjarlægustu sem þeir þjóna skuli vera brunaeinangraðir EI30, eins og lýst er í sérstökum kafla hér síðar. Stokkar í blásaraklefa, skriðrýmum og ónotuðum þakrýmum þurfa ekki að vera brunaeinangraðir, heldur skulu þeir uppfylla E60.

Til að koma í veg fyrir að loftstokkar veiki brunasamstæðuskil verður annað hvort að brunaeinangra stökkana, eins og búið er að fara í gegnum hér að ofan, eða setja brunaloku í brunasamstæðuskilin. Varðandi bil milli tenginga inn á stokka sitt hvoru megin við samstæðuskil segir í skýringunum að veruleg fjarlægð skuli vera milli þeirra þannig að ekki sé hætt á að eldur geti borist beint milli samtenginganna. Þetta er ekki skýrt frekar, en túlka mætti verulegt bil sem t.d. 7-10 stökkþvermál. Ef opin eru nær en þetta, t.d. 5 stökkþvermál frá stofnstokki, er mælt með því að greinarnar séu einangraðar.



Mynd 3.7

Myndin skýrir hvernig nauðsynlegt getur reynst að einangra greiningar frá stofnstokkum ef þær liggja mjög nálægt hvor annarri. Ef nálægðin milli greininganna er meiri en um 10 stökkþvermál verður að einangra um fimm stökkþvermál frá stofnstokki.

Á það er þó rétt að benda að alltaf skal vera reykloka í brunasamstæðuskilum eða stökkakerfið reykútloftað.

Reyndar getur einnig verið hætt á að eldur berist upp um óeinangraðar greiningar á efri hæðum í reykútloftuðu stökkakerfi. Forsenda brunaeinangrunar er að stökkurinn sem er brunaeinangraður sé mekanískt stöðugur.

Brunalokur hafa auðvitað áhrif á reykútbreiðslu því þær loka jafnt á eld sem reyk. Verði eldur laus í rými sem loftræst er með stökkakerfi sem varið er með brunalokum eru allar líkur á að útsogslokan loki fyrst því innblástursloftið kællir lokuna í innblásturskerfinu. Þetta getur valdið yfirþrýstingi í brunasamstæðunni og þar með reykútbreiðslu út fyrir brunasamstæðuna. Í kerfum, þar sem reynt er að stýra reykútbreiðslunni, er útsogið oft látið ganga en lokað fyrir innblástur þannig að hér hafa brunalokurnar þveröfuga verkun sem beinlínis getur verið hættuleg fólki.



### 3.5 Brunavörn loftræstisamstæðuhluta og loftræstiklefa

Í megindráttum er litið á loftræstisamstæður, blásara og þess háttar búnað sem hluta stökkakerfis. Meginreglan er að loftræstibúnaði stærri kerfa, sbr. töflu 3.1 hér að framan, er komið fyrir í sérstökum loftræstiklefa. Innan þess klefa er einungis gerð krafa um E60 stokka, eða óbrennanlega stálstokka. Í DS428 er einnig leyfilegt að nýta þakrými sem loftræstiklefa að því gefnu að hann sé ekki nýttur til annars. Eru þá sömu kröfur gerðar til stökkakerfa og loftræstiklefa.

Loftræstiklefi með búnaði sem þjónar stórrí byggingu með mörgum brunahólfum og brunasamstæðum er í eðli sínu mjög hættulegur með tilliti til útbreiðslu reyks og jafnvel elds. Að þessum sökum leggur DS428 mikla áherslu á að loftræstiklefar séu hæfilega stórir svo gott sé að komast að búnaði, en alls ekki of stórir þannig að þeir breytist í geymslur. Ótrúlegt er að sjá hvað stundum er geymt í loftræstiklefum stórbygginga hérlendis; málningarvörur, tjara til þakviðgerða o.s.frv. Ef þakrými er notað til annars en sem loftræstiklefi verður að hólfa hann frá öðrum hlutum rýmisins.

Loftræstiklefi skal vera EI60 brunahólf. Ef í klefanum er eingöngu loftræstibúnaður og ef til vill lagnabúnaður eru ekki gerðar kröfur til brunaeinangrunar stökkakerfisins í honum. Litið er á klefaveggina sem brunaeinangrun stökkakerfisins. Þessari hugsun má líkja við brunaeinangraða lagnastokka sem áður hefur verið fjallað um. Sú lausn að koma loftræstibúnaði fyrir í ónýttu þakrými er svolítið öðruvísi hugsuð í Danmörku en á Íslandi. Í Danmörku er aðeins krafa um 30 mínútna brunapól gagnvart þaki en hérlendis er venja að þakrými sé sérstök brunahólf.

Í Svíþjóð er hægt að velja milli þess að byggja loftræstiklefa utan um samstæður og að brunaverja samstæðurnar eins og stökkakerfin EI30.

### 3.6 Brennanlegir stokkar og eldfim efni í loftstokkum

Samkvæmt íslensku byggingarreglugerðinni eru brennanlegir loftstokkar bannaðir. Í reglugerðinni segir:

*187.18 Í loftrásum skal vera óbrennanlegt efni og skal einangrun þeirra vera óbrennanleg.*

Í DS428 eru brennanlegir barkar og mjúktengi leyfð úr brennanlegum plastefnum í flokki B. Þetta er þó með þeim fyrirvara að þessir brennanlegu stökkahlutar hafi hverfandi áhrif á brunaálag rýmisins og hafi ekki áhrif á reykútbreiðslu gegnum kerfið. Oft er skynsamlegt að hafa útsogsstokka frá efnarannsóknastofum úr plastefnum ef um tærandi gufur er að ræða í stökkakerfinu. Í Þýskalandi er leyft að nota brennanlega loftstokka frá rannsóknastofum sem ganga milli brunasamstæðuskila, en þá verður að byggja utan um þá eldtrausta fóðringu.

Útsogsstokka frá stóreldhúsum hefur aðeins verið minnst á áður, en þá verður að leiða að sérstökum útsogsblásara og brunaeinangra frá öðrum stokkum. Á slíkum

stokkum skal hafa nægilega mörg hreinsiop þannig að auðvelt sé að þrifa stökkana að innan. Bandaríski staðallinn NFPA 96 fjallar sérstaklega um útfærslu stokka frá stórelðhúsum og verður fjallað um hann síðar.

#### 4 Aðferðir til varnar reykútbreiðslu.

Í þessum kafla er fjallað um varnir gegn reykútbreiðslu. Mikilvægt er að menn átti sig á þeim forsendum sem hér er reiknað með; að stökkakerfið sé óskemmt af eldi og hita, enda eiga ráðstafanirnar í kaflanum hér að framan að tryggja að svo sé.

Reykútbreiðsla um loftræstikerfi verður með þrennum hætti:

1. Um stökkakerfi.
2. Um loftræstiklefa.
3. Um sameiginleg loftinntök eða útkast.

Reykútbreiðsla milli brunahólfa og brunasamstæðna um loftstökkakerfi er hægt að fyrirbyggja með tveimur aðferðum sem eru í grundvallaratriðum ólíkar:

Annars vegar er stökkakerfinu lokað, þannig að reykur komist ekki um það.

Hins vegar er reyknum hleypt upp um stökkakerfið og hiti reyksins nýttur til að tryggja skorsteinsverkun heita loftsins.

Grundvallaratriði í aðgerðum til varnar reykútbreiðslu er að tryggja að reykur berist ekki milli brunahólfa næturbygginga og ekki á milli brunasamstæðna dagbygginga. Hér er mjög mikilvægt að skilgreina byggingar rétt. Augljóst er t.d. að sjúkrahús og hótél eru næturbyggingar. Erfiðara getur verið að skilgreina skóla, eru þeir dagbyggingar? Höfundur hefur oft sofið í skólastofum sem liðstjóri í fótboltakeppnum barna, svo dæmi sé tekið. Hvernig á að skilgreina skrifstofuhúsnæði með húsvarðaríbúð á efstu hæð?

Í skýringunum við DS428 er ekki lögð áhersla á að stöðva rekstur loftræstikerfa í eldi. Bent er á að ekki sé víst að eldur komi upp meðan loftræstikerfi eru í rekstri. Því verður að tryggja að reykur berist ekki milli brunasamstæðna í dagbyggingum eða brunahólfa í næturbyggingum hvort sem kerfin eru í gangi eða ekki.

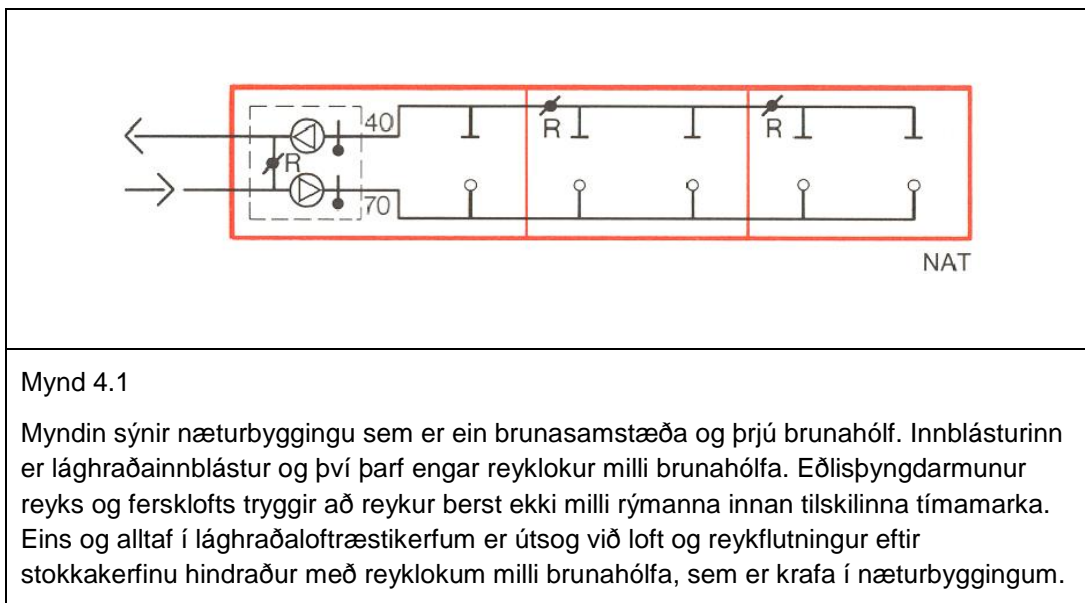
#### 4.1 Aðferðir til að stöðva útbreiðslu reyks um stökkakerfi.

Í DS428 eru nefndar tvær aðferðir sem tryggja eiga að reykur komist ekki milli brunahólfa eða brunasamstæðna um stökkakerfin.

Annars vegar skal nota reyklokur sem loka rýminu þar sem reykurinn er.

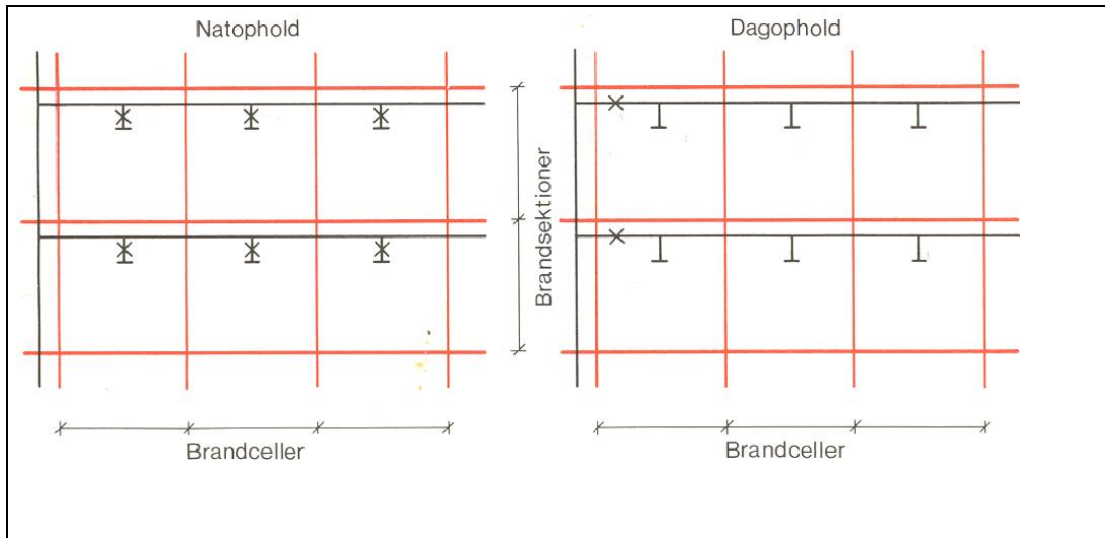
Hins vegar er hægt að ná sama markmiði með því að staðsetja innblásturs- og útsogstúður í minna en 1 m hæð frá gólfi.

Þessi lausn byggir á þeirri staðreynd að reykur er heitur og leitar upp og mikil lagskipting verður í rýminu þar sem eldurinn kemur upp. Í raun er erfitt að sjá fyrir sér loftræstikerfi sem svona er útfært, bæði varðandi innblástur og útsog, en þessi lausn getur gengið með reyklokulausn fyrir kerfi með lághraðainnblæstri. Lághraðainnblástursristarnar mega ekki vera í meiri hæð en 1 m frá gólfi.



## 4.2 Reykútloftuð stökkakerfi

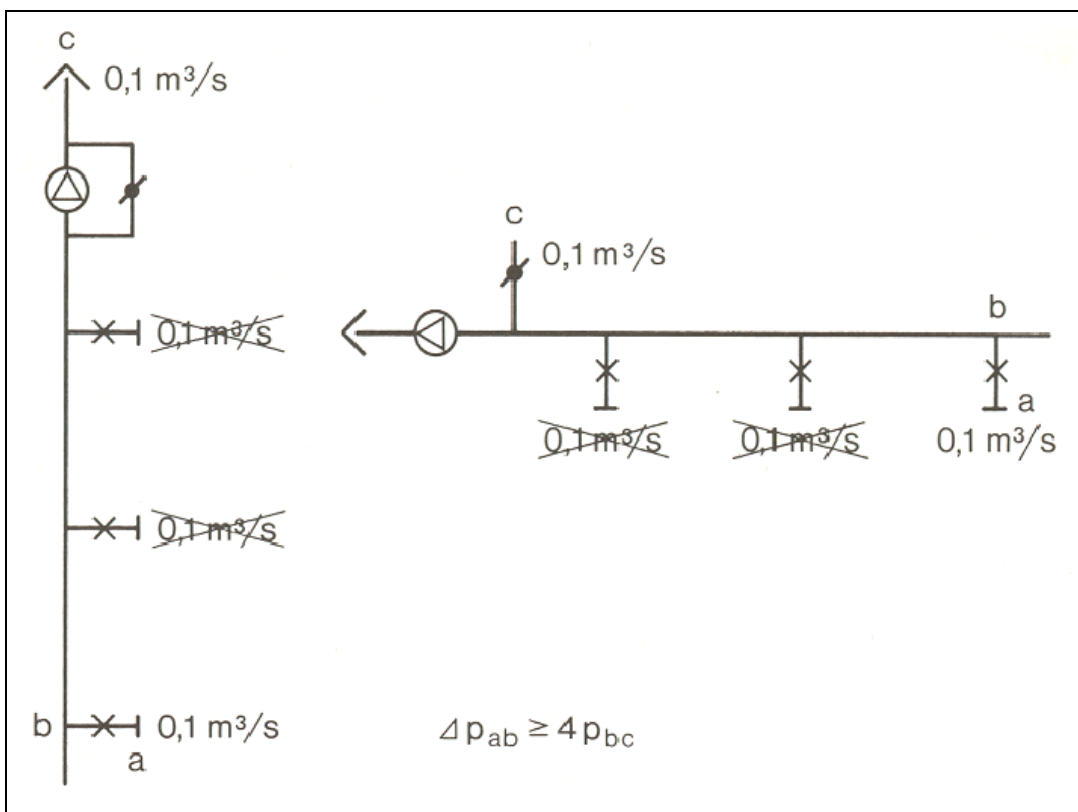
Reykútloftað loftræstikerfi verður að hanna þannig að reykur berist upp um efsta punkt í kerfinu og út úr byggingunni, en ekki inn um innblástursdreifara eða útsogstúður á hæðunum fyrir ofan eða í næsta hólfi við hliðina.



Mynd 4.2

Myndin sýnir muninn á útfærslu reykútloftaðs loftræstikerfis í næturbyggingum annars vegar og í dagbyggingum hins vegar. Í næturbyggingum verður að vera mótstaða í tengingum inn í hvert brunahólf, táknað með X á myndinni. Í dagbyggingum verður að vera mótstaða í tengingum inn á hverja brunasamstæðu.

Mikilvægasta atriðið í hönnun svona kerfa er að tryggja að mótstaða fyrir reykinn frá hverju rými að stofnstokkum sé veruleg og að minnsta kosti fjórföld mótstaðan í stökkakerfinu frá tengistað greinistokksins og upp úr húsinu. Þetta kann að virðast strangar kröfur sem veruleg áhrif hafa á stærðir loftstokka. Í raun er svo ekki í stærri kerfum vegna þess að reyk magnið sem reiknað er með að berist upp frá hverju herbergi er aðeins 100 l/s á hverja túðu. Mest skal reikna með þremur túðum sem hleypa reyk inn í kerfið samtímis. Ef túðurnar eru færri skal reikna með þeim fjölda sem er í rýminu. Þá er gert ráð fyrir að reykurinn sé 200°C heitur þegar hann kemur inn í stökkakerfið.



Mynd 4.3

Myndin sýnir hvernig reykútlöftuð stökkakerfi skulu hönnuð. Ef aðeins ein túða er í hverju brunahólfi í næturbýggingu, t.d. ein útsogstúða í hverju hótélherbergi, reiknast reyk magnið aðeins 100 l/s (360 m³/h) á hverja túðu. Þrýstifallið frá **a** til **b** verður þá að vera a.m.k. fjórfalt þrýstifallið frá **b** til **c** miðað við að 100 l/s. Sama verður að gilda fyrir allar tengingar inn á stofnstokkinn. Framhjálaupslokan við blásarann er ekki alltaf nauðsynleg. Hún er því aðeins nauðsynleg að mótstaðan í gegnum kyrrstæðan blásarann hafi áhrif á hlutfallið milli mótstöðunnar frá **a** til **b** og **b** til **c**.

Athugið að þótt dæmið sýni útsogskerfi gildir alveg það sama um innblásturskerfi. Þess vegna verður oft að útbúa framhjálaupslokur því síur, varmaendurvinnsluelement og rakatæki geta hæglega lokast af sóti ef reyk trekkir í gegnum þær.

Það gefur augaleið að fyrir stærri kerfi eru stofnstokkar miklu stærri en greinistokkar. Segjum t.d. að stofnstokkur sé hannaður fyrir flutning á 2000 l/s þar sem greinistokkur kemur inn á hann og mótstaða í stökknum í venjulegum rekstri sé 100 Pa frá samstæðu að greinistokki. Þá má reikna með að við 300 l/s, sem jafngildir hámarksreykmagni frá þremur túðum, sé mótstaða stökkakerfisins:

$$\Delta P_{300l} \cong 100 \times (300/2000)^2 = 2,25 \text{ Pa (næstum engin mótstaða)}$$

Aftur á móti er þrýstifall í greininni frá stofninum að túðunum þremur svipað og í venjulegum rekstri því 100 l/s er dæmigert loftmagn á DN200 dreifara. Jafnframt má reikna með að þrýstifall í greinistokkum, þrýstiboxi og dreifara sé um 40 Pa. Í þessu tilfalli má því segja að:

$$\Delta P_{ab} \cong 40 \text{ Pa}$$

og

$$\Delta P_{bc} \cong 2,25 \text{ Pa}$$

Þannig að:

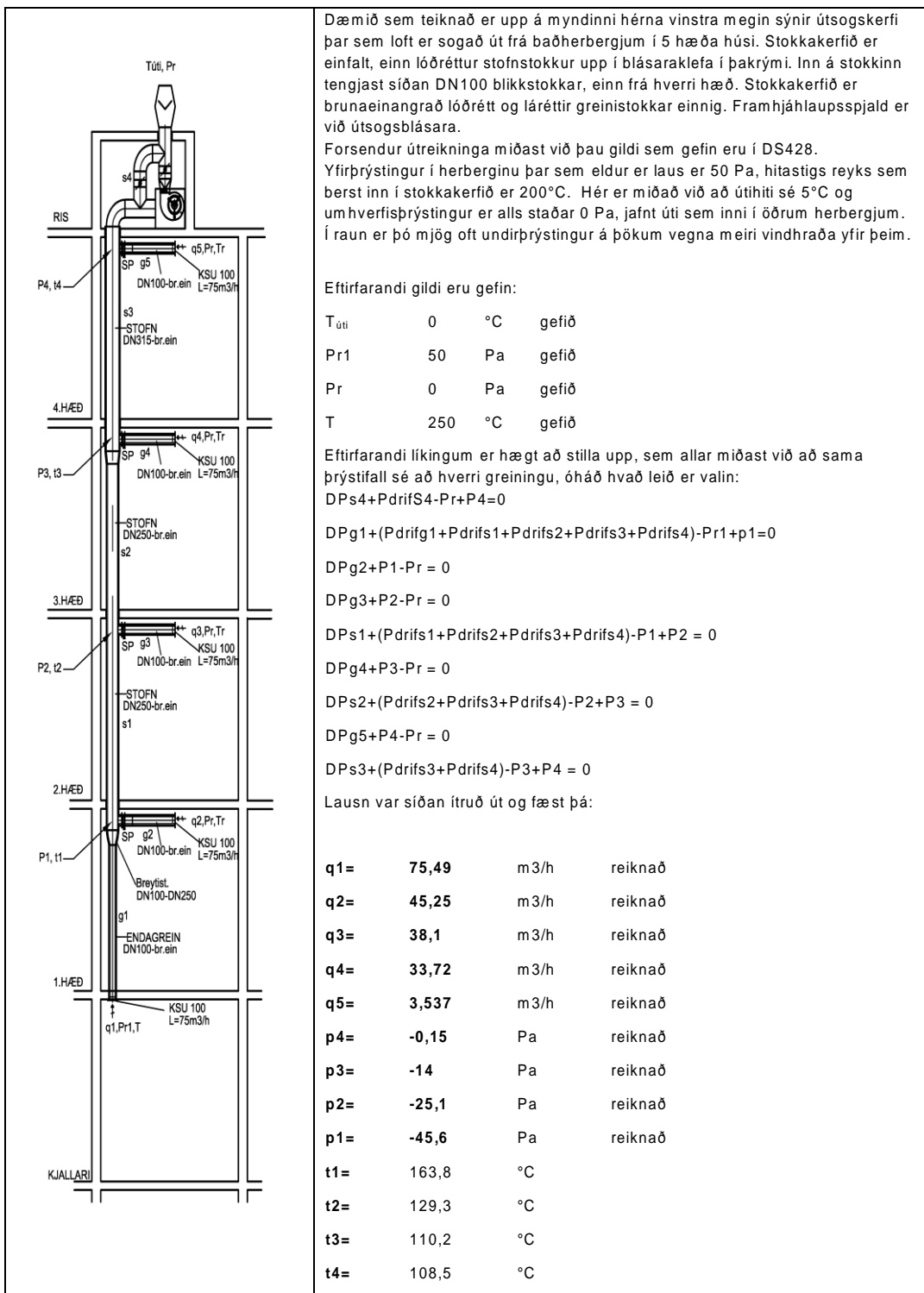
$$\Delta P_{ab} \cong (40/2,25) \times \Delta P_{bc} = 17,8 \times \Delta P_{bc}$$

Þrýstifallið yfir dreifikerfið er um átjánfalt þrýstifallið í stofnstokknum og því er þessi tenging í lagi. Þetta gildir þar sem stofninn er stór, en í endum stofnstokksins er mótstaðan orðin svipuð og í greinunum, enda stokkurinn hannaður fyrir sama loftmagn þar. Í endagreinum getur því þurft að stækka stofnstokkana frá því sem annars væri, þar sem þessari hönnunaraðferð við reyklosun kerfisins er beitt.

Eftirfarandi reiknaðferðir eru einfaldaðar:

Heitur reykur streymir ekki inn í stökkakerfið og út úr greinistokkum ofar í kerfinu, nema undirþrýstingur verði í því sem dregur inn loft frá öllum greinistokkum, bæði ofan og neðan við innstreymið og reykurinn kólni vegna blöndunar. Þetta þýðir í raun að mun meira streymi verður í stökkakerfinu en eingöngu reykurinn frá brunasvæðinu. Auk þess kólnar reykurinn vegna uppblöndunarinnar. Hægt er að reikna flutning reyks um loftræstikerfi miðað við forsendurnar í DS428, en þær eru að reykhitu inn í stökkakerfið sé 200°C og yfirþrýstingur 50 Pa í brunahólfinu sem reykurinn er í. Mynd 4.4 sýnir loftræstikerfi og einfaldað reiknilíkan af því. Þrýstifallsútreikningarnir eru gerðir í töflureikni og lausnin er ítruð út þannig að þrýstijafnvægi fæst í hverjum reiknipunkti. Hver grein í stökkakerfinu er reiknipunktur.

Í reykútlöftuðum loftstökkakerfum verður að tryggja að reyk sé hleypt framhjá loftræstisamstæðum þar sem síur, hitaelement og varmaendurvinnslubúnaður geta stíflast af sóti. Slíkar framhjáhlaupslokur eru venjulegar reykþéttar spjaldlokur sem eru lokaðar í daglegum rekstri, en opna þegar straumur fer af kerfinu eða við stöðvun þess. Höfundur hefur hins vegar til skamms tíma haft þann skilning að ef tryggt er að brunaviðvörðunarkerfið opni framhjáhlaupslokuna þá þurfi hún ekki að opnast við venjulega stöðvun. Slík opnun við venjubundna stöðvun gæti valdið vandræðum vegna t.d. innstreymis kalds lofts niður útsogsstokka o.s.frv. Við undirbúnings þessa rits komst höfundur þó að því að Danir gera þá kröfu að þessar lokur opnast alltaf við stöðvun kerfa.

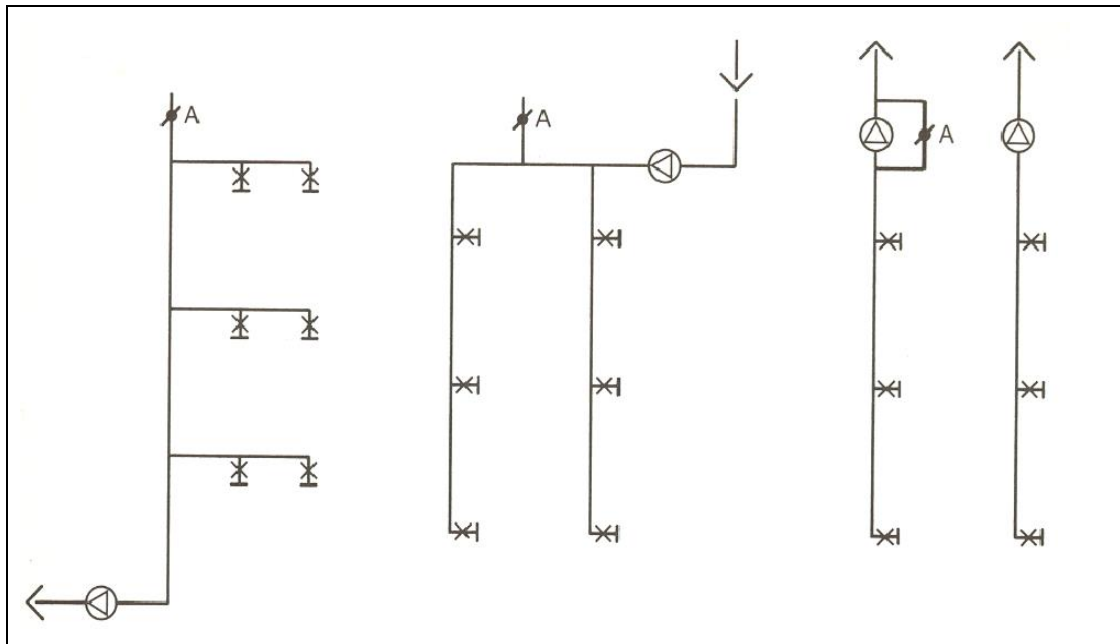


Mynd 4.4

Myndin sýnir nákvæman útreikning á þrýstifalli í raunverulegu stokkakerfi. Takið eftir hve lítill undirþrýstingur er í stokkakerfinu.



Ef um útsogsblásara er að ræða í útsogskerfi þarf ekki að hleypa reyk framhjá honum ef hægt er að sýna fram á að mótstaða fyrir reyk í gegnum hann sé hverfandi. Slíkar upplýsingar um þrýstifall í blásara sem ekki er í gangi liggja þó yfirleitt ekki fyrir.



Mynd 4.5

Myndin sýnir þrjú dæmi um reykútloftuð stökkakerfi. Krossarnir **X** tákna mótstöðu í stillispjöldum og túðum, **A** tákna framhjálaupsloku. Kerfið vinstra megin er með blásara niðri, mótstöðu í öllum greinum og framhjálaupsloku efst í kerfinu. Í reynd gæti verið erfitt að koma þessari lausn við því blásarinn er alltaf hafður á þaki ef mögulegt er að komast upp úr því með útsogskerfi.

Kerfið í miðjunni er innblásturskerfi í risi með mótstöðu í öllum greinum og framhjálaupsloku efst. Kerfin lengst til hægri eru útsogskerfi í risi. Í öðru þeirra er framhjálaupsloka, ef til vill vegna síu eða varmaendurvinnslubúnaðar. Í hinu kerfinu er ekki framhjálaupsloka því óveruleg mótstaða er í blásaranum.

Eins og fram kemur í útreikningum hér að framan er um mjög lítinn þrýstimun að ræða í reykútloftuðum stökkakerfum. Auðvelt er að halda því fram að tiltölulega lítill vindur geti valdið því að rými, sem reykur ætti ekki að berast inn í miðað við logn, geti orðið lágþrýstara en stökkakerfið og reykur því borist inn í það. Þetta þarf þó ekki að verða til þess að dæma megi kerfið eða þessa hönnunaraðferð ónýta því staðallinn gefur ákveðin mörk á reykflutningi milli svæða.

Í DS428 er skilgreindur svokallaður rýnistuðull eða „optisk intensitet“:

$$OD = \log_{10}(I_i/I_t)$$

þar sem:

$I_i$  = ljósstyrkur við ljósgjafa

$I_t$  = ljósstyrkur á mælistað

Þessar ljósstyrksmælingar miðast við 1 m fjarlægð frá ljósgjafa. Gefið er að reykmettað loft hefur  $OD = 1$  ( $\log_{10}(10) = 1$ ) þ.e.a.s. í reykmettuðu lofti er ljósstyrkur á mælistað aðeins 1/10 af ljósstyrk við ljósgjafa. Á sama hátt er  $OD = 0$  ( $\log_{10}(1) = 0$ ) fyrir tært og hreint loft því þá er  $I_i = I_t$ .

Samkvæmt DS428 má OD ekki verða hærri en 0,1 innan eftirfarandi tímamarka:

1. 10 mínútur milli brunahólfa innan sömu brunasamstæðu í dagbyggingu.
2. 30 mínútur milli brunahólfa innan sömu brunasamstæðu í næturbyggingu.
3. 60 mínútur milli brunasamstæðna.

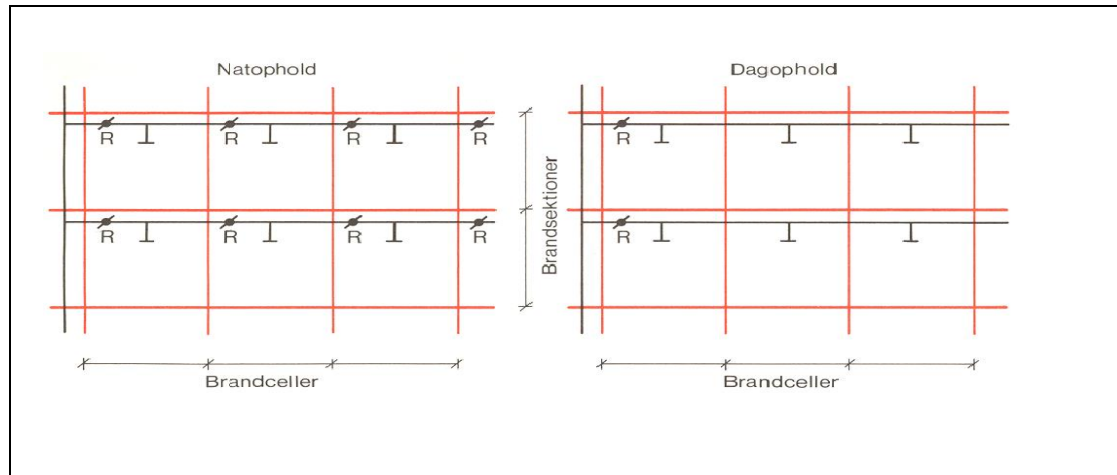
Reykur má samkvæmt staðlinum berast milli brunahólfa og brunasamstæðna en innan þessara ákveðnu marka. Enda er í raun erfitt að tryggja með öruggum hætti að reykur berist ekki milli brunahólfa, jafnvel þótt engir loftstokkar liggi í gegnum þau, því fæstir veggir eru alveg reykþéttir og engar opnanir. Vandinn við skilgreininguna á OD er sá að reykur getur verið eittraður þótt hann hafi lítil áhrif á ljósstyrk. T.d. er kolmónoxíð, CO, eitruð, lyktarlaus og litlaus lofttegund sem myndast við ófullkominn bruna.

$OD = 0,1$  táknar að ljósstyrkurinn á mælistaðnum er orðinn 79% af ljósstyrk við ljósgjafa.

Hvorki er fjallað um lið 1 í upptalningunni hér að ofan í staðlinum né í skýringum SBI. Engar vísbendingar eru um hvernig eigi að koma í veg fyrir reykflutning milli brunahólfa í dagbyggingum. Líklegt er að vísu að þar sem innblástur og útsog eru tengd í gegnum þrýsti- eða sogbox verði það mikil mótstaða í stökkakerfi að þetta skilyrði verði uppfyllt. Ef hins vegar er um að ræða t.d. útsogskerfi með stökkristum, og stutt er á milli rista sitt hvoru megin við brunahólf, er líklegt að þetta skilyrði verði ekki uppfyllt.

Þetta leiðir hugann að þeirri grundvallarspurningu hvenær stökkur verður svo stuttur að hann getur talist gat. Skoðun höfundar er sú að reykflutningi verði ekki haldið innan skilyrða nema með verulegri mótstöðu í endabúnaði dreifikerfis. Umræða um mótstöðu í dreifikerfi kann að virka sem orkusóun, en hæfileg mótstaða í endabúnaði dreifikerfis er mjög mikilvæg til að tryggja stöðugleika loftflæðisins og gera kerfin óháðari veðrum og vindum.

### 4.3 Stokkakerfi með reyklokum



Mynd 4.6

Myndin sýnir loftræstikerfi varið með reyklokum. Hægra megin er loftræstikerfi næturbyggingar, en þar þurfa reyklokur að vera í stökkum að og frá hverju brunahólfi. Vinstra megin er loftræstikerfi dagbyggingar, en þar þurfa reyklokur að vera í stökkum að og frá hverri brunasamstæðu.

Hin hefðbundna „íslenska“ leið við hönnun loftræstikerfa er að nota reyklokur þar sem koma skal í veg fyrir að reykur berist milli brunahólfa í næturbyggingum og milli brunasamstæðuskila.

Þessi reyklokukerfi hafa þá kosti að ekki þarf að opna sérstaka loftrás framhjá loftræstibúnaði eða mynda sérstaka rás frá stökkakerfi upp úr þaki. Í sumum tilfellum er mjög erfitt að leysa reykloftun loftræstikerfa, t.d þar sem samstæður eru í kjöllum og ekki er hægt að komast beint upp úr stofnstökkum. Þá hefur reykúftunin einnig áhrif á stærðarákvörðun stökkakerfa sem reyklokulausnir hafa ekki.

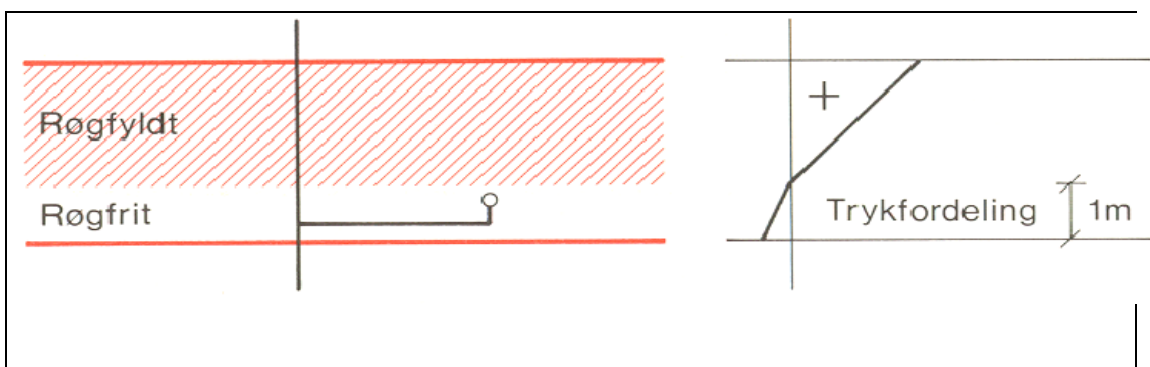
Gallinn við reyklokukerfin er sá að oft verða lokurnar margar, sérstaklega í næturbyggingum og líkur verða þá meiri á að einhver þeirra virki ekki þegar á reynir. Jafnframt kosta reyklokur umtalsvert fé, ekki einungis lokurnar og mótornir heldur einnig raftengingar þeirra. Þær þurfa einnig viðhald. Reyklokurnar verða alltaf einni færri en hólfin sem þær þjóna.

Í eldri útgáfum af DS428 var hægt að sleppa notkun reykloka í stökkakerfi þar sem sér stofn liggur að hverri brunasamstæðu, sbr. mynd 3.6. Vissulega veldur stökkakerfi sem þannig er lagt því að reykur berst tregar milli svæða og því tregar sem hæðarmunurinn er meiri, sérstaklega þegar loftræstiklefinn er neðst í byggingum.

Í túlkun skýringanna á staðlinum er litið svo á að líklega sé forsvaranlegt að sleppa reyklokum í háum dagbyggingum þar sem myndast reyklásar í stökkakerfinu. Skýringarnar taka þó af allan vafa um að ef hver brunasamstæða hefur sér loftræstisamstæðu í sameiginlegum loftræstiklefa, sem hafa sameiginlegt inntak og útkast, verði að vera reyklokur í hverri samstæðu. Þetta kemur til af þeirri kröfu staðalsins að bruna- og reykhanna þarf hvert kerfi fyrir sig.

#### 4.4 Loftræstikerfi með innblæstri eða útsogi við gólf.

Til að koma í veg fyrir að reykur berist inn í loftræstikerfi er hægt að hanna þau þannig að innblástur sé við eða nálægt gólfi. Slík kerfi voru í tísku á síðasta áratug og eiga víða vel heima, sérstaklega þar sem loftræstipörf og hitamyndun er á sama stað. DS428 heimilar að reyklokum sé sleppt í kerfum þar sem túður eru í minna en 1 m hæð frá gólfi.

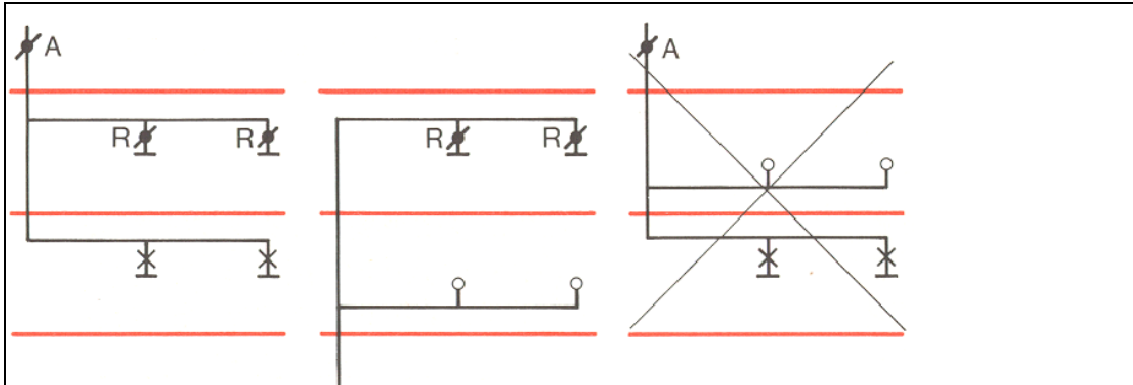


Mynd 4.7

Myndin sýnir hugmyndina á bak við „reyklokun“ með því að nota gólfinnblástur. Reykurinn er mjög heitur og myndar iðustreymi efst í rýminu, en undir er lagskipt miklu kaldara loft. Skörp skil eru milli reyksins og hreina loftsins. Myndin til hægri sýnir þrýstinginn í herberginu. Undirþrýstingur er í um 1 m hæð en yfirþrýstingur ofar.

Þetta er leyft vegna mikillar lagskiptingar í því rými sem eldur er laus. Þessa lausn má nota með reyklokum en ekki með reykútlöftuðum stökkakerfum án mótstöðu í greinistökkum.

Hins vegar má segja að lausnin henti betur með reykútlöftuðu stökkakerfi því vegna reykflutnings frá slíku kerfi líður lengri tími áður en reyklagið nær niður fyrir 1 m hæð.



Mynd 4.8

Myndin sýnir hvernig blanda má saman lausnum til að koma í veg fyrir reykflutning milli brunahólfa og brunasamstæðna. Við slíka samblöndun verður þó að hugsa. Myndin til vinstri sýnir blöndu reykútlöftaðs kerfis og kerfis með reyklokum.

Myndin í miðri sýnir blöndu reyklokulausnar og innblásturs við gólf.

Myndin til hægri sýnir blöndun reykútlöftaðs kerfis og lághraðainnblásturs við gólf á hæðinni fyrir ofan. Þessi lausn gengi ef gólfinnblásturinn væri á neðri hæðinni eða ef mótstaða væri sett í stökkinn að lághraðadreifunum.

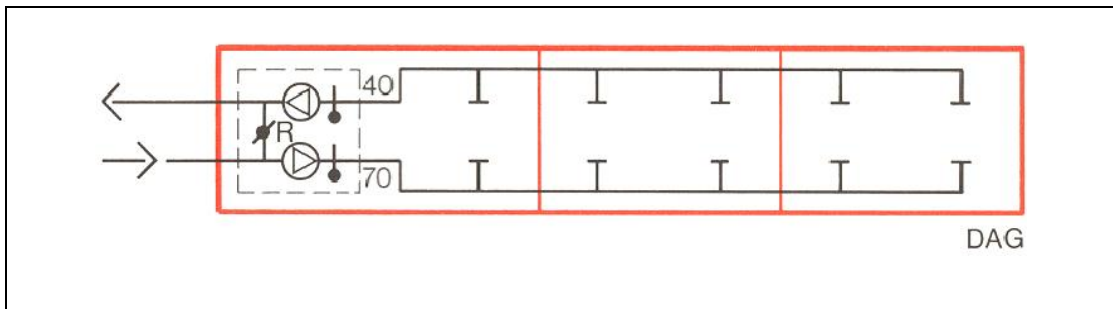
#### 4.5 Reykútbreiðsla frá loftræstiklefum

Helstu ástæður fyrir reykútbreiðslu um loftræstiklefa eru vegna :

1. Reyks sem berst inn í kerfið að utan.
2. Reyks sem myndast í loftræstikerfinu, t.d. ef mótör brennur.
3. Reyks sem berst frá útsogslofti um loftblöndunarspjald eða frá varmaendurvinnslubúnaði.

DS428 gerir ráð fyrir að í innblæstri sé hitaskynjari sem stöðvar hann við 70°C. Í útsogi er samsvarandi hitaskynjari sem stöðvar innblásara og lokar uppblöndunarspjaldi ef hitinn fer yfir 40°C við skynjarann. Þá er einnig hægt að láta þennan hitaskynjara stöðva útsogsblásaran. Í skýringunum er lagt að jöfnu að nota hitaskynjara og reykaskynjara í stökkakerfinu.

Höfundur þykja þessar stýriaðferðir staðalsins hæpnar. Sérstaklega er ljóst að 70°C hitaskynjari í inntaki er nær alveg gagnslaus gagnvart ytri eldi, nema byggingin standi í björtu báli. Þá er samkvæmt skýringunum mjög hæpið að nota reykaskynjara í útsogi. Slíkir skynjarar fyllast af reyk og óhreindum. Auk þess gefa þeir falsboð ef smávægilegar þrýstisveiflur verða á stökkakerfunum því þá losna oft mikil rykský sem koma reykaskynjurunum af stað. Boð frá brunaviðvörðunarkerfum bygginga eru að mínu mati mun áreiðanlegri en boð frá stökkaskynjurum. Hitaskynjarar eru mjög hæpnir í stökkakerfum því eins og fram kemur í útreikningunum í dæminu hér að framan þarf mikið að gerast áður en reykhitni við blásara nær 40°C. Höfundur hefur reynslu af útsogi frá svo kölluðum töppunarreykhettum í járnblandiverksmiðjunni á Grundartanga, þar sem um 1800°C heit málmbrað bunar niður í stóra deiglu. Reykhittinn í afsoginu fer aldrei yfir 70°C þrátt fyrir gríðarlegan hita frá málminum.



Mynd 4.9

Myndin sýnir stjórnþúnað loftræstikerfis sem kemur í veg fyrir reykflutning. Byggingin er dagbygging, sem er ein brunasamstæða sem skiptist í þrjú brunahólf. Engar ráðstafanir þarf að gera í dreifikerfinu, en þó verður að hafa í huga skilyrðin í kafla 4.1, þ.e.a.s. OD má ekki verða hærrí en 0,1 innan 10 mínúta milli brunahólfa innan sömu brunasamstæðu í dagbyggingu. Í innblæstrinum er hitaskynjari sem stöðvar kerfið og lokar uppblöndunarloku R. Í útsoginu er einnig hitaskynjari sem hefur sömu virkni við 40°C.

Varmaendurvinnsluhjól og plötuvarmaskiptar eru ekki þéttir milli innblásturs og útsogs. Í slíkum kerfum er best að stöðva samstæðurnar og loka reykspjöldum, þannig að samtenging milli útsogs og innblásturs sé útilokuð.



## 5 Skilgreining einstakra kerfishluta.

### 5.1 Skilgreining loftstokka













Mikið hefur verið fjallað um loftstokka hér að framan. Í DS428 skulu allir loftstokkar uppfylla E60 skilgreiningu, sem táknar að við staðlað brunapróf skuli þeir halda formi sínu í 60 mínútur. Þeir mega ekki opnast eða taka verulegum formbreytingum. EI30 loftstokkar verða aftur á móti bæði að halda formi sínu, þ.e. að uppfylla E60, og einnig verður einangrun þeirra að halda einangrunargildi sínu í a.m.k. 30 mínútur.

Í DS428 er einungis fjallað um galvaniseraða blikkstokka með lengstu hlið 400 mm. Skýringarnar túlka staðalinn þannig að allir stokkar sem uppfylla efnisþykktarkröfur DS447, sem eru:

	<i>Efnisþykkt</i>			
	<i>0,5 mm</i>	<i>0,6 mm</i>	<i>0,7 mm</i>	<i>0,9 mm</i>
Þvermál sívals stokks	≤ 250 mm	251 – 500 mm	501 - 800	> 800
Lengri hlið ferkantaðs stokks	≤ 250 mm	251 – 500 mm	501 - 1000	> 1000

Í DS447 segir jafnframt að hliðar ferkantaðra stokka skuli stífast ef hliðlengd fer yfir 500 mm.

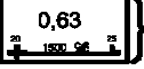
Margir loftræstihönnuðir hafa kynnt sér SMACMA-reglur um smíði og afstígingu blikkstokka sem samstök blikksmiða í Bandaríkjunum (SMACMA) hafa komið sér saman um. Þessar reglur eru mun ítarlegri en DS447. Hjá VGK hefur verið útbúin efnisþykktar- og styrkingatafla sem byggir á áður nefndum reglum:

EFNISÞYKKTIR LOFTSTOKKA				
FERKANTADIR			SPIRAL	
STOKKASTÆRÐ LENGSTA HLIÐ mm	EFNISÞYKKTIR mm		ÞVERMÁL STOKKS mm	EFNIS ÞYKKTIR mm
	LÁGÞRÝST 1000 Pa	HÁÞRÝST 1000-2000 Pa		
 300	0,80 	0,80 	 250	0,50
301-750	0,80 	1,00 	251-500	0,60
751-1400	1,00 	1,25 	501-800	0,70
1401-2200	1,25 	1,50 	801-1250	0,90
 2200	1,50 	X	1250	1,25

EFNISÞYKKT Í TENGISTYKKJUM SKAL VERA EINNI STÆRÐ  
STÆRRI EN Í STOKKUM EFNI: GALVENISERAÐ BLIKK

SKÝRINGAR

0,63



ÞESSI REITUR SÝNIR EFTIRFARANDI

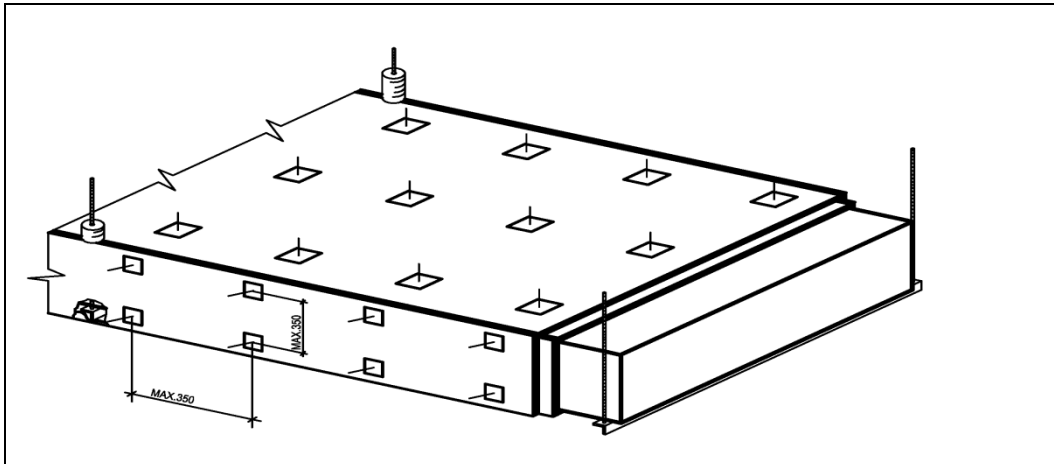
EFNISÞYKKT ER 0,63 mm GALVINISERAÐ BLIKK  
LENGDARSAMSETNINGAR LOFTSTOKKS SKULU VERA  
VINKILJÁRNASAMSETNINGAR MEZ FLANGE 20  
STYRKINGAR Á LOFTSTOKKUM SKULU VERA MEÐ  
VINKILRAMMA ÚR 25x25x3 mm  
FJARLÆGD MILLI SAMSETNINGA OG STYRKINGA MÁ  
MEST VERA 1500 mm MIÐJU Í MIÐJU

FRR14NBEÞrisþykktir-Lofstokka-Talla

Mynd 5.1

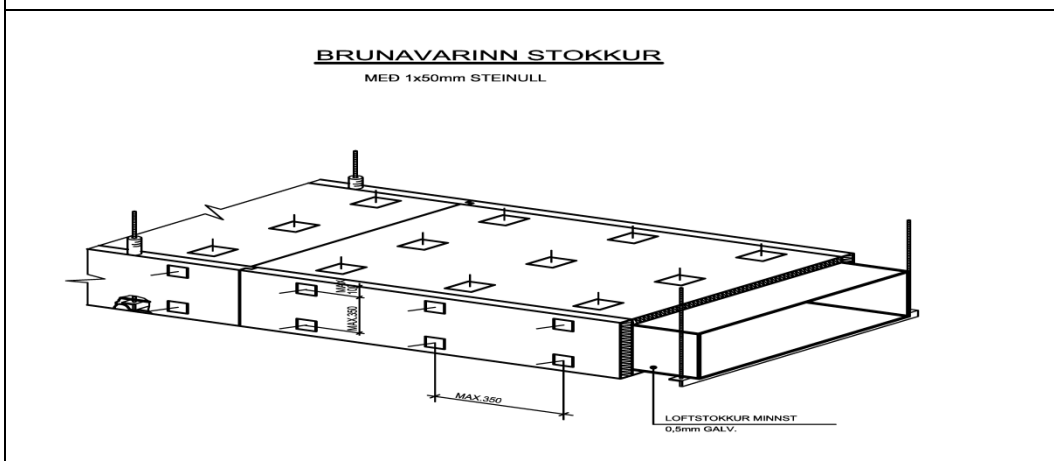
Myndin sýnir efnisþykktar- og styrkingareglur sem byggja á SMACMA og þeim venjum sem skapast hafa á íslenskum blikksmíðamarkaði. Aðeins eru notaðir tveir þrýstiflokkar, en í SMACMA eru þeir margir. Í ferköntuðu blikki eru fjórar efnisþykktir en fimm í spíralstokkum. Aðeins er miðað við eina stærð af styrktarvinklum. Í þessa töflu vantar upplýsingar um krossbrot og önnur brotamynstur og áhrif þeirra á styrk stokka.

Til að ferkantaður stokkur geti náð EI30 skilgreiningunni verður einangrunin að vera a.m.k. 2x25 mm steinull með skaraðri samsetningu festri með suðupinum og haldið með blikkvinklum og girði.



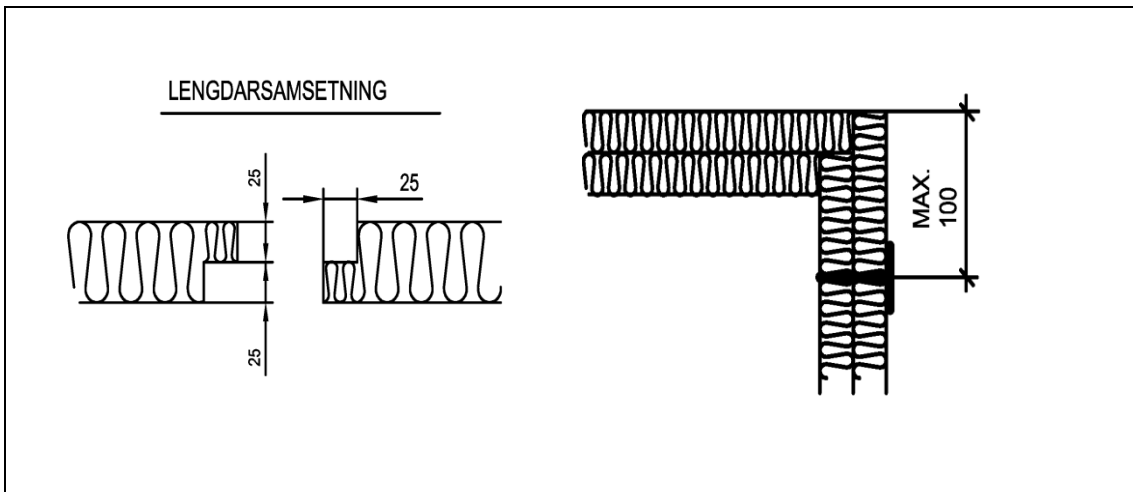
Mynd 5.2

Myndin sýnir frágang ferkantaðs loftstokks sem einangraður er með 2x25mm steinull. Krafa er um að ullin sé að minnsta kosti 80 kg/m<sup>3</sup>. Öll samskeyti ullarinnar skulu skarast, sbr. myndi 5.4. Ullina skal festa með suðupinum eins og teikningin sýnir. Danirnir vilja auk þess klæða stokkinn yst með vírmottu en VGK er lagt að jöfnu að setja blikkvinkla á kanta stokksins sem haldið er með málmgirði spenntu utan um stokkinn.



Mynd 5.3

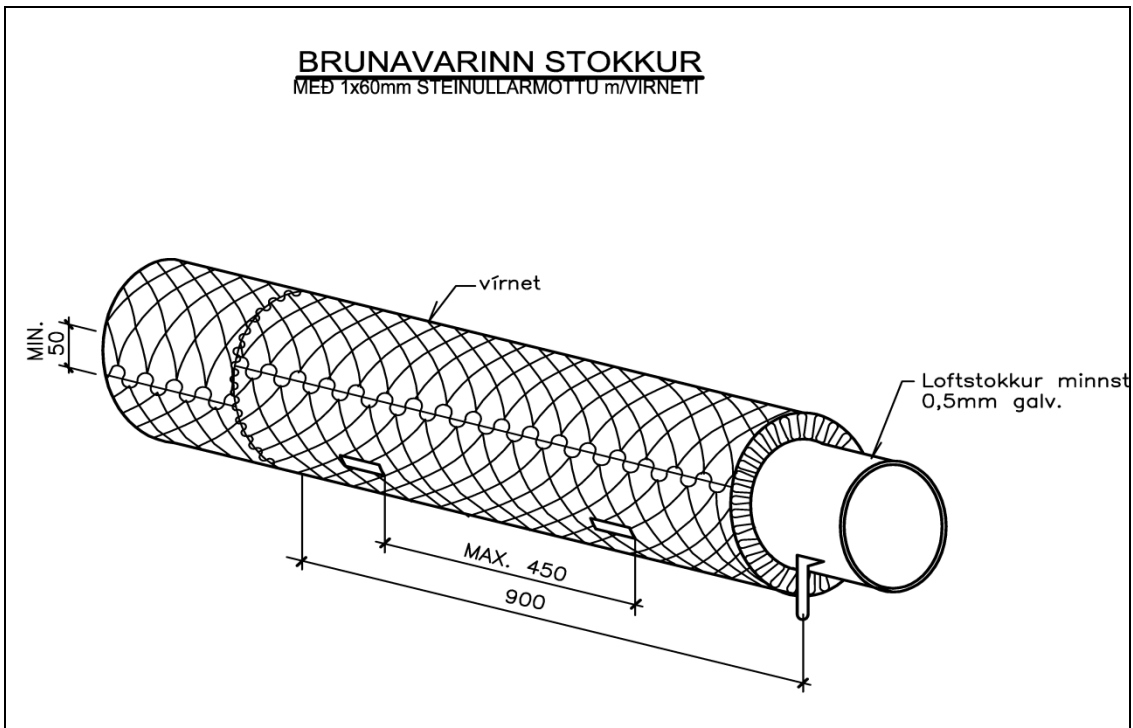
Myndin sýnir brunaeinangraðan, ferkantaðan stokk einangraðan með 50 mm steinull, 80 kg/m<sup>3</sup>. Samsetningar verða að vera eins og sýnt er á mynd 5.4.



Mynd 5.4

Myndin sýnir annars vegar samsetningu 50 mm brunaeinangrunar hægra megin, en vinstra megin er sýnt hvernig 2x25 mm ull er látin skarast á hornum.

Samkvæmt DS428 verður að brunaeinangra sívala stokka með 60 mm steinull með sömu rúmpýngd og ferköntuðu stökkarnir. Ullinni skal haldið á stökknum með vírnettsmottu og festa að auki með suðupinum.



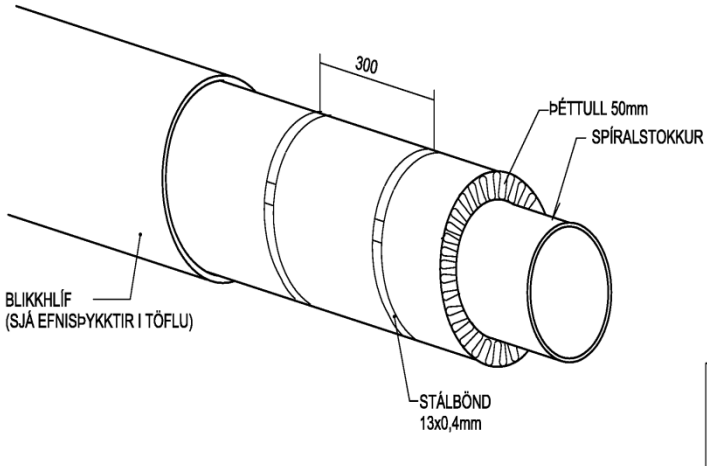
Mynd 5.5

Myndin sýnir brunaeinangrun sívals stokks skv. DS428.

Hægt er að útfæra einangrunina á sívölu og ferköntuðu stökkunum með því að blikkklaða stökkana.

**A30 BRUNAEINANGRUN**  
FYRIR SÍVALA STÖKKA-(SPÍRAL)

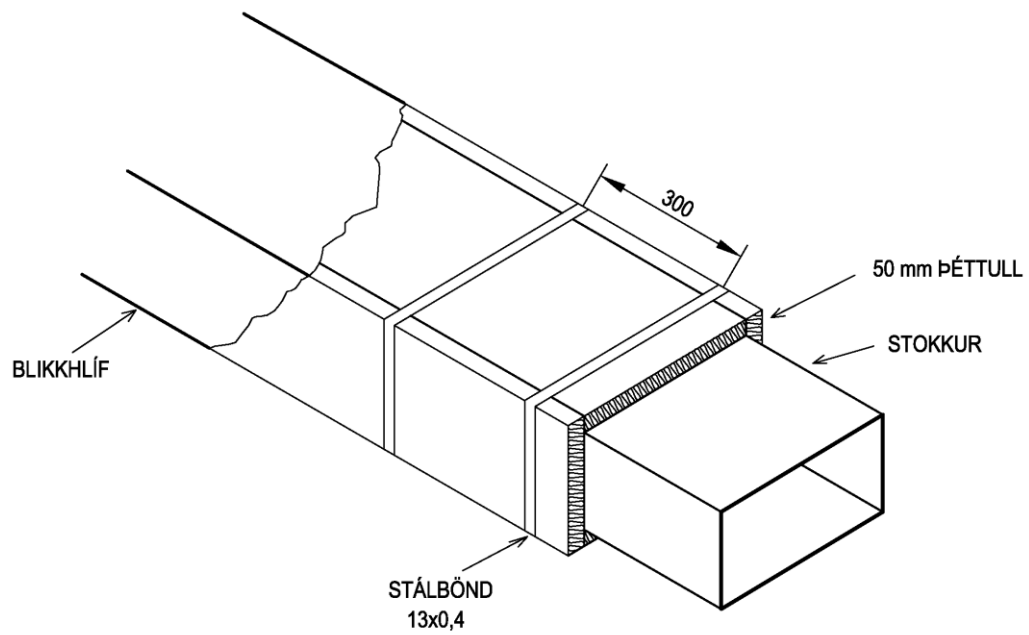
ÞVERMÁL mm	EFNISÞYKKT mm
< 250	0,63
251-500	0,8
501-800	1,0
801-1250	1,25
>1250	1,5



Mynd 5.6

Myndin sýnir útfærslu VGK á brunaeinangrun spíralstokks með blikkklaðingu. Hér er einangrunarþykktin minnkuð í 50 mm, vegna þess að ytri blikkklaðningin ver ulla og því heldur hún einangrunargildi sínu lengur. Loftstokkaframleiðandinn Lindab framleiðir forsmíðaða, einangraða stokka og tengistykki sem uppfylla EI30. Þessu ná þeir með a.m.k 23 mm þykkri einangrun með aðeins 30 kg/m<sup>3</sup> rúmpyngd. Því er ljóst að stökkurinn á myndinni hér að ofan gæti staðist allt að EI60. Lindab nær þessu með því að stökkurinn stenst staðlað brunapróf með NT FIRE 034-aðferð.

## A30 BRUNAEINANGRUN FYRIR FERKANTAÐA STOKKA



EFNISÞYKKT BLIKKHLÍFAR SÚ SAMA  
OG FYRIR FERKANTAÐA LOFTSTOKKA.

### Mynd 5.7

Myndin sýnir tvöfaldan blikkstokk, einangraðan með 50 mm þéttull. Þessi stokkur stenst örugglega meira en EI30.

Eins og fyrr sagði er þess krafist að einangrunin sé a.m.k.  $80 \text{ kg/m}^3$ . Ullin skal vera stöðug við háan hita og skal hvorki sindra, bráðna eða brotna niður á annan hátt við prófun við  $950^\circ\text{C}$  í 1 klst.

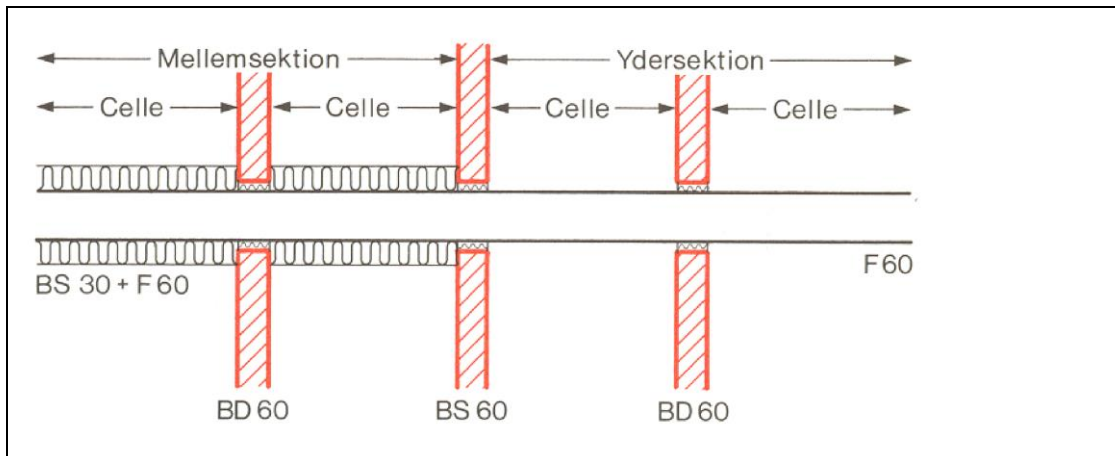


## 5.2 Þétting og frágangur í gegnum brunahólfandi vegg

Í DS428 er nokkuð fjallað um frágang loftstokka í gegnum hólfandi vegg. Mikilvægt er að stokkar séu stífir og stöðugir þar sem þeir liggja í gegnum göt. Á stærri ferköntuðum stokkum er rétt að hafa styrktarkraga við vegg þannig að stokkarnir þoli álagið vegna hitans og verpið ekki.

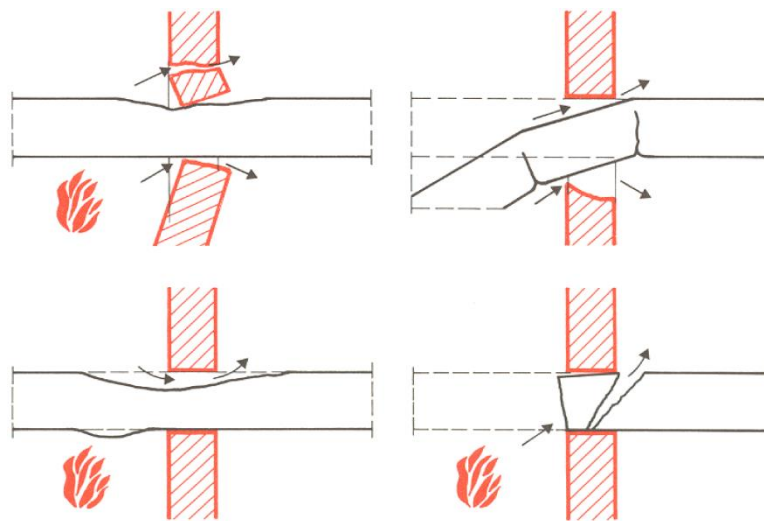
Mikil áhersla er lögð á frágang þéttinga með stokkum í gegnum vegg og plötur. Eins og fram kemur á myndinni á næstu síðu er enginn greinarmunur gerður á brunahólfa- og brunasamstæðuskilum í þessu sambandi eða dag- og næturbyggingum. Mikilvægt er að stórir stokkar séu með festum með ákveðnu millibili og geti fjaðrað á milli festanna. Að öðrum kosti getur stór, langur stokkur sem nær að hitna um mörg hundruð gráður brotið niður vegg og eyðilagt þéttingar vegna hitaþenslu. Einmitt af þessum ástæðum er einnig mælt með að þetta með t.d. steinull að stokkum í veggjum og nota eldvarnarkítta þannig að hreyfing á stokk í lengdarstefnu hans sé möguleg. Danir mæla með að steipt sé að stokkum í hæðarskilum, en höfundur telur ákjósanlegt að þetta með steinull að lóðréttum stokkum, kítta í sárið að neðan með eldvarnarkítta, en loka sárinu að ofanverðu með steypu eða eldvarnarkítta.

Í DS428 er krafa um að efni í loftstokkum og samsetningum þeirra, svo og í upphengjum þeirra hafi bræðslumark yfir 800°C. Þá er krafa í staðlinum að bil milli upphengja sé a.m.k. 2 m og að kraftur á hvern múrbolta sé undir 200 N. Bora þarf múrbolta a.m.k. 40 mm upp í plötur. Teinar skulu ekki hafa minna en 50 mm<sup>2</sup> þversnið, sem svarar til  $\varnothing$  8 mm snittteina.



Mynd 5.8

Myndin sýnir mismunandi brunaeinangrun loftstokka en þéttingin með stökkunum er alltaf sú sama.



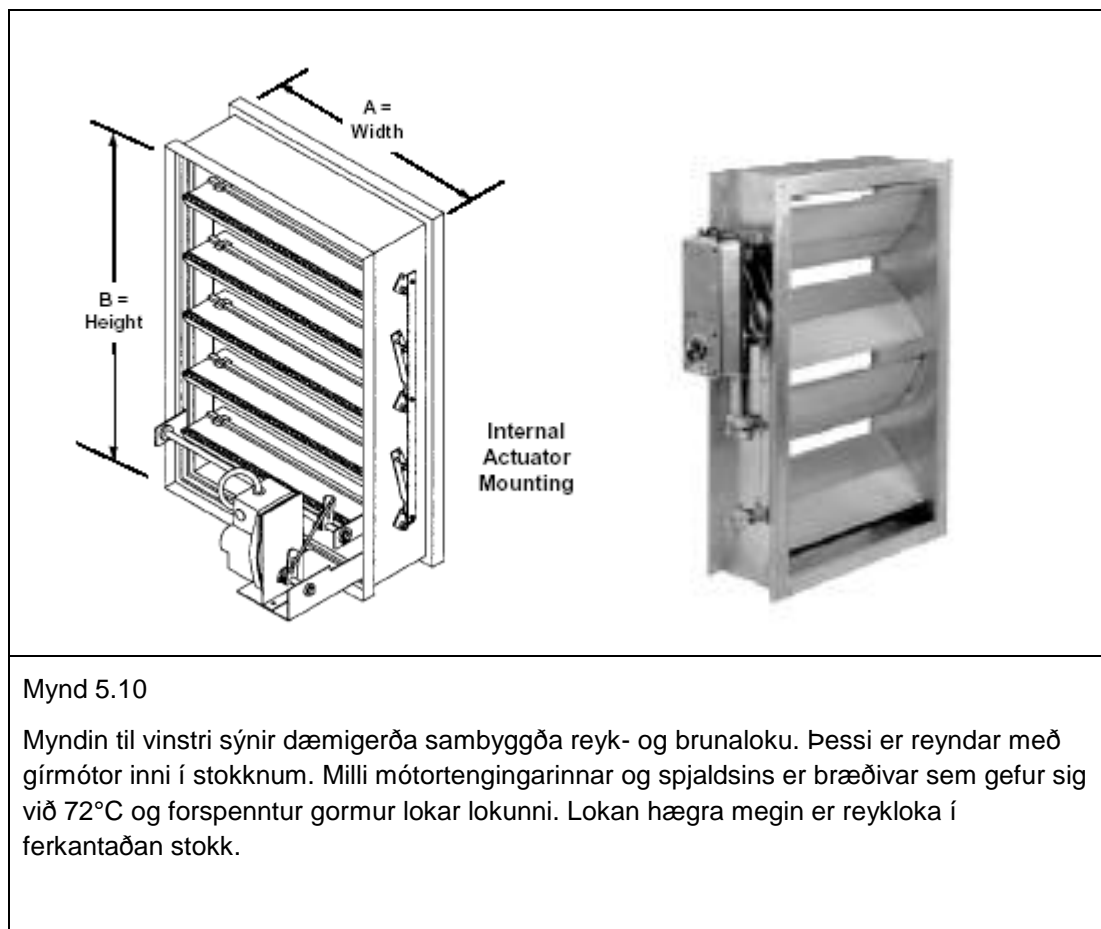
Mynd 5.9

Myndin sýnir hvernig stokkar geta opnast eða opnað vegg í eldi. Efst vinstra megin spyrnir stokkurinn í vegginn þannig að hann gefur eftir. Hér hefði stokkurinn ekki átt að vera festur í vegginn, heldur hefði hann átt að geta hreyfst í lengdarstefnu stokksins. Myndin að ofan hægra megin sýnir hvað gerist ef upphengi gefur sig.

Myndin að neðan vinstra megin sýnir hvernig illa stífaður stokkur getur verpst í hita og þannig opnað gat í vegginn. Myndin að neðan hægra megin lýsir því sem gerist ef hluti stokksins opnast og fellur niður, t.d. ef stokkurinn er úr brennanlegu efni eða áli.

### 5.3 Skilgreining reykloka

Reyklokur þurfa ekki að hafa viðurkenningu eða vottun skv. DS428. Eina kvöðin er að lokurnar uppfylli þéttleikaflokk 2. Þetta jafngildir að lekinn í gegnum spjaldið má ekki vera meiri en  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  á hvern fermetra spjalds við 100 Pa þrýstimun yfir spjaldið. Spjaldlokurnar skulu drifnar af gormlestuðum mótör sem lokar spjaldinu við straumleysi. Spjaldlokan sjálf verður að vera úr hitaþolnum efnum.



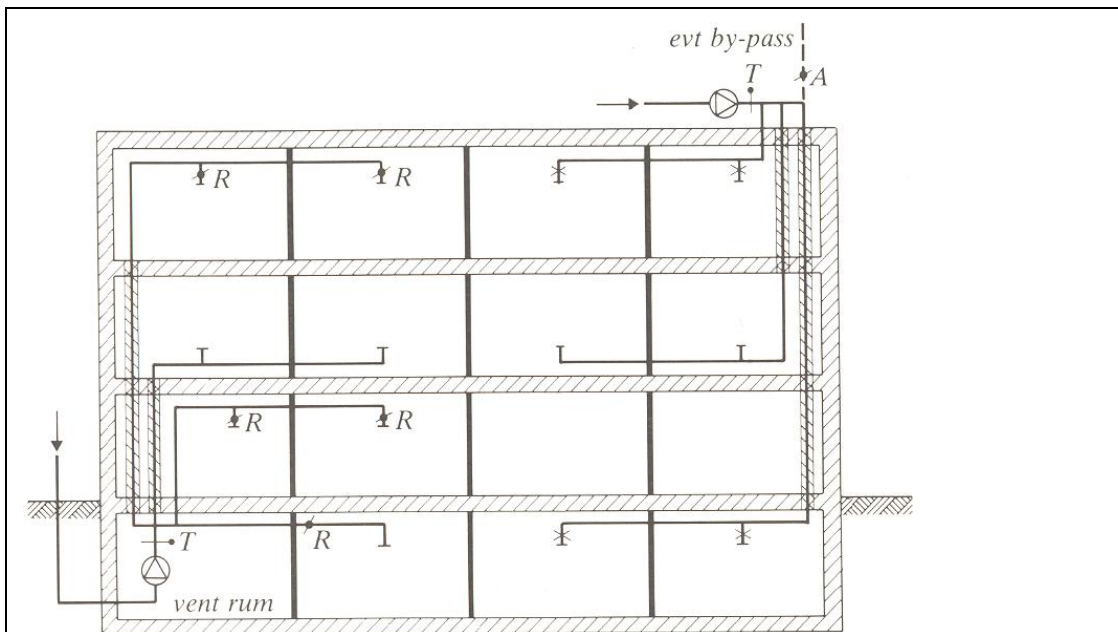
## 5.4 Brunalokur

Um brunalokur hefur nokkuð verið fjallað hér að framan. Brunalokur verða að vera vottaðar til síns brúks og í DS428 er miðað við að brunalokur uppfylli E60. Ekki er í DS428 gert ráð fyrir að brunalokur séu með einangruð spjöld eins og lokan sem sýnd er á mynd 3.4. Lokur með einangruðum spjöldum sem uppfylla EI30, EI60 eða EI90 eru skv. þýskum stöðlum og sjálfsagt fleiri. Þéttleiki brunaloka skal vera flokkur 3 eða 0,04 m<sup>3</sup>/s á m<sup>2</sup> spjalds við 100 Pa þrýstimun. Lokun brunaloka má ekki vera háð ytra afli og eru lokurnar því nær alltaf gormlestaðar eða þyngdaraflið fellir spjaldið.

Lokunarhitastig bræðivarsloka er nær alltaf 72°C. Á markaðinum eru til sambyggðar bruna- og reyklokur, en þar er um að ræða reykloku í þéttleikaflokki 3 með gormlestuðum mótör. Mótörinn er tengdur spjaldinu í gegnum forspennt tengi sem losnar frá mótörnum þegar bræðivarið gefur sig og lokar þá gormur lokunni.

## 6 Dæmi um bruna- og reykhönnun loftræstikerfa

Í þessum kafla verður farið í gegnum nokkur dæmi um hvernig danska staðlinum DS428 er beitt.

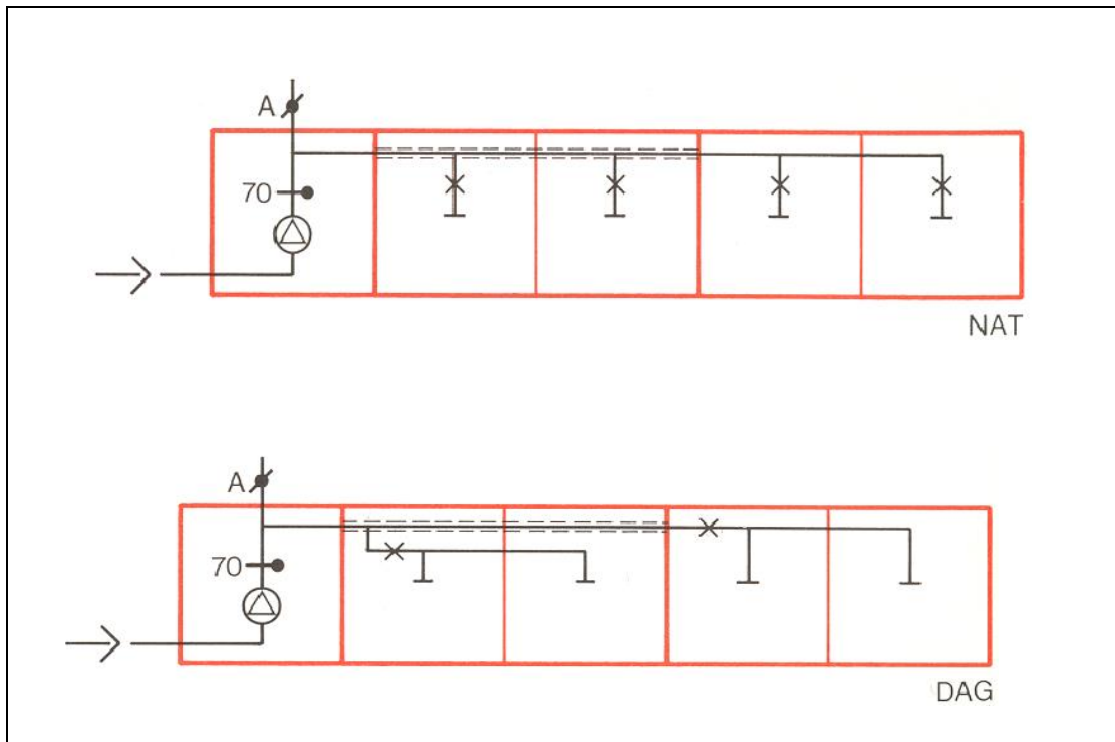


vandrette BS-60 adskillelser

### Mynd 6.1

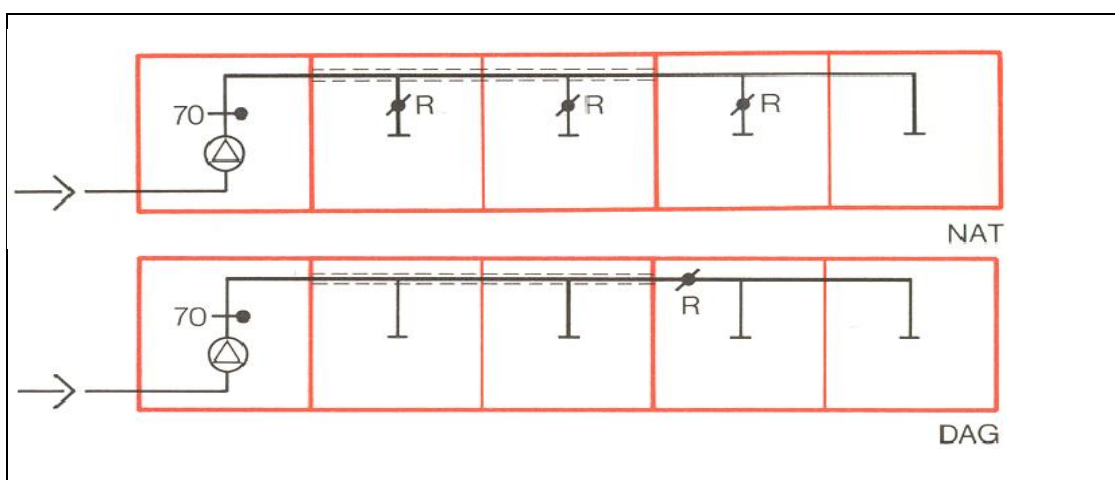
Myndin sýnir næturbyggingu. Vinstra megin er sýnt innblásturskerfi í kjallara sem þjónar fjórum brunasamstæðum, en hver hæð er ein brunasamstæða sem skiptist í tvö brunahólf. Brunavörn kerfisins er brunaeinangrun og eru stokkar sem liggja að öðrum brunasamstæðum, en þeir þjóna einangraðir þar sem þeir liggja um aðrar samstæður. Þetta er greinilega kerfi þar sem stofnar að hverri hæð liggja frá loftræstiklefa, en ekki sameiginlegur stofn. Loftstokkarnir eru aðeins óeinangraðir í samstæðunni sem þeir þjóna. Í kerfinu vinstra megin eru reyklokur annars vegar og innblástur við gólf hins vegar. Báðar lausnir eiga að koma í veg fyrir reykflutning um stökkakerfið. Takið eftir hitaskynjaranum sem teiknaður er við innblásarann. Hann á að stöðva kerfið og loka reyklokum við 70°C.

Hægra megin er kerfi með innblásturssamstæðu á þaki sem þjónar fjórum brunasamstæðum sem hver er tvö brunahólf. Þetta er næturbygging og mótstaða er í öllum greinum inn í hvert brunahólf. Þetta kerfi er með sér stökk að hverri brunasamstæðu og eru þeir einangraðir alls staðar utan samstæðunnar sem þeir þjóna. Framhjáhlaupsloka, merkt **A**, hleypir reyk upp úr kerfinu.



Mynd 6.2

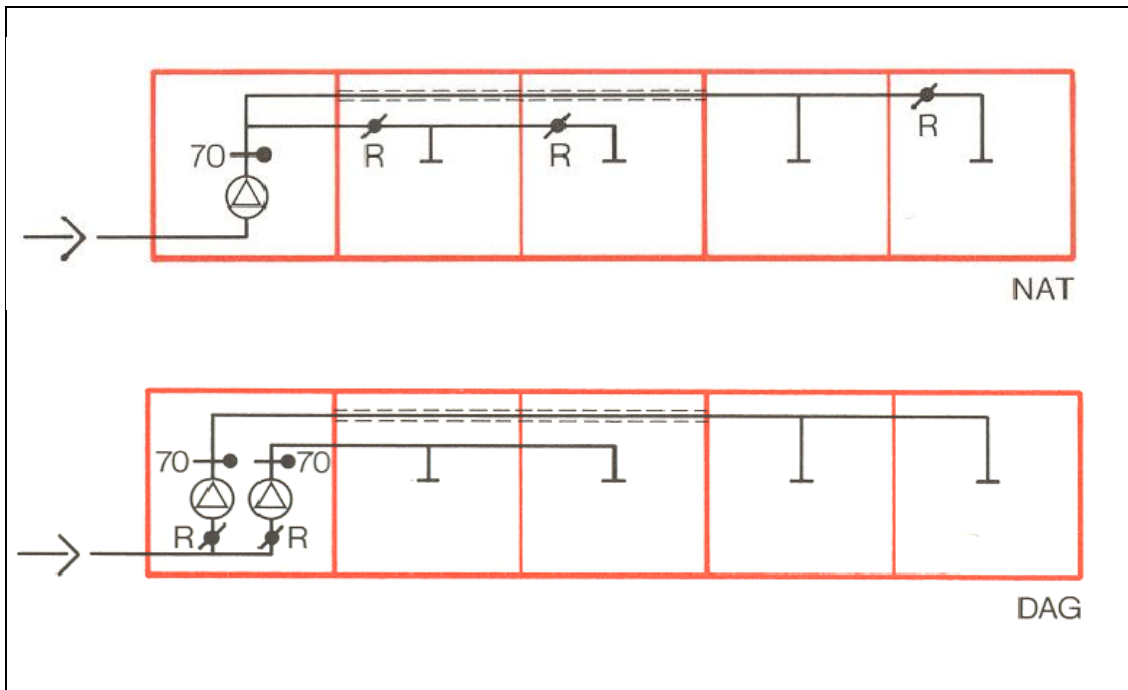
Myndin sýnir mun á loftræstikerfum dag- og næturbygginga. Báðar myndirnar sýna byggingu sem er tvær brunasamstæður sem skiptist í tvö brunahólf hvor. Í næturbyggingunni á efri mynd eru móttöður í öllum greinum inn í hvert brunahólf. Í dagbyggingunni á neðri mynd er mótstaða inn í hvora brunasamstæðu. Þess vegna er valið að hafa einn stökk sameiginlegan fyrir brunasamstæðuna nær loftræstiklefanum. Athugið að brunavörn beggja lausna er sú sama; stofnstokkurinn er brunavarinn nema í ystu samstæðunni sem hann þjónar.



## Mynd 6.3

Myndin sýnir mun á loftræstikerfum dag- og næturbygginga. Báðar myndirnar sýna byggingu sem er tvær brunasamstæður sem skiptist í tvö brunahólf hvor. Í næturbyggingunni á efri mynd eru reyklokur inn í hvert brunahólf. Lokurnar eru þrjár, þ.e. einni færri en hólfín.

Á neðri myndinni er aðeins ein reykloka, einni færri en brunasamstæðurnar. Brunavarnir kerfanna er alveg eins, stofnstokkurinn einangrast í öllum samstæðum öðrum en þeirri ystu sem hann þjónar.



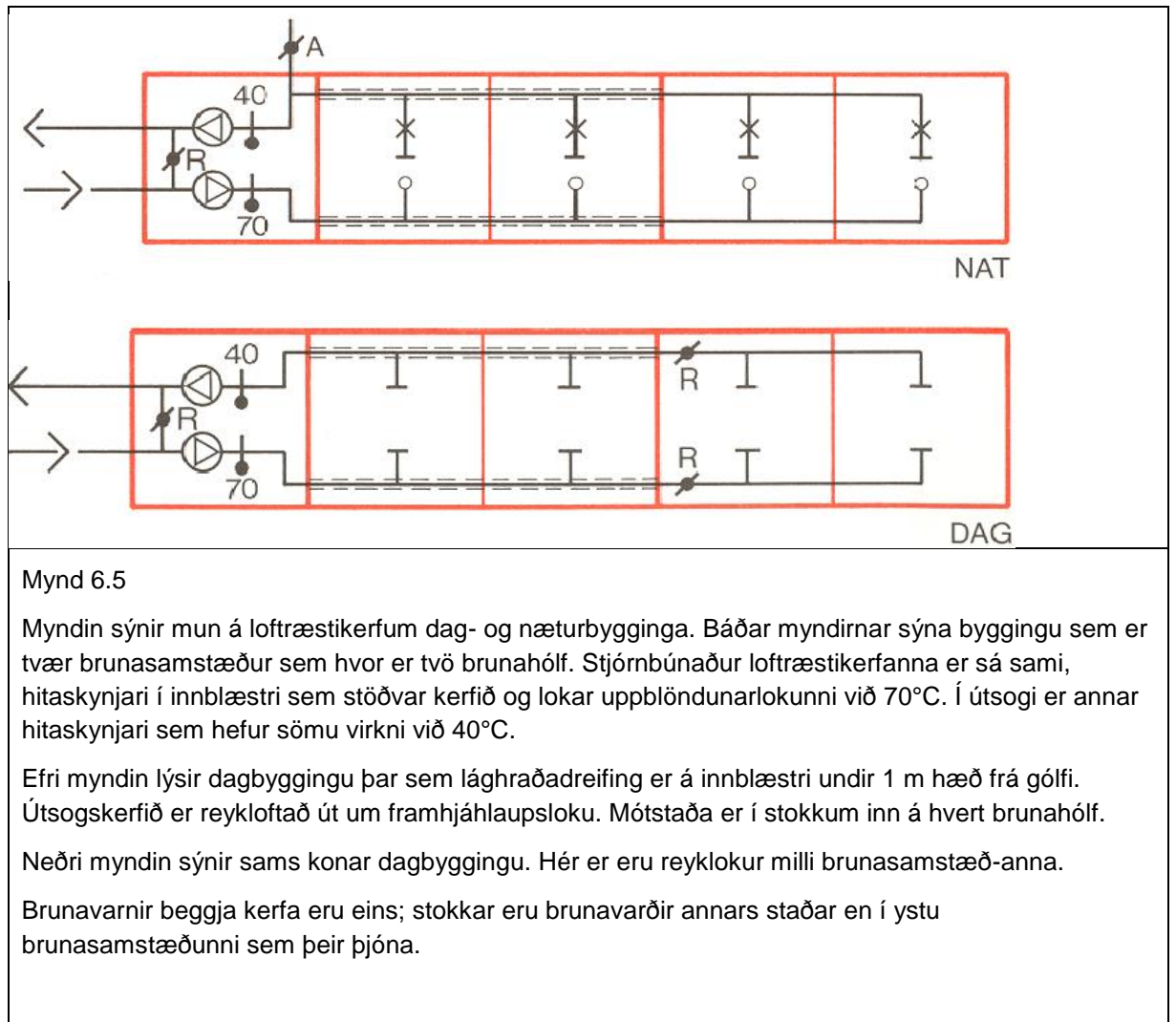
Mynd 6.4

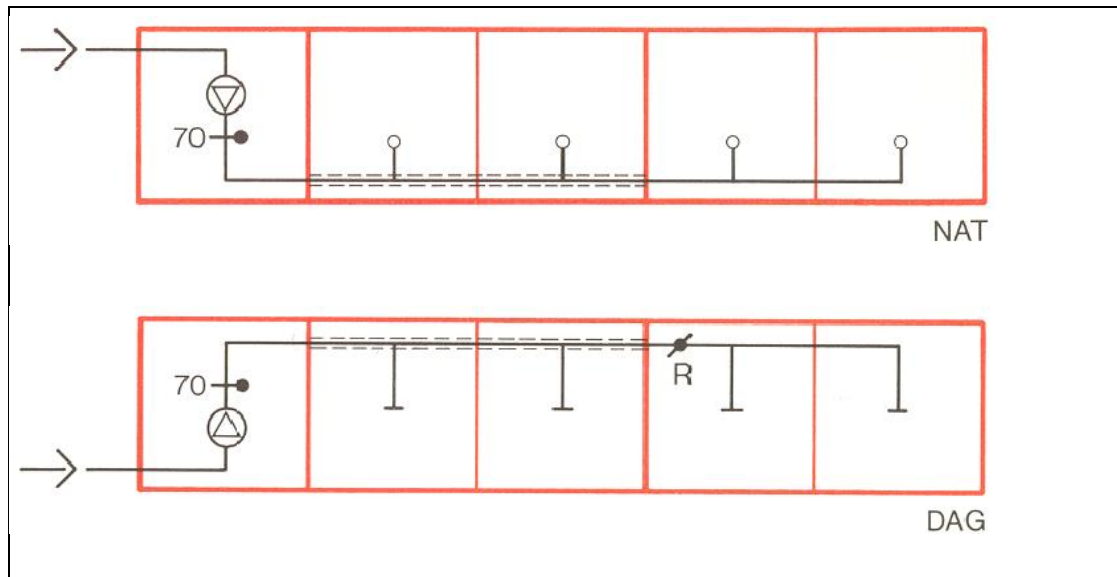
Myndin sýnir mun á loftræstikerfum dag- og næturbygginga og muninn á sameiginlegu innblásturskerfi og sér innblásturskerfi þegar um er að ræða sameiginlegt loftinntak. Báðar myndirnar sýna byggingu sem er tvær brunasamstæður sem skiptist í tvö brunahólf hvor. Í næturbyggingunni á efri mynd er ein loftræstisamstæða sem þjónar byggingunni. Sér stokkur er að hvorri brunasamstæðu.

Í næturbyggingunni eru reyklokurnar þrjár, einni færri en brunahólfin. Neðri myndin sýnir dagbyggingu með sér innblásturskerfi fyrir hvora brunasamstæðu. Reykloka er framan við hvorn blásara. Þar sem hvort kerfi þarf að bruna- og reykanna fyrir sig er reykloka fyrir hvora samstæðu og hitaskynjari fyrir hvora. Ef um sameiginlega samstæðu væri að ræða, eins og á efri myndinni þyrfti aðeins eina loku, einni færri en brunasamstæðurnar.

Brunavarnir kerfanna er sams konar. Stokkurinn að samstæðunni hægra megin einangrast í gegnum samstæðuna nær loftræstiklefanum.



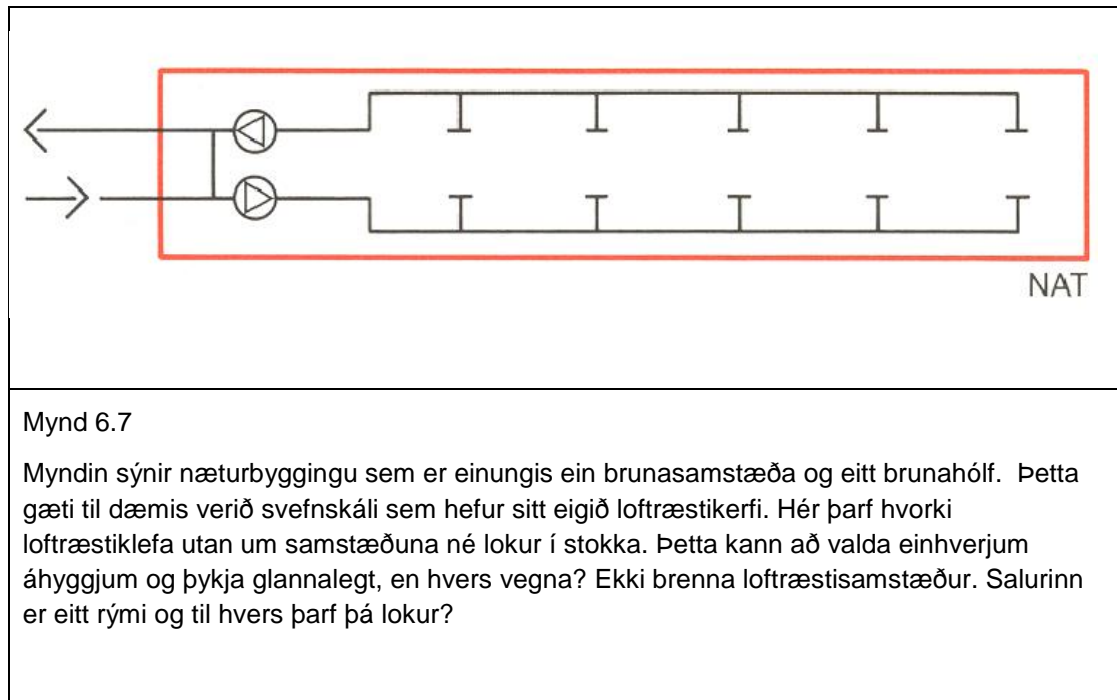




Mynd 6.6

Efri myndin sýnir næturbyggingu með lággraðainnblæstri. Í þetta kerfi þarf engar reyklokur eða framhjálaupslokur. Eini búnaðurinn sem þarf í kerfið vegna reykútbreiðslu er hitaskynjari sem stöðvar kerfið við 70°C. Stokkurinn að ystu samstæðunni einangrast í öðrum samstæðum.

Neðri myndin sýnir sams konar dagbyggingu, brunavarnir og hitaskynjari eru eins. Þar sem um dagbyggingu er að ræða þarf hins vegar aðeins eina reykloku í kerfið milli brunasamstæðanna.





## 7 Helstu heimildir

1. Dansk ingeniørforenings norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg. 2. udgave august 1986. Dansk standard DS428.
2. Brandsikring af ventilationsanlæg, SBI-anvisninge 159. Statens Byggeforskningsinstitut 1988.
3. Byggingarreglugerð nr. 441/1998<sup>3</sup>
4. NFPA 96: Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations.
5. NFPA 92A: Recommended Practice for Smoke-Control Systems. 2000 Edition.
6. NFPA92B: Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas. 2000 Edition.
7. NFPA 90A: Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems. 2002 Edition.

NFPA staðla má kaupa beint af netinu frá [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org). Dönsku staðlana má fá hjá Staðlaráði, [www.stadlar.is](http://www.stadlar.is) .

---

<sup>3</sup> Skipulags- og byggingalög nr. 731/1997 er að finna á vef Alþingis [www.althingi.is/vefur/lagasafn.html](http://www.althingi.is/vefur/lagasafn.html). Þaðan má komast í byggingarreglugerð með því að klikka á Rg. 441/1998.

## 8 Um höfundinn

Eggert Aðalsteinsson er vélaverkfræðingur, nam fyrst í Háskóla Íslands í fjögur ár og fór síðan til tveggja ára framhaldsnáms í Kaupmannahöfn. Námið á síðari stigum þess snerist aðallega um straumfræði, kælitækni og stýritækni.

Höfundur hefur ekki sérmenntun í skóla í brunahönnun eða loftræstikerfum, en fljótlega eftir að ég fór að vinna við hönnun loftræstikerfa hjá Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns 1985 komu þessi mál inn á mitt borð. Í fyrstu snerust þessi fræði um að setja alltaf fellilokur (brunalokur) í brunaveggi og ekki var gerður greinarmunur á eldi og reyk. Þessum málum var sem sagt ekki gert hátt undir höfði og lítil rækt lögð við að reyna að skilja tilganginn með brunalokunum. Sveinn Áki Sverrisson véltæknifræðingur vann hjá VGK á þessum tíma og á hann heiðurinn af því að vera einn af fyrstu mönnum héraendis til að beita hinum danska staðli DS428 við brunahönnun loftræstikerfa og benda höfundi á kosti þess að fylgja svo vel úthugsuðum reglum.

Höfundur hefur unnið töluvert að hönnun alls kyns slökkvikerfa, gasslökkvikerfa, bæði með eðalgösum og kolsýru. Þá hefur höfundur mikla reynslu í hönnun slökkviúðakerfa og alls kyns froðusprautakerfa, bæði með hápenslu og lágpenslufroðu (léttvatni). Auk þess hefur höfundur tekið að sér brunatæknilega hönnun nokkurra bygginga og tekið þátt í áhættugreiningu gasvinnslu Sorpu og hinnar nýju Vetrisstöðvar Skeljungs og Íslenskrar Nýorku.