



LUND UNIVERSITY

Dimensionering av utspädning för skydd mot brandgasspridning

Jensen, Lars

2010

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, L. (2010). *Dimensionering av utspädning för skydd mot brandgasspridning*. (TVIT; Vol. TVIT-7056). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Dimensionering av utspädning för skydd mot brandgasspridning

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2010
Rapport TVIT--10/7056



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmade hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Dimensionering av utspädning för skydd mot brandgasspridning

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2010
ISRN LUTVDG/TVIT--10/7056--SE(78)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Innehållsförteckning

1	Inledning och problemställning	5
2	Spridningsandel	7
	Separat köksfläkt	11
	Spillvattensystem	12
	Variabla luftdon	13
	Textildon	13
	Lufttäthet	13
	Tillämpningsexempel	14
	Isodiagram för spridningsandel och brandtryck	15
3	Volymandel	19
	Brandgaslagernivå för t^2 -bränder	19
	Brandgaslagernivå och relativ syrenivå för t^2 -bränder	21
	Volymandel för golvdon och takdon	26
4	Utspädning för olika skyddsåtgärder	37
	Fläktar i drift	38
	Fördelningslåda	40
	Fördelningslokal	42
	Avlastningskanal	44
	Stoppad tilluft	46
	Tryckavlastat T-system	48
	Avlastning av T-system	50
	Avlastning av FT-system	52
	Avlastning av F-system	54
	Sammanfattning	56
5	Utspädning vid konvertering	57
6	Utspädning vid stoppade fläktar och öppna förbigångar	67
7	Sammanfattning och slutsatser	75
	Utspädning	75
	Spridningsandel	75
	Volymandel	76
	Utspädning för olika skyddsåtgärder	76
	Konvertering och utluftning	78
	Fortsatt forskning	78

1 Inledning och problemställning

Denna arbetsrapport behandlar endast fallet med FT-system med fläktar i drift. Ventilations-system för bostadshus är idag övervägande FT-system, vilket är det svåra fallet när det gäller brandgasspridning. Det är ganska enkelt att förhindra brandgasspridning i F-system med fläkt i drift. Skydd mot spridning av brandgaser från en brandcell till en annan brandcell via ventilationssystemet har för fallet med fläktar i drift haft två skyddskrav nämligen förhindra och avsevärt försvåra.

Det första kravet gäller för lokaler med sovande och är absolut. Ingen brandgasspridning får i princip ske. Det andra kravet är inte kvantifierat, vilket gör det svårt att tillämpa. En åtgärd som halverar brandgasspridningen kan tolkas som att brandgasspridning har avsevärt försvårats, men detta kan vara både helt otillräckligt eller helt onödigt. Att följa kravet förhindra brandgasspridning till punkt och pricka blockerar för möjligheter att finna andra lösningar för skydd mot brandgasspridning. Det sker alltid en liten brandgaspridning för andra skyddsåtgärder och via andra spridningsvägar än enbart gemensamma ventilationskanalsystem mellan olika brandceller i en byggnad utan att farliga förhållanden uppstår. Om en viss begränsad brandgasspridning tillåts, öppnar det för helt nya möjligheter att utforma ett bra skydd mot brandgasspridning.

Denna möjlighet finns snart och kraven förhindra och avsevärt försvåra kommer att ersättas med att utspädningen av brandgaser skall vara 0.01 för lokaler med sovande och 0.05 för övrigt. Brandgaser måste spädas ut en faktor 100 respektive 20. Det omöjliga kravet förhindra utgår och kravet avsevärt försvåra kvantifieras med två gränsvärden.

Problemställningen är därför: Kan utspädningen 0.01 eller 0.05 uppnås för FT-system?

Avsikten med denna arbetsrapport är att undersöka vad utspädningen blir för kända skydds-metoder som konvertering av FT-system till F-system samt utluftning med stoppade fläktar med öppna förbigångar. Detta undersöks förenklat i avsnitt 5 respektive 6. Ett antal andra möjliga skyddsåtgärder för att öka utspädningen redovisas i avsnitt 4.

Hur mycket brandgaser som sprids via ett FT-system med fläktar i drift bestäms av hur stor andel av brandrummets luftmassa som lämnar det samma och hur stor andel som gör det via T-systemet, vilket medför brandgasspridning till andra brandceller.

Den första andelen, volymandelen, kan påverkas betydligt genom att använda golvdon för tilluft jämfört med takdon. Frånluftsdon förutsätts vara placerade i taknivå. Volymandelen undersöks i avsnitt 3 med hjälp av en tvåzonsmodell och t^2 -bränder för ett stort antal fall.

Den andra andelen, spridningsandelen, kan påverkas på flera sätt med höga tryckfall över tilluftsdon, låga tryckfall över frånluftsdon och tryckavlastning via separat köksfläkt och spillvatteninstallationer. Exempel på tryckavlastningar som minskar spridning till tillufts-systemet behandlas i avsnitt 2.

Hur stor del av brandgaserna från en lokal med volymen V omräknad till normal temperatur som sprids via tilluftskanalsystemet bestäms dels av volymandelen s_V och spridningsandelen s_t och kan anges som volymen $s_V s_t V$. Den spridningsvolym sprids kan spridas helt och hållet till volymen V_s , vilket gör att utspädningen utan hänsyn till omblandning och undanträngning kan beräknas som:

$$u = s_t s_V V / V_s \quad (-) \quad (1.1)$$

Spridningen till en lokal kan också ske som ett delflöde q av större totalflöde q_s till volymen V_s . Brandgasspridning sker till totalflödet q_s . Utspädning enligt (1.1) kan för detta fall korrigeras med en dimensionslös flödesandel s_q , vilket kan skrivas som:

$$u = s_q s_t s_V V / V_s \quad (-) \quad (1.2)$$

$$s_q = q / q_s \quad (-) \quad (1.3)$$

Uttrycket (1.3) visar att utspädning kan göras stor om spridningen sker med ett stort flöde q_s i förhållande till den enskilda lokalens ventilationsflöde q . En sätt att uppnå stor utspädning är att tilluftskanalsystemet utformas på lämpligt sätt med till exempel fördelningslåda eller snarlika lösningar. Ett annat aktivt sätt är att vid brand öppnar eller stänger ett eller flera spjäll, vilket skapar en stor utspädning. Ett viktigt påpekande är att kontrollera om den ursprungliga lösningen utan några skyddsåtgärder ger tillräcklig utspädning innan andra lösningar väljs.

Volymandelen kan uppskattas med uttrycket (1.4) om brandrummets absoluta medeltemperatur är känd när brandgasspridning börjar vid T_1 och slutar vid T_2 samt att temperaturen normalt är T_0 .

$$s_V = T_0 / T_1 - T_0 / T_2 \quad (-) \quad (1.4)$$

Spridningsandelen till tilluftssystemet kan uppskattas om alla spridningsvägar ut från brandrummet kvantifieras med en ekvivalent spridningsarea under förutsättning att alla tryckfall är kvadratiska i flödet, när övertrycket tilluftssystemet och undertrycket i frånluftssystemet försummas. Detta överskattar spridningsandelen till tilluften. Spridningsandelen kan för ett fall med fyra spridningsvägar med följande ekvivalenta läckareor A_t för tilluft, A_f för frånluft, A_i för inre läckage samt A_y för yttre läckage kan skrivas som:

$$s_t = A_t / (A_t + A_f + A_i + A_y) \quad (-) \quad (1.5)$$

Ett mycket enkelt överslag är att det strängare utspädningskravet 0.01 kan uppnås om de tre andelarna för volym, spridning och flöde alla är 0.2. Detta ger för spridning mellan lika stora lokaler en utspädning om 0.008. Ett möjligt fall är att brandgasspridning sker till fem lika stora lokaler. Brandgasspridning till endast en annan lokal kan tillåtas om andelarna för volym och spridning båda är 0.1, vilket uppfyller det strängare utspädningskravet 0.01.

Ett viktigt påpekande är att den brandgasspridning som avses här är den som sker från en sluten lokal med en brand tills den kvävs av syrebrist eller av ett utlöst sprinklersystem eller av att lokalen tryckavlastas genom fönstersprängning eller på något annat sätt. Ett annat påpekande är att beräkningsmetodiken även kan tillämpas på andra spridningsvägar än tilluftssystem utan även via frånluft som vid tvärströmning.

2 Spridningsandel

Spridningsandelen för tilluft bestäms av kvoten mellan tilluftsystemets läckarea och summa av det brandutsatta rummets alla läckareor enligt (1.5). Ett alternativ kan vara att använda ett flöde för en given tryckskillnad, vilket här sätts till 50 Pa och används för att räkna om tilluftsdon och frånluftsdon med ett givet tryckfall Δp_n vid flödet q_n enligt (2.1) nedan.

$$q_{50} = q_n (50 / \Delta p_n)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.1)$$

Något som kan minska spridningsandelen för tilluft är att det finns många andra komponenter som kan sprida brandgaser. Avsikten med detta avsnitt är att behandla olika komponenter som kan öka spridningen bort från tilluften, vilket kan vara separata köksfläktar, spillvattenenheter med luktlås i form av vattenlås, klimatskalets läckage och variabla luftdon.

Hur stor avlastningen eller flödet är för en tryckskillnad om 50 Pa, redovisas med några diagram i Figur 2.1-5 för en diameter 50, 75, 100, 125 och 160 mm med olika längd och kombinerat med olika engångsförlustkoefficienter. De tre första diametrarnas avser spillvattenledningar och de tre sista gäller för ventilationskanaler. Längdaxeln omfattar 0-250 diametrar och engångsförlustkoefficientenaxeln 0-10.

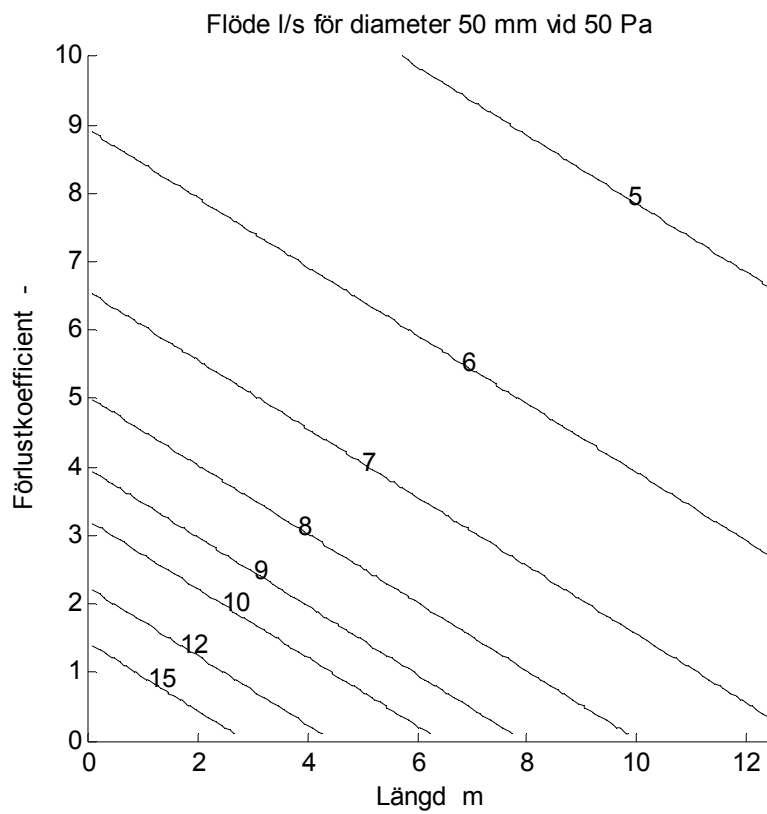
Det totala läckflödet för en lokal summeras för spillvattenenheter och ventilationsenheter med hjälp av Figur 2.1-5 eller genom omskalning av nominella flöden med tryckfall andra än bastryckfallet 50 Pa enligt (2.1). Lokalens läckflöde genom omslutande ytor bestäms genom provtryckningen eller genom antagande av ett specifikt läckage l/sm^2 . Egna erfarenheter från en genomgång av ett stort antal provtryckning av olika lokaler är att luftläckaget alltid var minst $0.4 \text{ l}/\text{sm}^2$ räknat för hela den omslutande ytan.

Engångskoefficienter finns framtagna för en given dimension för olika detaljer såsom böjar, vinklar, grenstycken och särskilda komponenter. Om det saknas uppgifter om engångsförlustkoefficient för en komponent kan den skattas genom att utgå från komponentens minsta geometriska tvärsnittsarea tvärs genomströmningen och under förutsättning att ledningens tvärsnittsarea är betydligt större. Den geometriska arean A (m^2) räknas om till en effektiv area med hänsyn till strömningens kontraktionsfaktorn C (-), som kan vara minst 0.6. Om ledningens dimension är d (m) kan engångsförlustkoefficienten e beräknas som:

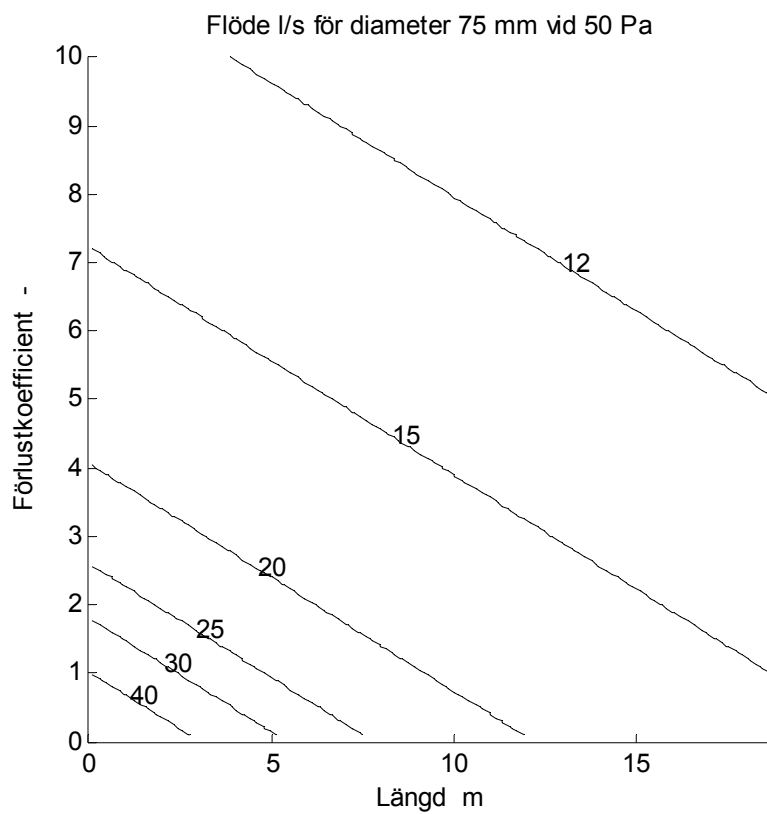
$$e = (\pi d^2 / 4CA)^2 \quad (-) \quad (2.2)$$

Notera att engångsförlusten är kvadraten på kvoten mellan ledningens tvärsnittsarea $\pi d^2 / 4$ och strömningens minsta tvärsnittsarea CA . Om en komponent består flera parallellkopplade areor summeras dessa. Om en komponent består av flera seriekopplade areor, beräknas en ekvivalent area enligt (2.3) nedan, vilket motsvarar en summering av engångsförlustkoefficienterna.

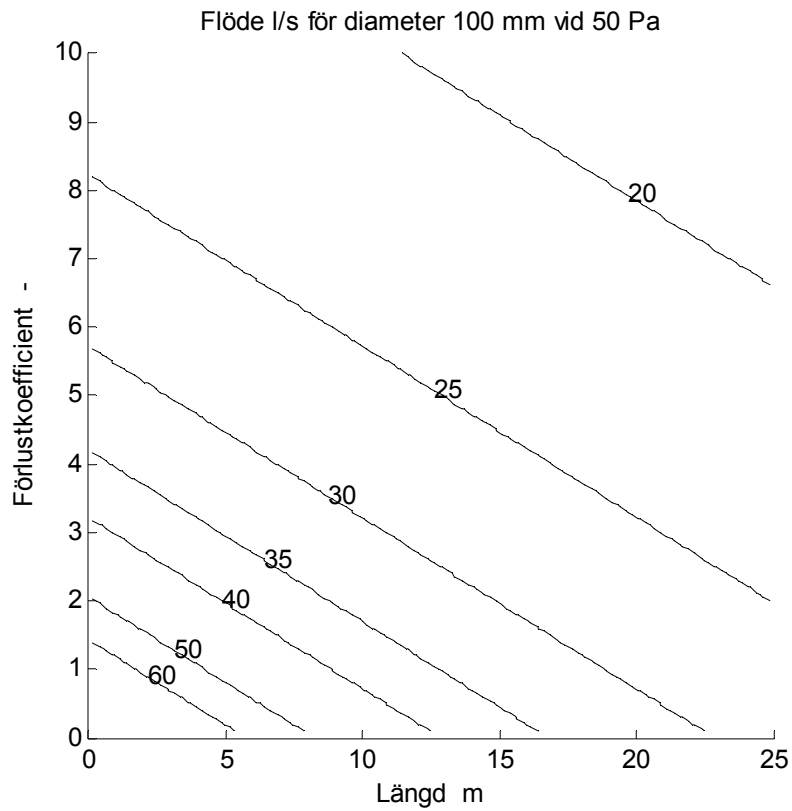
$$A_{1-n}^{-2} = A_1^{-2} + A_2^{-2} + \dots + A_n^{-2} \quad (\text{m}^{-4}) \quad (2.3)$$



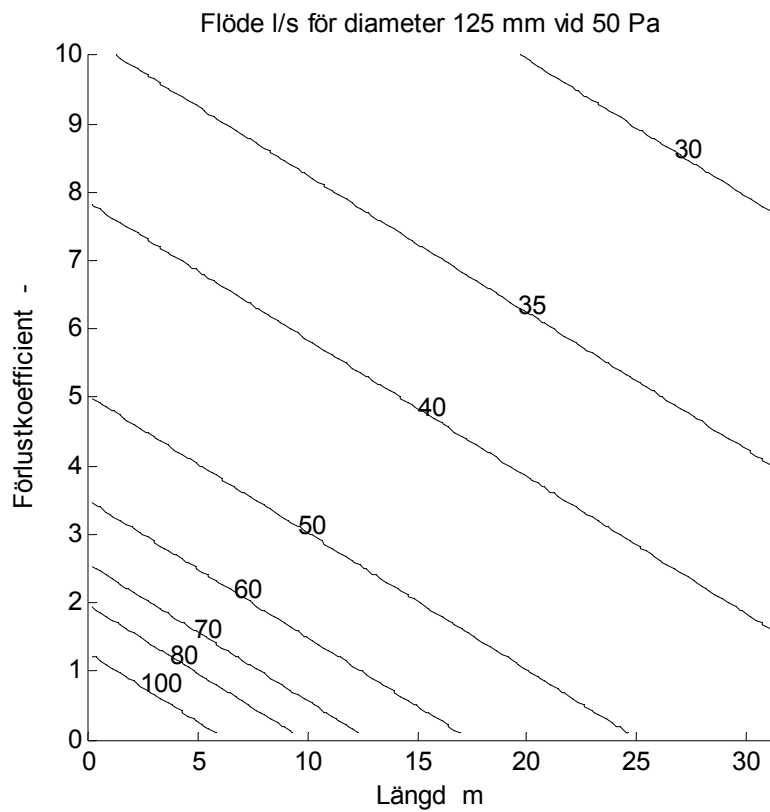
Figur 2.1 Flöde l/s för diameter 50 mm vid 50 Pa för olika längd och engångsförlust.



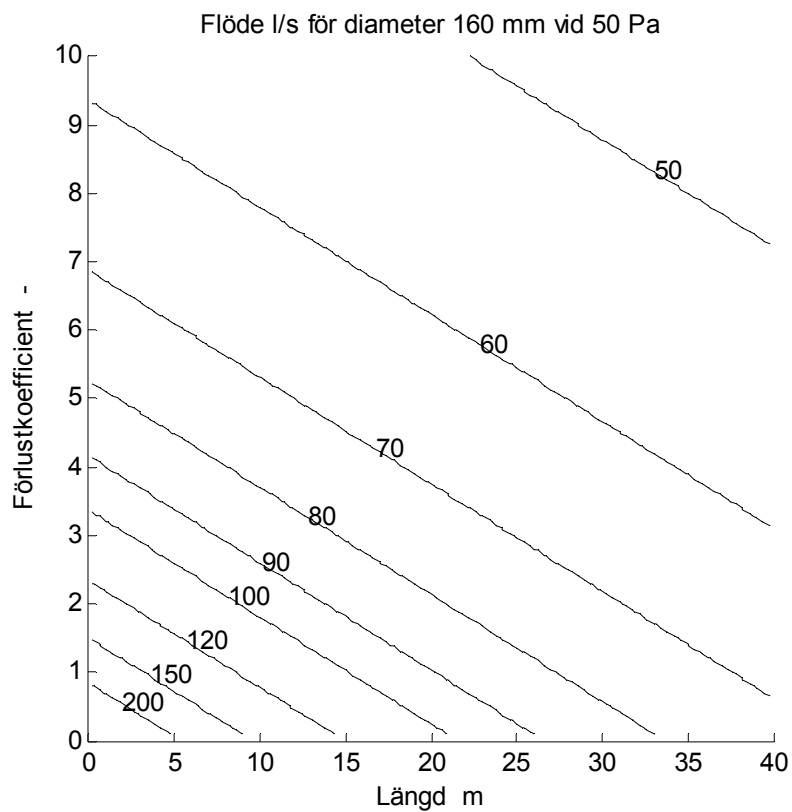
Figur 2.2 Flöde l/s för diameter 75 mm vid 50 Pa för olika längd och engångsförlust.



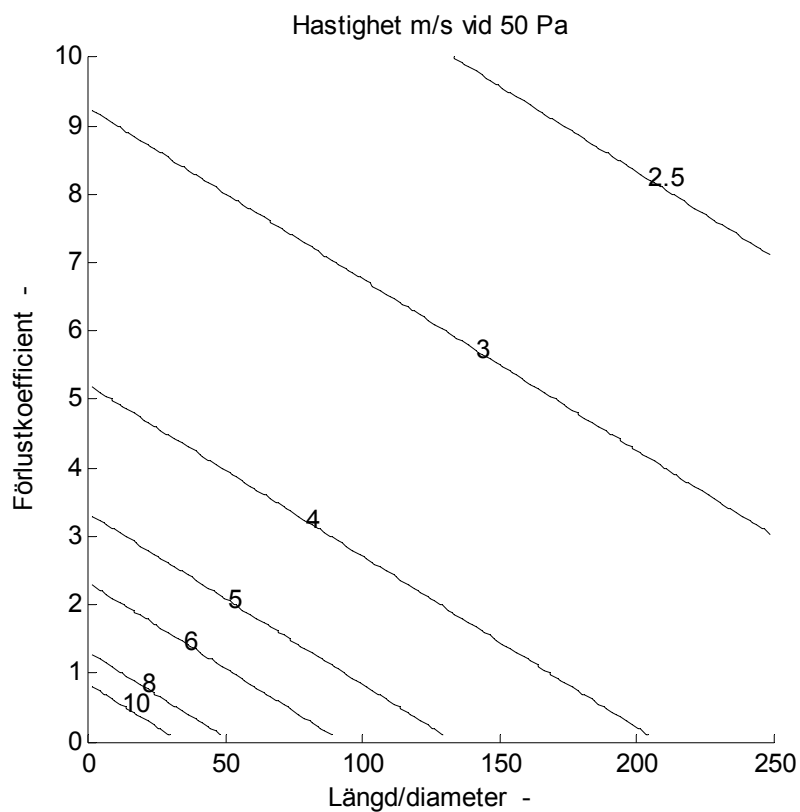
Figur 2.3 Flöde l/s för diameter 100 mm vid 50 Pa för olika längd och engångsförlust.



Figur 2.4 Flöde l/s för diameter 125 mm vid 50 Pa för olika längd och engångsförlust.



Figur 2.5 Flöde l/s för diameter 160 mm vid 50 Pa för olika längd och engångsförlust.



Figur 2.6 Hastighet m/s vid 50 Pa för olika längd/diameter och engångsförlust.

Lufthastigheten för samtliga fall i Figur 2.1-5 redovisas i Figur 2.6. Detta är möjligt eftersom längdaxeln är identisk i alla diagram omfattande 250 diameter. Hastigheten 10 m/s uppnås endast för korta längder och en engångskoefficient mindre än ett. Enbart en engångsförlustkoefficient om ett resulterar i en hastighet om 9.1 m/s vid temperaturen 20 °C.

En engångstryckförlust kan alltid jämföras med en ledning med en viss längd. En ledningslängd om omkring fyrtio diameter motsvarar en engångsförlust med värdet ett.

Övergång från en klenare ledning till en grövre ledning kräver en omräkning av den grövre ledningens längd för att passa den klenare ledningens diameter. En enkel omräkning bygger på att friktionstryckfallet är proportionellt mot ledningens längd och diameter⁻⁵, vilket resulterar i uttrycket (2.4) nedan.

$$l_k = l_g (d_k / d_g)^5 \quad (\text{m}) \quad (2.4)$$

Brandtryck kan tidvis vara höga och siffervärden 200, 450, 800 och 1250 Pa ger 2, 3, 4 respektive 5 gånger högre flöden och hastigheter än vad som visas i Figur 2.6. Höga brandtemperaturer medför lägre densitet och en flödesökning med faktorerna 1.2, 1.5 och 2 motsvaras av temperaturerna 149, 386 respektive 899 °C. Avkylningen kan vara betydande. Brandgaslagret kan tidvis ligga över komponenten under brandförloppet. Branden kan vara i en annan del av lägenheten.

Separat köksfläkt

Frånluften från ett kök förorenas vid matlagning och kan smutsa ner kanalsystem och värmeåtervinningsutrustning och därför används ofta en separat köksfläkt för utsug direkt över köksspis. Köksfläkten körs endast under korta tider vid matlagning och är försedd med backströmningsskydd för att förhindra att uteluft strömmar in när köksfläkten inte är i drift. Backströmningsskyddet innebär att en separat köksfläkt inte kan tillgodoräknas som ett läckage vid konvertering. med undertryck i lägenheten.

Själva köksfläkten kan ha en del trånga passager. Detta gäller särskilt själva fläkten med dess fläkthjul. Tryckförlusterna för en självroterande radialfläkt brukar jämföras med en engångsförlust med värdet tre räknat för inloppsarean till radialhjulet.

Ett alternativ till en separat köksfläkt är en kolfilterfläkt som återcirkulerar den reade luften till lokalen. Denna lösning med en kolfilterfläkt innebär givetvis inte någon form av tryckavlastning.

En köksfläkt ansluts oftast med kanalstorlek 12 med diameter 125 mm. Ett dimensionsbyte till storlek 16 med diametern 160 mm avlastar och minskar spridning till tilluftssystemet. Vad avlastningsflödet blir för de två kanaldimensionerna 125 och 160 mm för en kanal med längden 15 m och en total förlustkoefficient om 4 kan bestämmas med Figur 2.4 respektive 2.5. De två avlastningsflödena blir 44 respektive 74 l/s vid en tryckskillnad om 50 Pa.

Spillvattensystem

Tryckavlastning kan ske via spillvattensystem för brandceller som har kök, pentry, grovkök, badrum, duschrum och toalett. Det krävs dock höga brandtryck över 500 Pa, eftersom vattenlåsen eller egentligen luktlåsen har en vattenpelare med höjden 50 mm.

Vad som händer när brandtrycket överstiger 500 Pa är att luften bubblar igenom vattenlåset. Bubblorna minskar vattenmängden i vattenlåset. Bubblorna minskar den luftbemängda vattenpelarens mottryck, vilket ökar genomströmningen och ytterligare minskar mottrycket. Slutresultatet blir att större delen av luktlåsets vatten drivs bort och att det uppstår en fri passage. Denna fria passage kan utsättas för höga lufthastigheter. En tryckskillnad på 60, 240 och 540 Pa skapar lufthastigheter på 10, 20 respektive 30 m/s vid normal temperatur. Resterande vattenmängd kan kanske drivas bort mer eller mindre helt.

Det finns tre ledningsstorlekar för att ansluta spillvattenenheter, nämligen 50, 75 och 100 mm. Toalett ansluts alltid med 100 mm, golvbrunn oftast med 75 mm och 50 mm för övrigt. Samlingsledningar för spillvatten är normalt 100 mm och för stora byggnader 150 mm för liggande ledningar. Vertikala stammar är genomgående minst 100 mm.

Undertryck och utsugning av vattenlås förhindras med att alla vertikala samlingsledningar i en byggnad är luftade upp över tak eller med backventiler, vilka tillåter inströmning och därmed förhindrar undertryck i spillvattensystemet. Övertryck i ett spillvattensystem för en byggnad förhindras med att det alltid finns en vertikal spillvattenstam som luftas ut över tak. Den begränsade luftningen av ett spillvattensystem i en byggnad kan därför begränsa möjligheterna till att avlasta en brand till omgivningen. Avståndet ut till det fria kan bli stort i sämsta fall minst dubbla byggnadshöjden. Detta gäller för en spillvattenenhet högst upp i en byggnad ansluten till en stam med backventil endast för inströmning.

Det skall också tilläggas att de olika spillvattenenheterna i ett badrum sammankopplas till en ledning, som ansluts till en vertikal luftad samlingsledning. Det finns i regel flera spillvattenstammar till en lägenhet med en för kök, en för badrum och en för gästtoalett.

Olika spillvattenenheter ansluts med korta ledningar till en gemensam största ledning och därefter till en vertikal luftad stamledning med minsta samma eller större dimension. Alla vertikala spillvattenstammar ansluts till liggande luftade samlingsledningar med dimensionerna 100 eller 150 mm. Denna sammankoppling innebär att det går inte att bedöma spillvattensystemets avlastningsförmåga genom att bara addera själva spillvattenenheternas avlastningsförmåga. En underskattning är att bara ta med den största spillvattenenhetens avlastningsförmåga tillsammans med byggnadens luftade spillvattensystem.

En viktig anmärkning är att spillvattensystemets läckflöde kan tillgodoräknas bara om brandtrycket överstiger 500 Pa motsvarande vattenlåsens höjd. Detta brandtryck krävs för att kunna blåsa ut vattenlåsen i spillvattenenheterna. Detta innebär också att brandgasspridning kan ske med olika fördelning före och efter brandtrycket överstiger 500 Pa.

Variabla luftdon

Det finns aktiva tilluftdon vars öppningsarea ändras efter flödesbehovet. Detta innebär att öppningsarean kan göra liten för små flöden. Det finns också enkla passiva tilluftdon vars öppningsarea anpassas främst efter flödet genom donet. Detta görs för att ha samma inblåsningshastighet oberoende av flödet och därmed säkerställa att kallras från tilluftdonet inte inträffar utan att omblandningen blir tillräcklig.

Ett exempel på ett passivt don helt i stålplåt är Flipper tillverkat av Acticon. Donets effektiva läckarea är mindre än 500 mm^2 i backriktningen, vilket ger ett läckflöde mindre än 5 l/s vid en tryckskillnad om 50 Pa. Donets läckarea finns kring fyra självöppnande och självstängande öppningar med en bredd på 120 mm.

Självverkande variabla frånluftdon vars flöde ökar mer än ett fast frånluftdon vid ökande tryckskillnad minskar spridningsandelen.

Textildon

Textildon kan ses som variabelt luftdon, eftersom duken kan sammanpressas i backriktningen till en mindre aktiv dukarea än i framriktningen. Detta har undersökts i arbetsrapporten TVIT—07/7013. Försök med ett cylindriskt textildon med nominella data 20 l/s vid 90 Pa i framriktningen resulterade i ett mer eller mindre konstant läckflöde om 4 l/s i backriktningen oberoende av tryckskillnaden. Läckflödet ökade inte eftersom en högre tryckskillnad pressade samman textildonet mer, vilket minskade den aktiva textilarean. Detta textildon var försett med en lufttät textildel närmast själva kanalanslutningen med avsikten att denna del vid sammanpressning skulle förhindra läckage i backriktningen helt och hållet.

Det konstanta läckflödet innebär att läckflödet vid en tryckskillnad om 200 Pa egentligen motsvarar ett läckflöde om 2 l/s vid bastryckfallet om 50 Pa för ett fall med kvadratiska tryckförluster. Det är svårt att utnyttja denna egenskap beräkningsmässigt och spridningsandelen till tilluftsystemet kan överskattas genom att använda sig av läckflödet 4 l/s vid 50 Pa samt antagande om kvadratiska förluster, vilket egentligen är fel.

En svaghet med textildon är att de kan vara brännbara och kan påverkas av hög temperatur. En obrännbar smältande och självtätande textilduk är klart intressant. En fördel är dock att textildon ofta kan vara placerade nära golv med lägre lufttemperaturer vid brand.

Lufttäthet

Krav på lufttäthet avser ytor i klimatskalet och inte inre brandcellsskiljande väggar och bjälklag. Kravet på lufttäthet var fram till 2006 för bostäder 0.8 l/sm² och lokaler 1.6 l/sm² enligt BBR räknat på omslutande yta. Numera finns det bara ett krav på en lufttäthet om 0.6 l/sm² enligt BBR för byggnader och även tillbyggnader med en golvyta mindre än 100 m². Passivhus har ett eget krav på en lufttäthet om 0.3 l/sm².

Ett mätresultat från småhus, lägenheter, hotellrum, lokaler, schakt och trapphus i en rapport TVIT--06/3003 visar att medelläckage för nya småhus och nya lägenheter beräknades till 0.41 respektive 0.27 l/sm² räknat för alla omslutande ytor. Om tak- och golvytor slopas ökar, fås 0.8 l/sm², vilket är lika med det äldre BBR-krav.

En jämförelse kan göras mellan läckageflöde och ventilationsflöde för en bostad. En bostads omslutande yta är omkring tre golvytor. Om lufttätheten sätts till 0.4 l/sm² blir läckflödet omkring 1.2 l/sm² golvyta, vilket kan jämföras med det normenliga flödet 0.35 l/sm². Om enbart vertikal ytor är otäta minskar läckflödet till 0.4 l/sm². Läckflödet vid en tryckskillnad om 50 Pa är ungefär lika stort som det normenliga ventilationsflödet.

Tillämpningsexempel

Bestäm spridningsandelen till tilluft för en mindre lägenhet med kök och badrum med och utan hänsyn till köksfläkt, spillvattensystem och lufttäthet. Ventilationsflödet är 30 l/s med tryckfall 80 Pa för tilluft och 40 Pa för frånluft. Den omslutande vertikala ytan är 100 m². Köket har en separat köksfläkt med tre engångsförluster, kanaldiametern 125 mm och kanallängden 15 m.

Badrummet har tvättställ, golvbrunn och toalett anslutna med 50, 75 respektive 100 mm alla med fem engångsförluster och 2 m ledning till en luftad ledning med diametern 100 mm och längden 15 m och två engångsförluster. Köket har en disklåda med engångsförlusten fem och dimension 50 mm med längden 2 m ansluten till samma ledning som för badrummet.

Flödena för tilluft och frånluft bestäms med omskalning till 24 respektive 34 l/s. Omslutande vertikala ytors läckage bestäms med värdet 0.4 l/sm² till 40 l/s. Köksfläktens flöde bestäms i Figur 2.4 till 50 l/s. Flödena för de fyra spillvatteneheter disklåda, tvättställ, golvbrunn, toalett och gemensam ledning bestäms med figur 2.1-3 till 7, 7, 17, 31 respektive 30 l/s. De fyra spillvatteneheternas totalflöde är 62 l/s vid 50 Pa vilket skall jämkas samman med stamledningens 30 l/s. Seriekoppling av komponenter med givna flöden för samma tryckskillnad kan räknas om till ett ekvivalent flöde för samma tryckskillnad på formen i likhet med (2.4):

$$q_{1-n}^{-2} = q_1^{-2} + q_2^{-2} + \dots + q_n^{-2} \quad (\text{m}^{-6}\text{s}^2) \quad (2.5)$$

Resultatet blir alltid mindre är minsta flöde och i detta fall 27 l/s vid 50 Pa för hela spillvattensystemet. Spridningsandelen för några fall redovisas med ökande antal komponenter i Tabell 2.1 nedan. Siffrorna visar att andra komponenter än bara tilluftsdon, frånluftdon och lufttäthet har betydelse dock med reservationen att brandtrycket måste överstiga 500 Pa för att spillvattensystemet skall kunna räknas med.

Tabell 2.1 Avlastningsflöden vid 50 Pa och spridningsandel för olika fall

tilluftsflyde	frånluftsflyde	lufttäthet	köksfläkt	spillvatten	spridningsandel
l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	-
24	34	-	-	-	0.414
24	34	40	-	-	0.245
24	34	40	50	-	0.162
24	34	40	50	27	0.137

Isodiagram för spridningsandel och brandtryck

Spridningsandelen är en funktion av egenskaper för tilluftssystemet, frånluftssystemet, läckaget och brandflödet. Om tryckförhållanden i tilluftssystemet och frånluftssystemet försummas och jämföras med det för läckaget, kan spridningsandel till tilluften beräknas genom att beakta egenskaperna för tilluftssystemet, frånluftssystemet och läckaget. Brandflödets storlek har inte någon betydelse för att beräkna spridningsandelen för tilluft med denna förenkling. Detta gäller också brandtrycket, vilket därför inte heller uppmärksammas i beräkningarna.

Avsikten med detta underavsnitt är att undersöka spridningsandelen för tilluft och brandtrycket med hänsyn till tryckförhållanden i tilluftssystemet och frånluftssystemet. Spridningsandelen skall beräknas och redovisas som isodiagram i Figur 2.7-10 med det nominella läckageflödet som x-axel och brandflödet som y-axel.

Mottrycket i tilluftssystemet Δp_t eller tilluftsgrenens tryckfall sätts till 50, 100, 200 och 400 Pa. Medtrycket i frånluftssystemet Δp_f eller frånluftsgrenens tryckfall sätts till 50 Pa.

Läckageflödet q_x anges relativt det normala ventilationsflödet q_n för tryckskillnaden Δp_x 50 Pa. Brandflödet q_b anges relativt det normala ventilationsflödet q_n och har ritats in för brandtrycken 500, 1000 och 2000 Pa.

De fyra flödena för tilluft q_t , frånluft q_f , läckageflöde q och brandflöde q_b kan skrivas som en funktion av brandtrycket p_b större än Δp_t enligt nedan.

$$q_t / q_n = (p_b / \Delta p_t - 1)^{0.5} \quad (-) \quad (2.6)$$

$$q_f / q_n = (p_b / \Delta p_f + 1)^{0.5} \quad (-) \quad (2.7)$$

$$q / q_n = (q_x / q_n) (p_b / \Delta p_x)^{0.5} \quad (-) \quad (2.8)$$

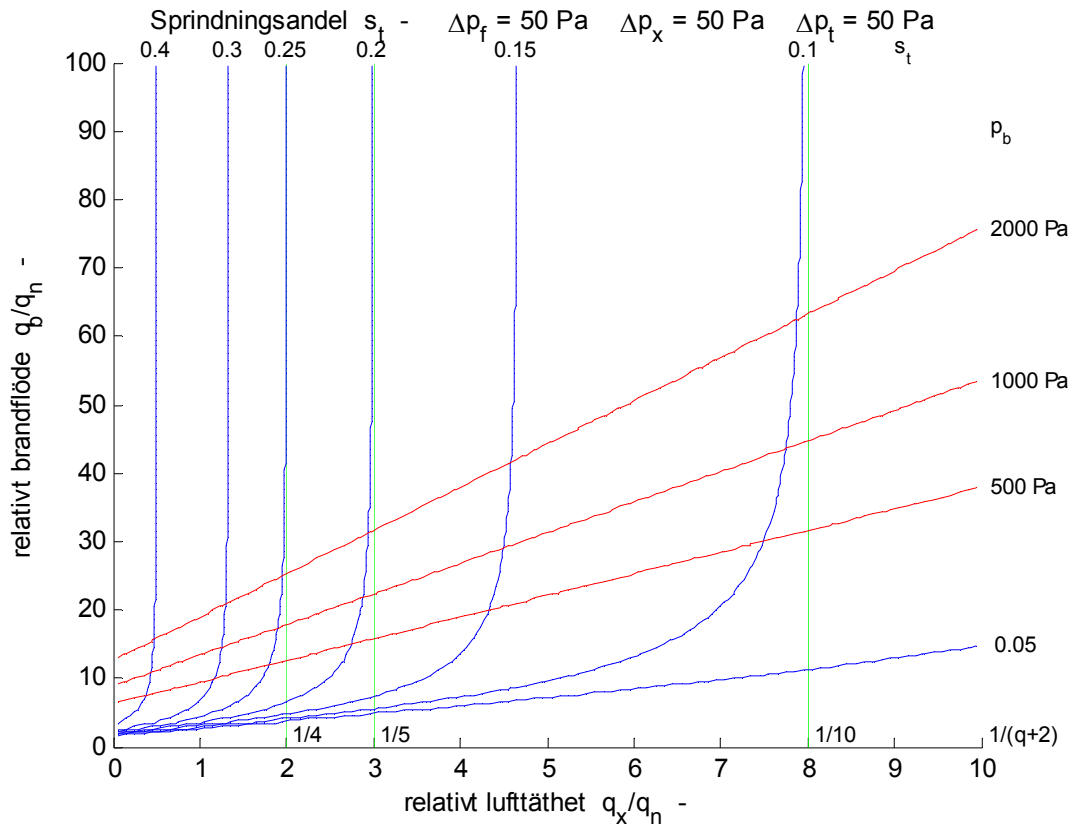
$$q_b = q_t + q_f + q \quad (-) \quad (2.9)$$

Spridningsandelen för tilluft kan för höga brandtryck genom att förenkla (2.6-9) och införa en parameter a skattas som:

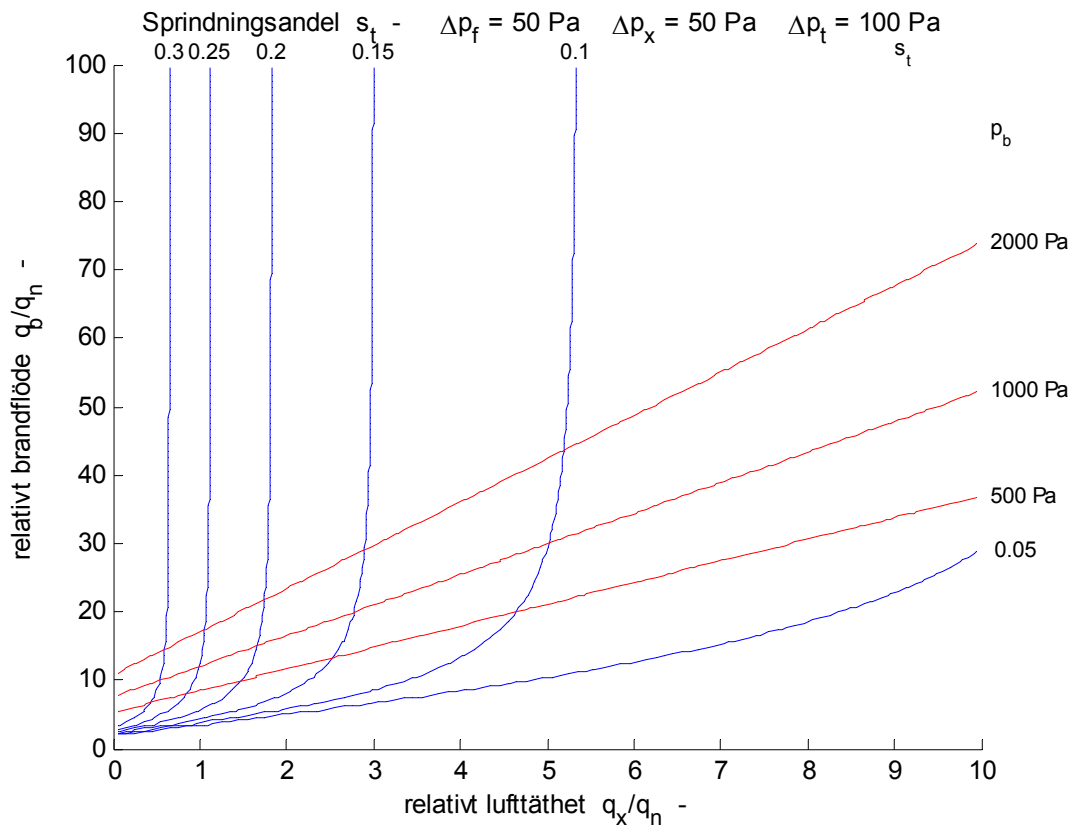
$$s_t = a / (a + 1 + q_x / q_n) \quad (-) \quad (2.10)$$

$$a = (\Delta p_n / \Delta p_t)^{0.5} \quad (-) \quad (2.11)$$

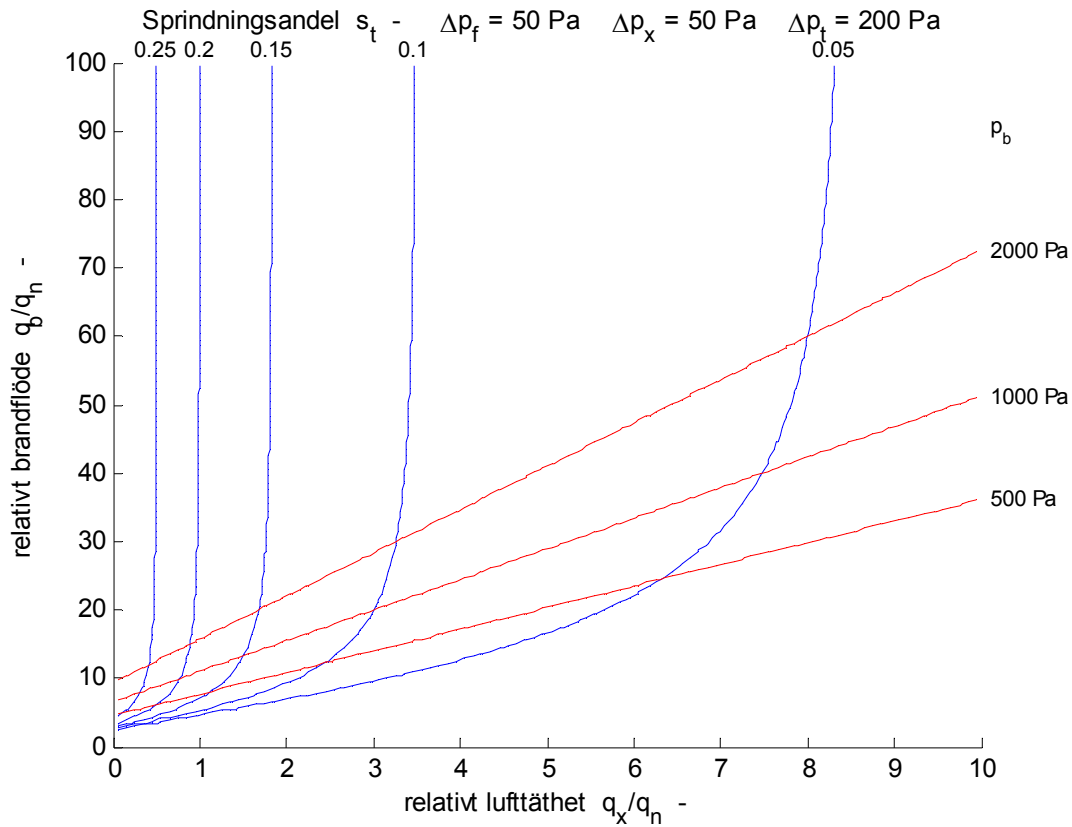
Detta samband visar vad höga tryckfall för tilluftsdon innebär och för de fyra aktuella tryckfallen 50, 100, 200 och 400 Pa blir parametern $a = 1, 0.71, 0.5$ respektive 0.35. Spridningsandelen nästan halveras när dontryckfallet ökas en faktor fyra. Detta framgår också ganska väl vid en jämförelse mellan isolinjer i Figur 2.7 och 2.9 med halverade värden.



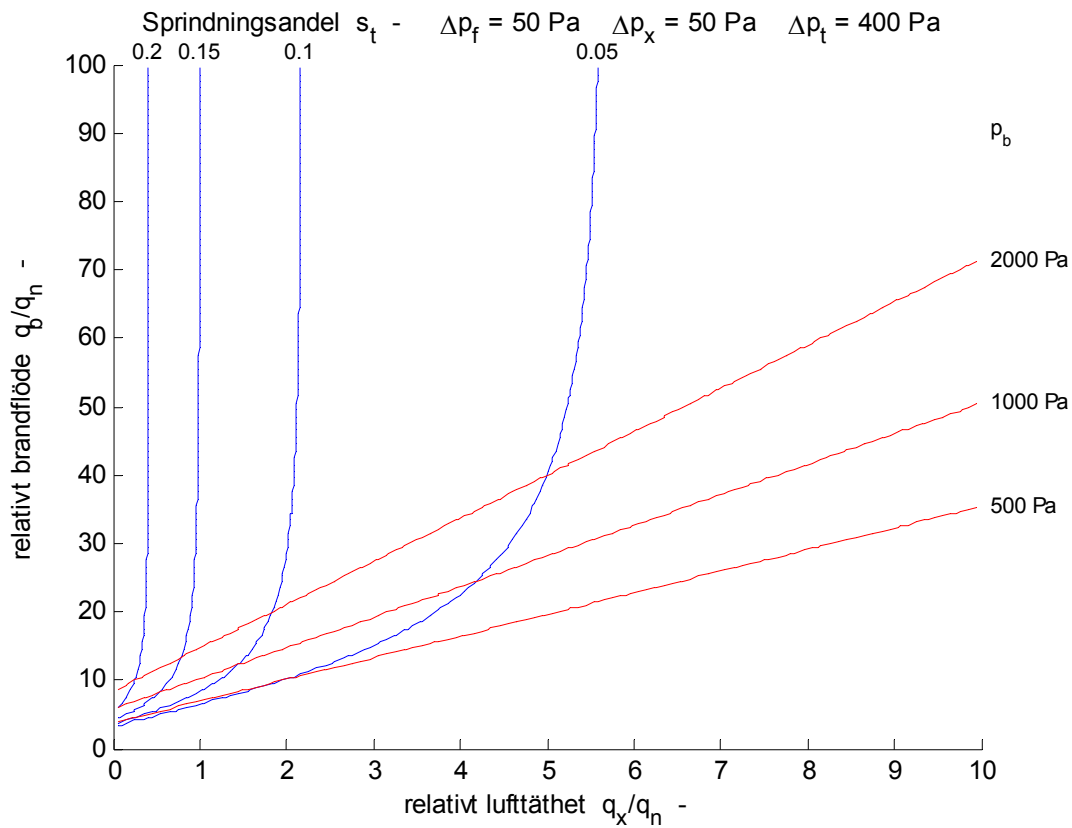
Figur 2.7 Spridningsandel s_t som funktion av relativt läckage och brandflöde för Δp_t 100 Pa.



Figur 2.8 Spridningsandel s_t som funktion av relativt läckage och brandflöde för Δp_t 100 Pa.



Figur 2.9 Spridningsandel s_t som funktion av relativt läckage och brandflöde för Δp_t 200 Pa.



Figur 2.10 Spridningsandel s_t som funktion av relativt läckage och brandflöde för Δp_t 400 Pa.

Brandtrycket i Figur 2.7-10 ökar med ökande brandflöde och avtar med ökande läckage. Brandtrycket ökar något för samma fall med ökande tryckfall för tilluftsdelen vid jämförelse mellan Figur 2.7-10.

Spridningsandelen för helt täta lokaler kan skattas med (2.10-11) och resultatet för de fyra tilluftstryckfallen 50, 100, 200 och 400 Pa blir 0.500, 0.41, 0.33 respektive 0.26.

Brandtrycket överstiger 2000 Pa för ett brandflöde tjugo gånger det normala ventilationsflödet för en lokal med ett nominellt läckage lika med det nominella ventilationsflödet. Detta innebär att lokaler med god lufttäthet kommer brandtrycket att kunna bli mycket högre än vad lokalens begränsande ytor klarar av.

Höga brandtryck kan leda till ett ökat läckage utöver det nominella sambandet eller rent av kollaps för en av lokalens begränsande ytorna.

Den dimensionerande spridningsandelen kan därför bestämmas av ett högsta rimligt brandtryck utöver vilket läckage begränsar brandgasspridning till tilluftssystemet. Detta brandtryck bestämmer tillsammans med egenskaperna för tilluftssystem, frånluftssystem och lufttäthet också vad som är dimensionerande brandflöde.

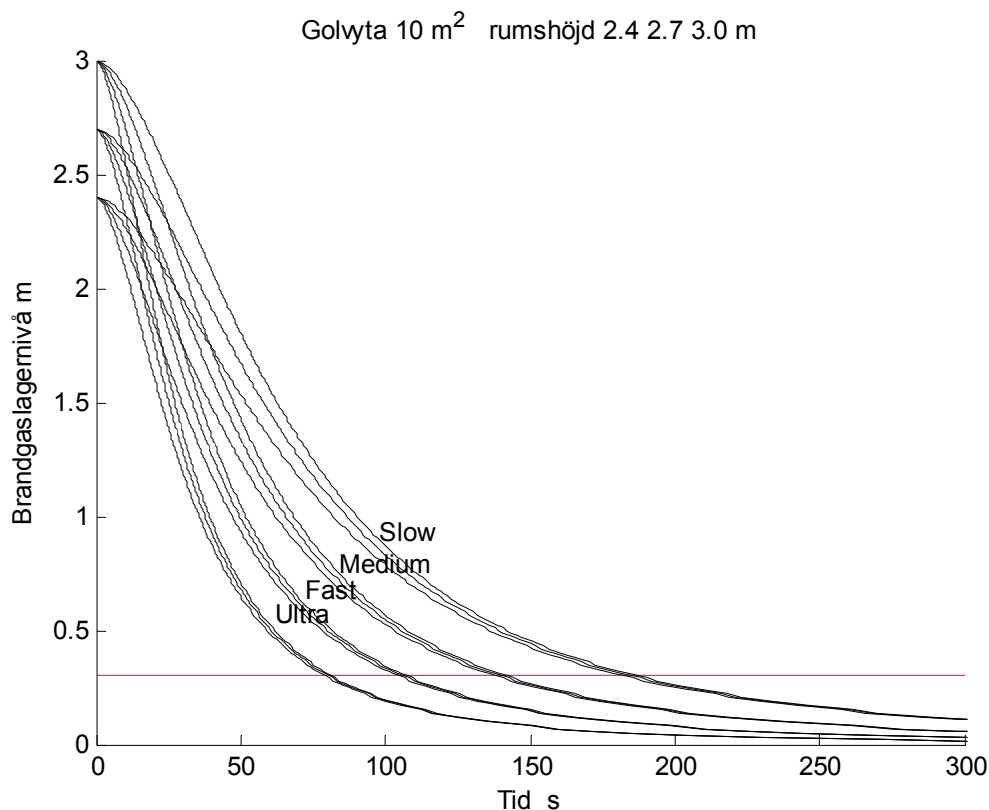
3 Volymandel

Brandgasspridning till tilluftssystemet kan försvåras genom att ha golvplacerade tilluftsdon och förhindras helt ända till dess att brandgaslagret når ner till tilluftsdonets nivå. Det är därför av intresse att beräkna eller uppskatta hur stor brandgasspridningsvolym som återstår när brandgasspridning drabbar tilluftssystemet med golvplacerade tilluftsdon.

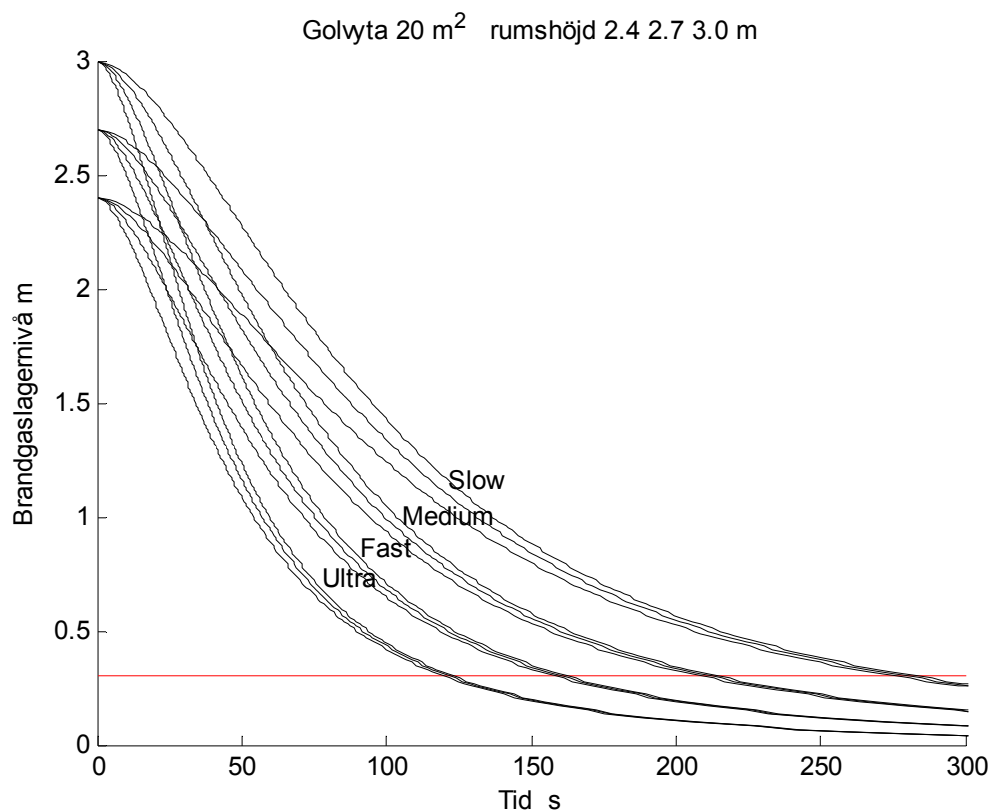
Den konvektiva delen av brandeffekten bestämmer brandplymens flöde, som i sin tur helt bestämmer hur brandgaslagret växer till om brandflödet inte går ut via brandgaslagret till exempel i taknivå. Frånluftdon är oftast takplacerade. En brandcells läckage kan vara fördelat på övergångar mellan tak och väggar, övergångar mellan golv och väggar, kring fönster och dörrar och olika genomföringar.

Brandgaslagernivå för t^2 -bränder

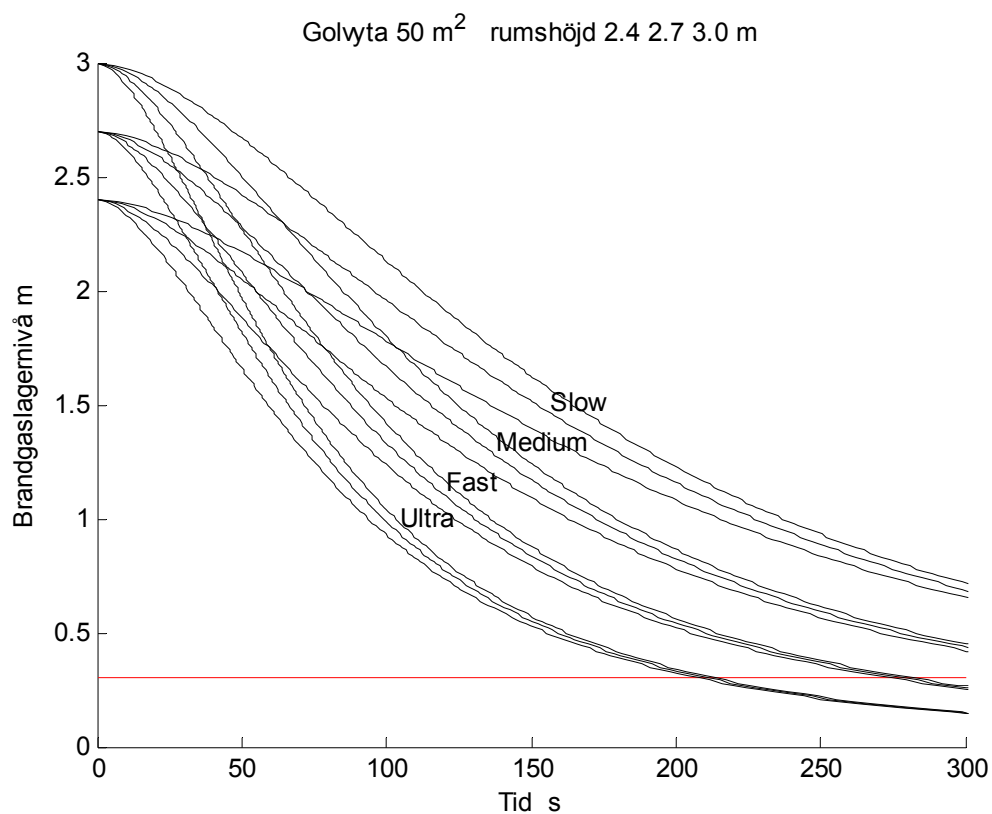
Hur brandgaslagrets nedre gräns minskar för fyra t^2 -bränder, slow, medium, fast samt ultra fast, redovisas i Figur 3.1-3 för kvadratiska rum med golvytan 10, 20 och 50 m^2 med tre olika rumshöjder 2.4, 2.7 och 3 m.



Figur 3.1 Brandgaslagernivå för olika t^2 -bränder och rumshöjd med golvytan 10 m^2 .



Figur 3.2 Brandgaslagernivå för olika t^2 -bränder och rumshöjd med golvytan 20 m².



Figur 3.3 Brandgaslagernivå för olika t^2 -bränder och rumshöjd med golvytan 50 m².

Samtliga tre diagram i Figur 3.1-3 visar att brandgaslagernivån givetvis sjunker snabbare för en högre brandtillväxthastighet och långsammare för en större lokal samt att brandgaslagernivån efter ett tag inte skiljer nämnvärt mellan olika rumshöjder. Hur mycket syre som har förbrukats framgår inte av kurvorna i Figur 3.1-3.

Brandgaslagernivå och relativ syrenivå vid t^2 -bränder

Hur brandgaslagernivån och den relativa syrenivån samtidigt ändras för fyra t^2 -bränder, slow, medium, fast samt ultra fast, och fem olika utluftningar mellan golv och tak redovisas i Figur 3.4-8 för en lokal med golvytan 36 m^2 och rumshöjden 3 m. Golv- och takflöden för de fem utluftningsfallen i Figur 3.4-8 förhåller sig som 1:0 (bara golv), 3:1, 1:1, 1:3 respektive 0.1 (bara tak). Simulering görs med en enkel tvåzonsmodell.

Tidsförloppet redovisas med relativ syrenivå som x-axel och med brandgaslagernivå som y-axel. Tiden markeras med siffror för hela minuter för de fyra brandfallen.

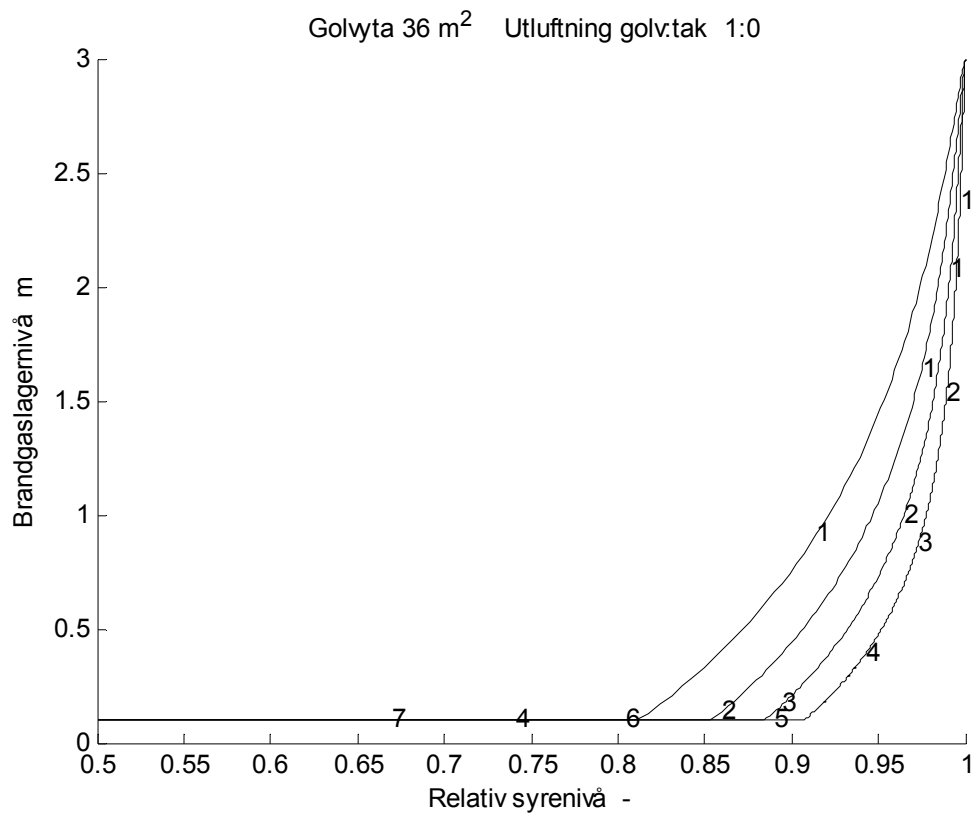
Kurvorna i Figur 3.4-8 visar att utluftningen har mycket stor betydelse för brandförloppet.

De tre brandförloppen är ganska likartade innan brandgaslagernivå är lägre än halva rumshöjden och särskilt för brandfall med lägre tillväxthastighet.

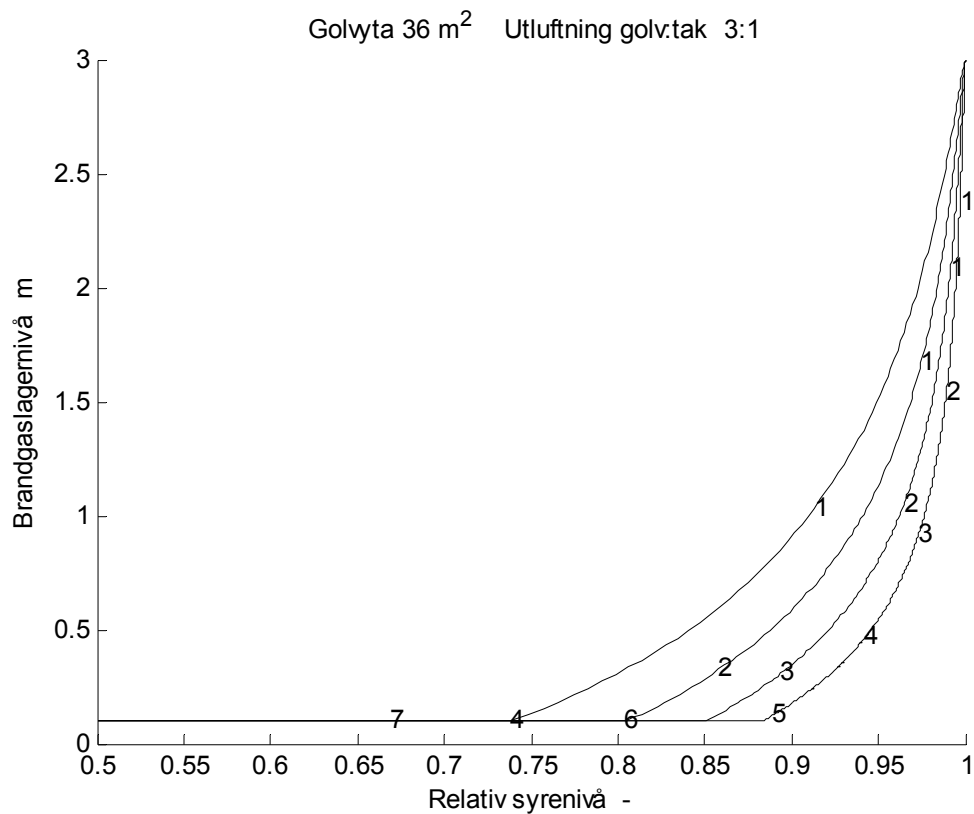
Enbart utluftning vid golv resulterar i att brandgaslagret når golvet med höga relativa syrenivåer över 0.8. Detta innebär att branden kan fortsätta ännu ett tag och spridning av brandgaser kan ske även för ett golvplacerat tilluftsdon. Detta beräkningsfall är något extremt, eftersom det finns normalt utluftning i taknivå i form av frånluftsdon. Olika läckage finns oftast i övergångar mellan tak, väggar och golv samt via fönster och dörrar.

Ett rimligare utluftningsfall med lika utluftning från den över zonen och den nedre zonen redovisas i Figur 3.6. Detta kan motsvara ett fall med golvplacerade tilluftsdon och takplacerade frånluftsdon med lika tryckfall för samma ventilationsflöde. Kurvorna för en ultra fast brand visar att den relativa syrenivån halveras innan golvnivån 0.1 m uppnås. Kurvorna för de tre långsammare bränderna, slow, medium och fast, visar att den relativa syrenivån vid brandgaslagernivån 0.1 m är högre ju långsammare brandtillväxten är. Detta innebär att risken för spridning av brandgaser via golvplacerade tilluftsdon ökar ju långsammare brandtillväxten.

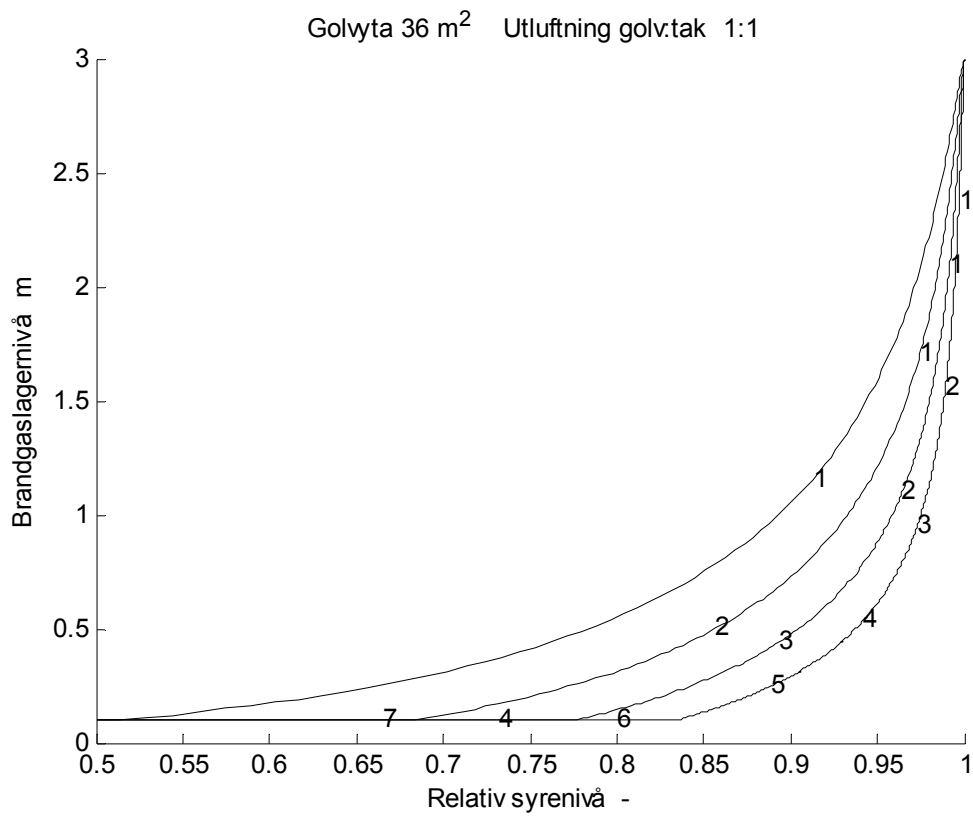
Enbart utluftning i taknivå redovisas i Figur 3.8 som en jämförelse. Kurvorna visar att brandgaslagernivå aldrig når ner till nivå 0.1 m innan hälften av luftens syre är förbrukat. Detta är ett orimligt fall, eftersom det finns läckage under taknivå.



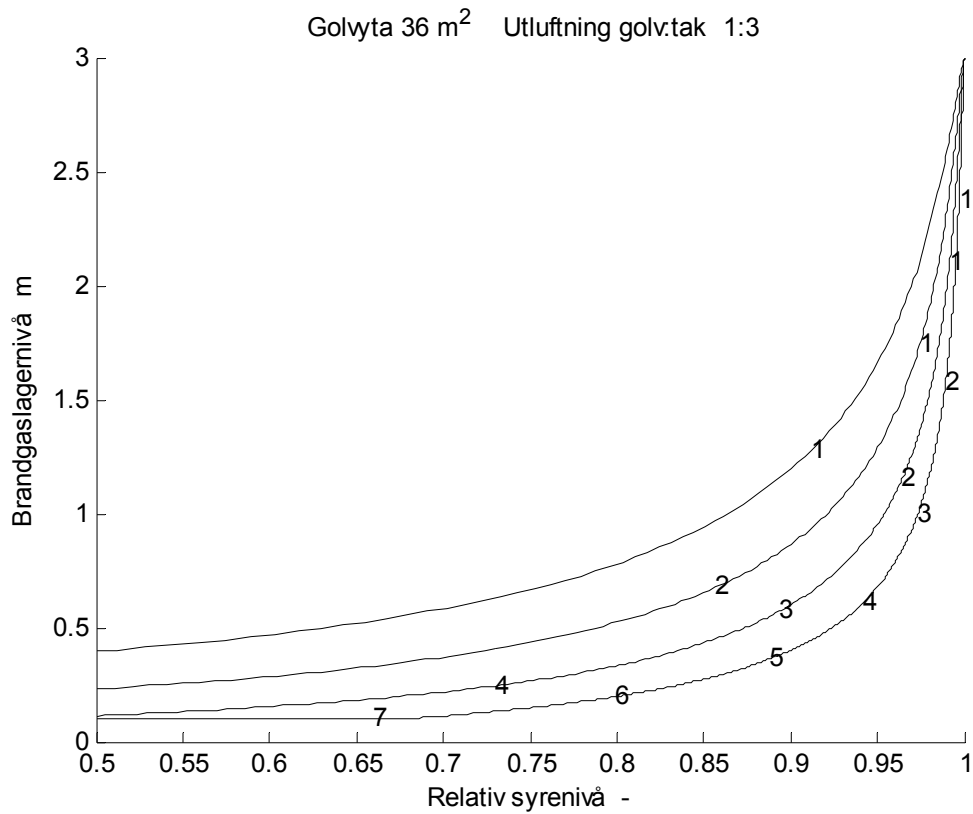
Figur 3.4 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -bränder med utluftning vid golv/tak 1:0.



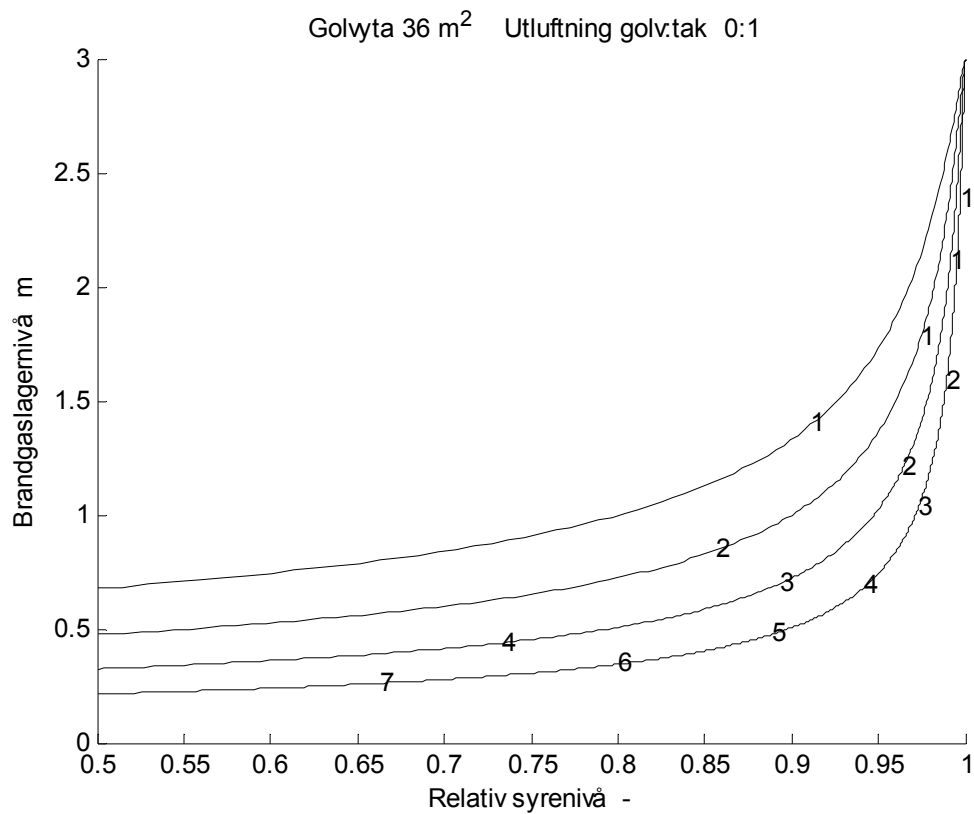
Figur 3.5 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -bränder med utluftning vid golv/tak 3:1.



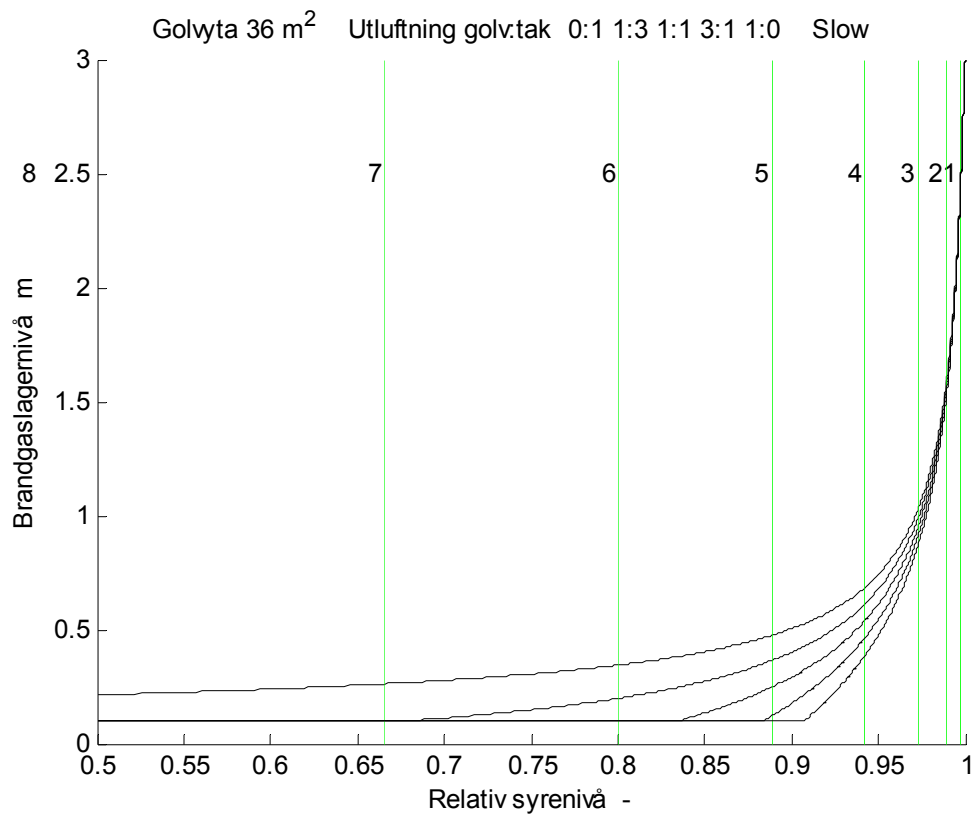
Figur 3.6 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -bränder med utluftning vid golv/tak 1:1.



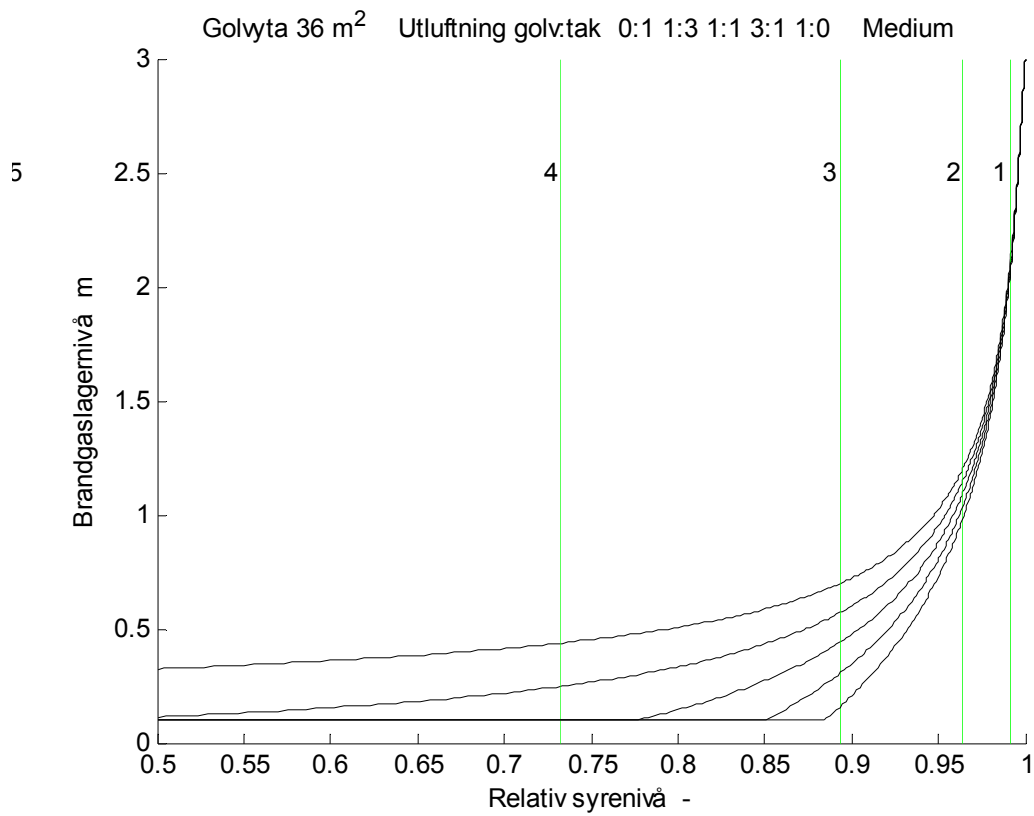
Figur 3.7 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -bränder med utluftning vid golv/tak 1:3.



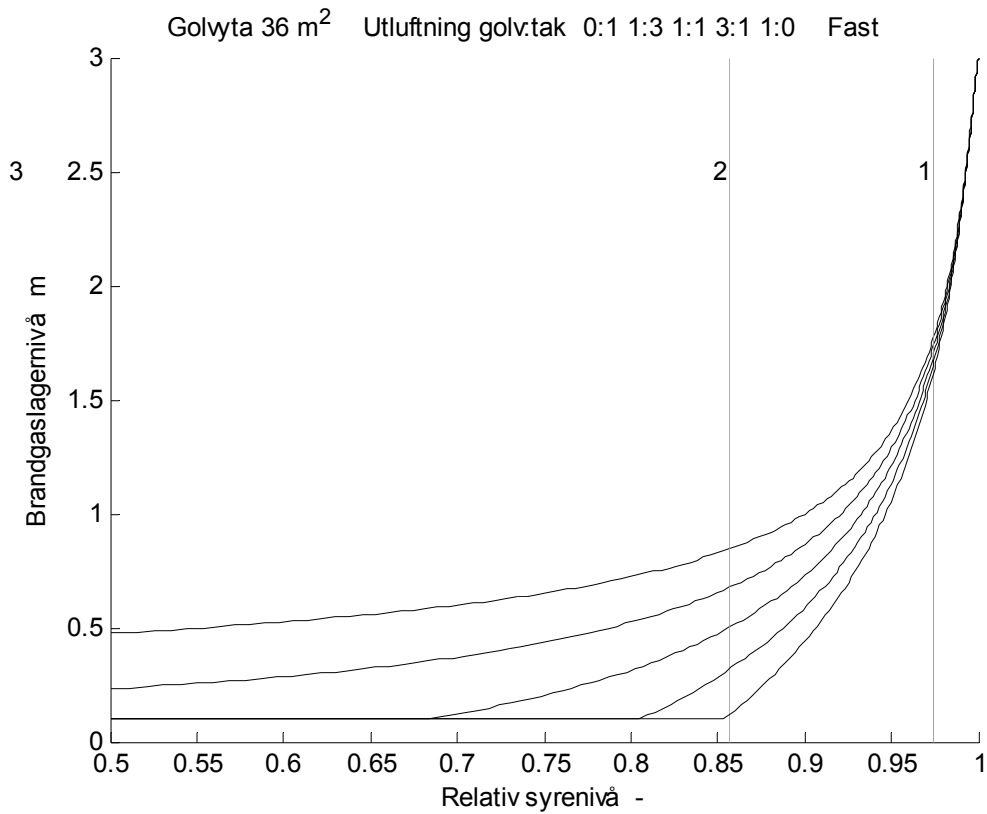
Figur 3.8 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -bränder med utluftning vid golv/tak 0:1.



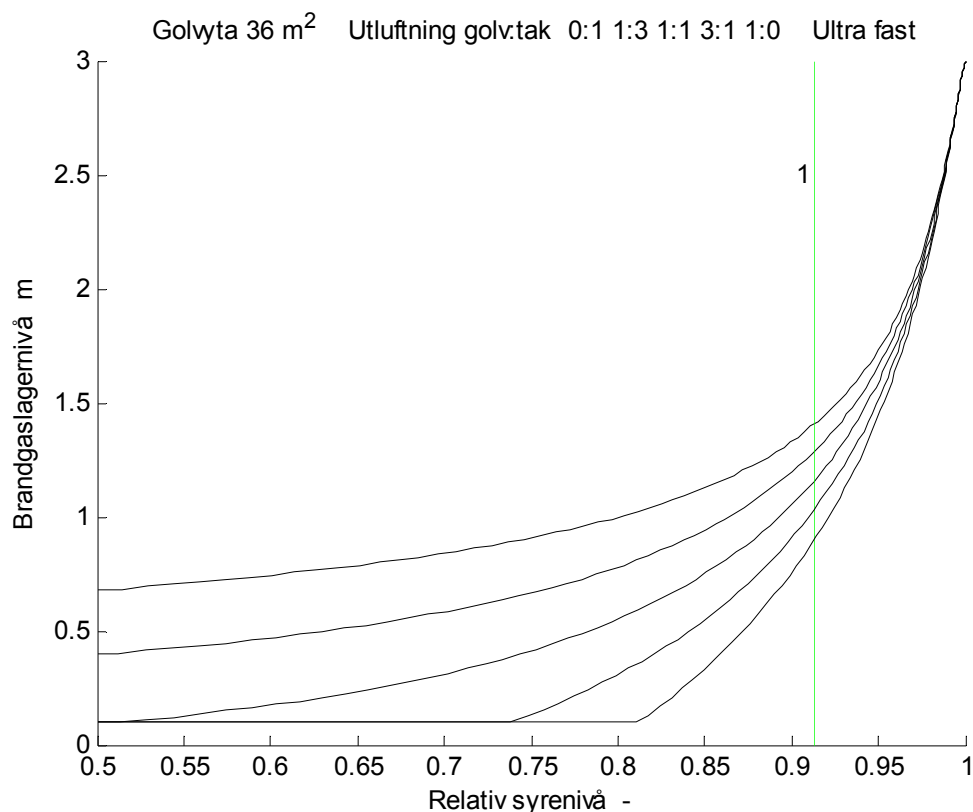
Figur 3.9 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -brand slow med olika utluftning.



Figur 3.10 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -brand medium med olika utluftning.



Figur 3.11 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -brand fast med olika utluftning.



Figur 3.12 Brandlagernivå och relativ syrenivå för t^2 -brand ultra fast med olika utluftning.

Volymandel för golvdon och takdon

Hur stor del av den ursprungliga volymen eller luftmassan som sprids till tilluft via golvdon eller takdon för en brandutsatt volym har beräknats för ett stort antal kombinationer mellan brandtillväxt $\alpha = 4(4)200 \text{ W/s}^2$, golvyta $A = 2(2)100 \text{ m}^2$, rumshöjd $h = [2.4 \ 2.7 \ 3.0 \ 3.6] \text{ m}$ samt utluftning med tilluftsdon i golv- eller taknivå. Frånluftsdon är placerade i taknivå. Brandflödet fördelas lika mellan den övre och nedre zonen för ett fall med golvdon.

Enkla αt^2 -bränder har använts med enkel tvåzonsmodell, som finns beskriven i TVIT—07/7012. Notera att brandtillväxten α anges med sorten W/s^2 . Brandgasspridningen antas upphöra när den relativa syrenivån i rummet underskrider ett givet värde, nämligen 0.6, 0.5 och 0.4. Den relativa nivån 0 och 1 tolkas som inget syre kvar respektive normal syrenivå. Brandgasspridning sker när tilluftsdonet befinner sig i brandgaslagret. Nivån för golvdon är satt till 0.1 m.

Volymandelen redovisas som funktion golvyta $A \text{ m}^2$ som x-axel och brandtillväxt som $\alpha \text{ W/s}^2$ som y-axel. Linjer för de fyra brandtillväxthastigheterna slow, medium, fast och ultra fast med värdena 2.93, 11.72, 46.88 respektive 187.52 W/s^2 har ritats in i samtliga diagram. Volymandelen bestäms för tre olika relativa syrenivåer 0.6, 0.5 och 0.4.

Volymandelen för enbart takdon bestäms som skillnaden mellan ett och den relativa luftmassan kvar i rummet när brandgaslagret när den relativa syrenivå i rummet når värden 0.6, 0.5 eller 0.4.

Volymandelen för fall med golvdon bestäms som en skillnad mellan den relativa luftmassan i rummet när brandgaslagret når nivån 0.1 m och när den relativa syrenivå i rummet når värdena 0.6, 0.5 eller 0.4. Denna volyandel kan bli negativ, vilket kan tolkas som att det inte sker någon brandgasspridning.

Volymandelen redovisas parvis för fall med golvdon i Figur 3.13(2)23 och enbart takdon i Figur 3.14(2)24 för rumshöjderna 2.4 och 3.0 m kombinerat med tre olika relativa syrenivåer som avbryter brandförloppet enligt sammanställningen nedan. Rum med rumshöjd 2.4 m redovisas i Figur 3.13-18 och rumshöjd 3.0 m i Figur 3.19-24.

Volymandelen har även tabellerats i Tabell 3.1-2 för alla kombinationer mellan fyra golvytor 10, 20, 40 och 80 m², fyra rumshöjder 2.4, 2.7, 3.0 och 3.6 m, tre syrenivåer 0.6, 0.5 och 0.4 samt två utluftningsfall med eller utan golvdon. Kvoten mellan volymandelen för de två utluftningsfallen beräknas också.

Några sifferexempel för volymandelen med golvyta 20 m², rumshöjd 2.7 m, brandtillväxt medium och fast samt fall med golvdon är 0.139 respektive 0.096. Samma fall för fall med enbart takdon ger andelarna 0.508 respektive 0.520. Det skiljer minst en faktor 4. Om golytan fördubblas blir de två sifferparen 0.062 och 0.015 för fall med golvdon och 0.471 och 0.474 för fall med enbart takdon. Det skiljer nästan en faktor 8.

Resultatet kan sammanfattas med följande slutsatser. Volymandelen

- är liten för fall med golvdon i Figur 3.13(2)23, vilket isolinjerna visar.
- kan bli noll för fall med golvdon.
- är måttlig för fall med enbart takdon i Figur 3.14(2)24, vilket isolinjerna visar.
- är betydligt mindre för fall med golvdon än för fall med enbart takdon.
- avtar med ökande golvyta och rumsvolym.
- avtar något med ökande brandtillväxthastighet för fall med golvdon
- ökar obetydligt med ökande brandtillväxthastighet för enbart takdon.

En huvudslutsats är att volymandelen är betydligt lägre för fall med golvdon än för fall med enbart takdon. Detta innebär att golvdon skulle kunna vara en tillräcklig skyddsåtgärd för att uppnå en tillräcklig stor utspädning av brandgaser genom att den volym som sprids är förhållandevis liten.

En annan huvudslutsats är att volymandelen är störst för små rum med långsam brandtillväxt. Detta är det svåra fallet.

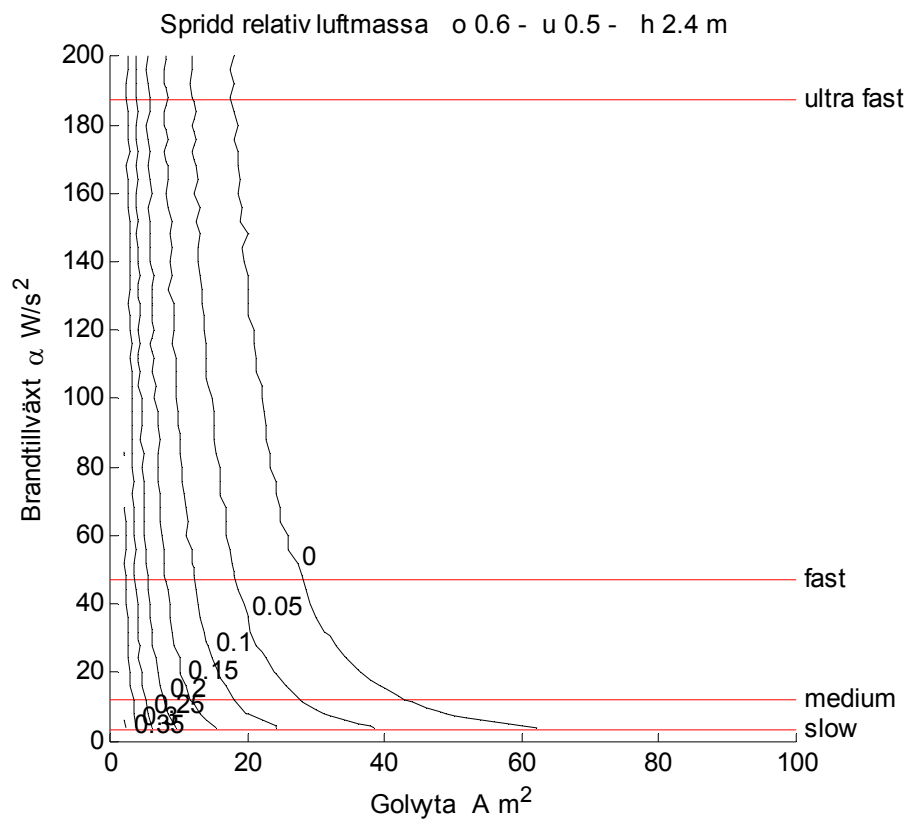
En viktig anmärkning är att beräkningarna har skett med enbart t²-bränder och en tvåzonsmodell. Brandeffekten är oberoende av den relativa syrenivån. Det tre använda relativa syrenivåerna 0.6, 0.5 och 0.4 kan ses som ett sätt att avbryta branden gå grund av syrebrist.

Tabell 3.1 Volymandel för takdon, golvdon och dito kvot för rumshöjd 2.4 och 2.7 m

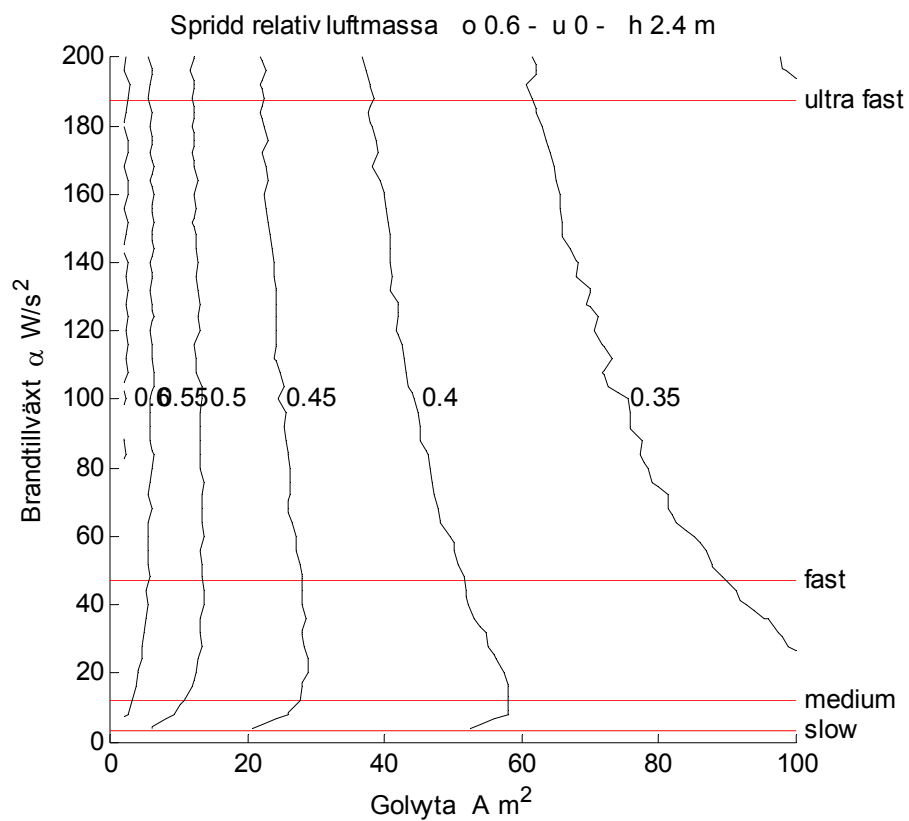
h m	O_{2b}/O_{2n}	A m ²	a W/s ²	$s_v(\text{tak})$	$s_v(\text{golv})$	$s_v(\text{golv/tak})$
2.4	0.6	10	11.72	0.502	0.168	0.334
2.4	0.5	10	11.72	0.530	0.190	0.359
2.4	0.4	10	11.72	0.548	0.207	0.378
2.4	0.6	10	46.88	0.518	0.121	0.234
2.4	0.5	10	46.88	0.545	0.144	0.265
2.4	0.4	10	46.88	0.565	0.159	0.282
2.4	0.6	20	11.72	0.468	0.088	0.189
2.4	0.5	20	11.72	0.495	0.111	0.224
2.4	0.4	20	11.72	0.517	0.127	0.246
2.4	0.6	20	46.88	0.475	0.039	0.083
2.4	0.5	20	46.88	0.503	0.063	0.124
2.4	0.4	20	46.88	0.525	0.079	0.150
2.4	0.6	40	11.72	0.425	0.010	0.024
2.4	0.5	40	11.72	0.455	0.034	0.075
2.4	0.4	40	11.72	0.478	0.052	0.109
2.4	0.6	40	46.88	0.422	-	-
2.4	0.5	40	46.88	0.453	-	-
2.4	0.4	40	46.88	0.477	0.002	0.005
2.4	0.6	80	11.72	0.376	-	-
2.4	0.5	80	11.72	0.408	-	-
2.4	0.4	80	11.72	0.433	-	-
2.4	0.6	80	46.88	0.360	-	-
2.4	0.5	80	46.88	0.394	-	-
2.4	0.4	80	46.88	0.422	-	-
2.7	0.6	10	11.72	0.513	0.197	0.383
2.7	0.5	10	11.72	0.540	0.219	0.405
2.7	0.4	10	11.72	0.559	0.235	0.421
2.7	0.6	10	46.88	0.531	0.152	0.287
2.7	0.5	10	46.88	0.558	0.176	0.316
2.7	0.4	10	46.88	0.578	0.191	0.331
2.7	0.6	20	11.72	0.482	0.115	0.239
2.7	0.5	20	11.72	0.508	0.139	0.273
2.7	0.4	20	11.72	0.528	0.156	0.295
2.7	0.6	20	46.88	0.490	0.072	0.147
2.7	0.5	20	46.88	0.520	0.096	0.184
2.7	0.4	20	46.88	0.542	0.112	0.207
2.7	0.6	40	11.72	0.442	0.039	0.088
2.7	0.5	40	11.72	0.471	0.062	0.132
2.7	0.4	40	11.72	0.493	0.080	0.163
2.7	0.6	40	46.88	0.442	-	-
2.7	0.5	40	46.88	0.474	0.015	0.031
2.7	0.4	40	46.88	0.497	0.031	0.063
2.7	0.6	80	11.72	0.396	-	-
2.7	0.5	80	11.72	0.427	-	-
2.7	0.4	80	11.72	0.451	0.006	0.014
2.7	0.6	80	46.88	0.386	-	-
2.7	0.5	80	46.88	0.419	-	-
2.7	0.4	80	46.88	0.445	-	-

Tabell 3.2 Volymandel för takdon, golvdon och dito kvot för rumshöjd 3.0 och 3.6 m

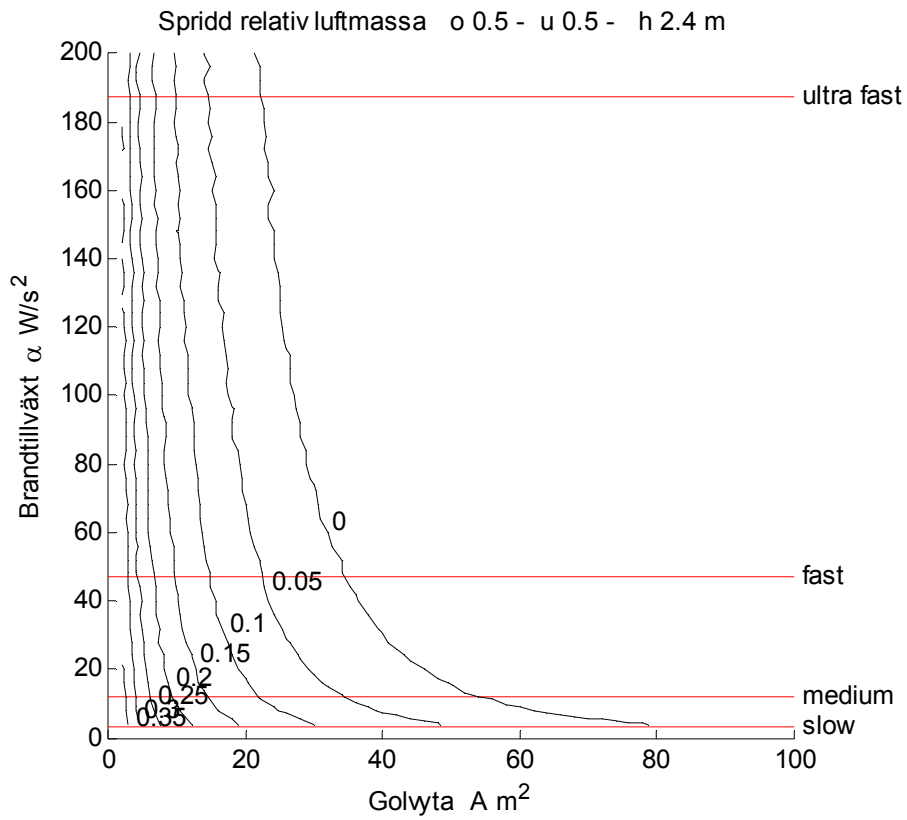
h m	O_{2b}/O_{2n}	A m ²	a W/s ²	$s_v(\text{tak})$	$s_v(\text{golv})$	$s_v(\text{golv/tak})$
3.0	0.6	10	11.72	0.522	0.222	0.425
3.0	0.5	10	11.72	0.548	0.245	0.447
3.0	0.4	10	11.72	0.566	0.261	0.461
3.0	0.6	10	46.88	0.543	0.181	0.334
3.0	0.5	10	46.88	0.571	0.205	0.359
3.0	0.4	10	46.88	0.589	0.220	0.373
3.0	0.6	20	11.72	0.493	0.142	0.288
3.0	0.5	20	11.72	0.519	0.165	0.318
3.0	0.4	20	11.72	0.539	0.182	0.337
3.0	0.6	20	46.88	0.508	0.100	0.196
3.0	0.5	20	46.88	0.534	0.121	0.227
3.0	0.4	20	46.88	0.554	0.136	0.246
3.0	0.6	40	11.72	0.457	0.066	0.143
3.0	0.5	40	11.72	0.485	0.088	0.182
3.0	0.4	40	11.72	0.506	0.105	0.208
3.0	0.6	40	46.88	0.460	0.017	0.038
3.0	0.5	40	46.88	0.491	0.040	0.082
3.0	0.4	40	46.88	0.513	0.057	0.112
3.0	0.6	80	11.72	0.413	-	-
3.0	0.5	80	11.72	0.443	0.012	0.028
3.0	0.4	80	11.72	0.466	0.031	0.066
3.0	0.6	80	46.88	0.407	-	-
3.0	0.5	80	46.88	0.439	-	-
3.0	0.4	80	46.88	0.464	-	-
3.6	0.6	10	11.72	0.538	0.266	0.494
3.6	0.5	10	11.72	0.563	0.289	0.513
3.6	0.4	10	11.72	0.580	0.306	0.527
3.6	0.6	10	46.88	0.562	0.232	0.413
3.6	0.5	10	46.88	0.589	0.256	0.435
3.6	0.4	10	46.88	0.607	0.272	0.448
3.6	0.6	20	11.72	0.510	0.190	0.372
3.6	0.5	20	11.72	0.537	0.212	0.395
3.6	0.4	20	11.72	0.555	0.228	0.411
3.6	0.6	20	46.88	0.530	0.150	0.283
3.6	0.5	20	46.88	0.557	0.173	0.310
3.6	0.4	20	46.88	0.576	0.188	0.326
3.6	0.6	40	11.72	0.479	0.111	0.232
3.6	0.5	40	11.72	0.506	0.133	0.264
3.6	0.4	40	11.72	0.526	0.150	0.285
3.6	0.6	40	46.88	0.489	0.067	0.137
3.6	0.5	40	46.88	0.518	0.090	0.174
3.6	0.4	40	46.88	0.540	0.106	0.196
3.6	0.6	80	11.72	0.441	0.033	0.076
3.6	0.5	80	11.72	0.469	0.057	0.122
3.6	0.4	80	11.72	0.491	0.074	0.152
3.6	0.6	80	46.88	0.443	-	-
3.6	0.5	80	46.88	0.473	0.011	0.023
3.6	0.4	80	46.88	0.496	0.028	0.056



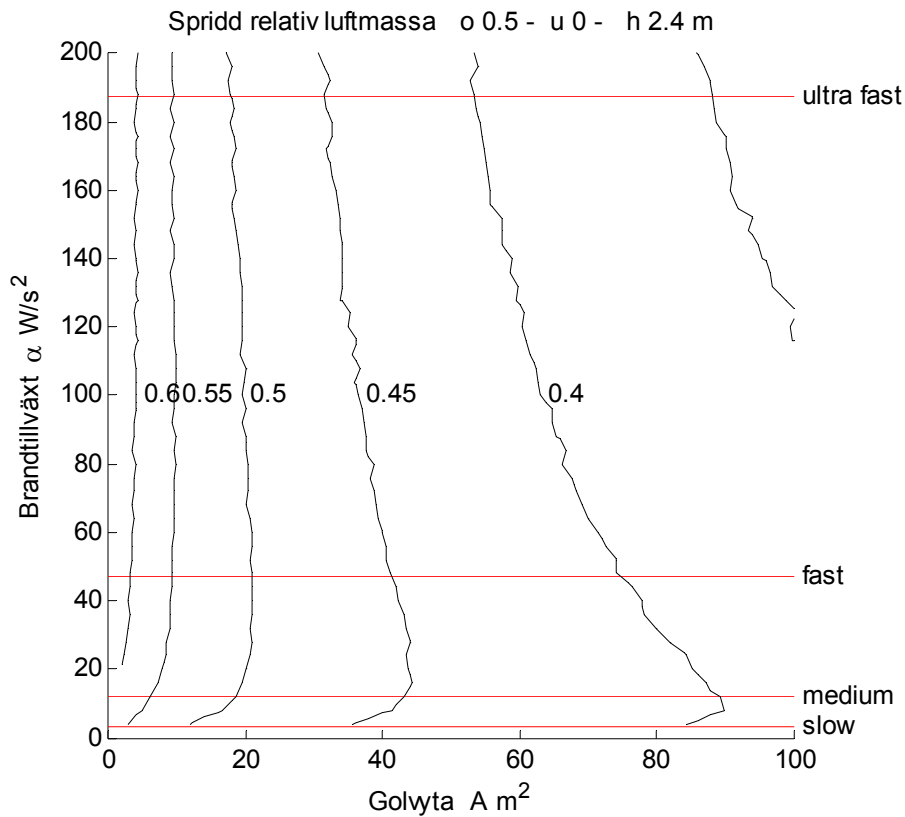
Figur 3.13 Volymandel för golvdon för relativ syrenivå 0.6 och rumshöjd 2.4 m.



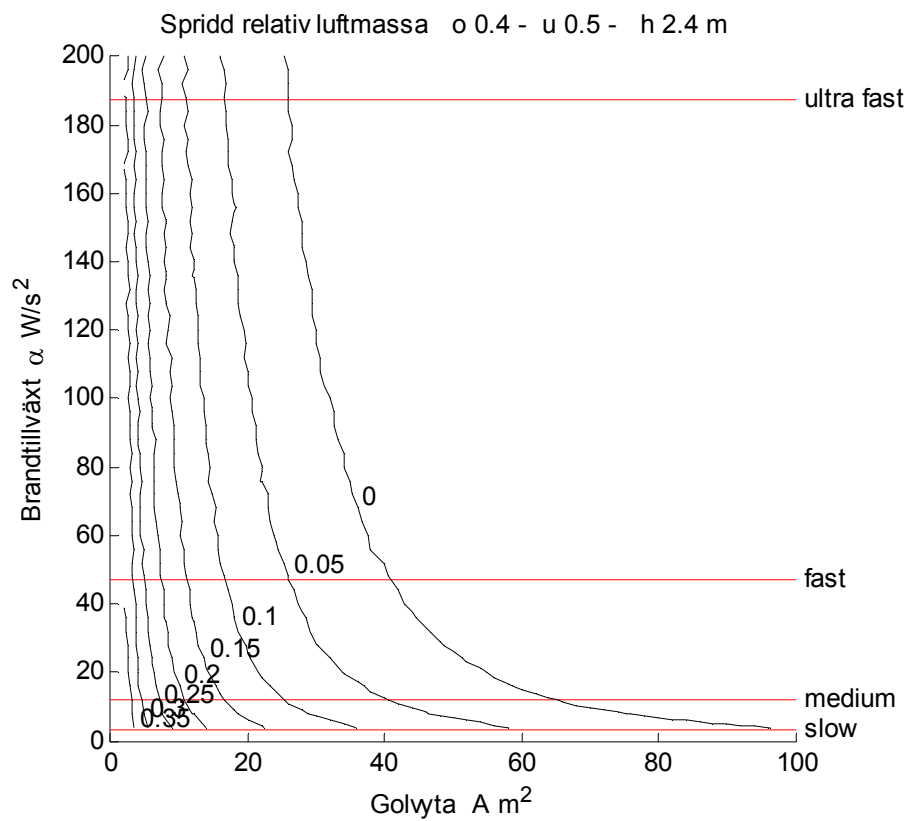
Figur 3.14 Volymandel för takdon för relativ syrenivå 0.6 och rumshöjd 2.4 m.



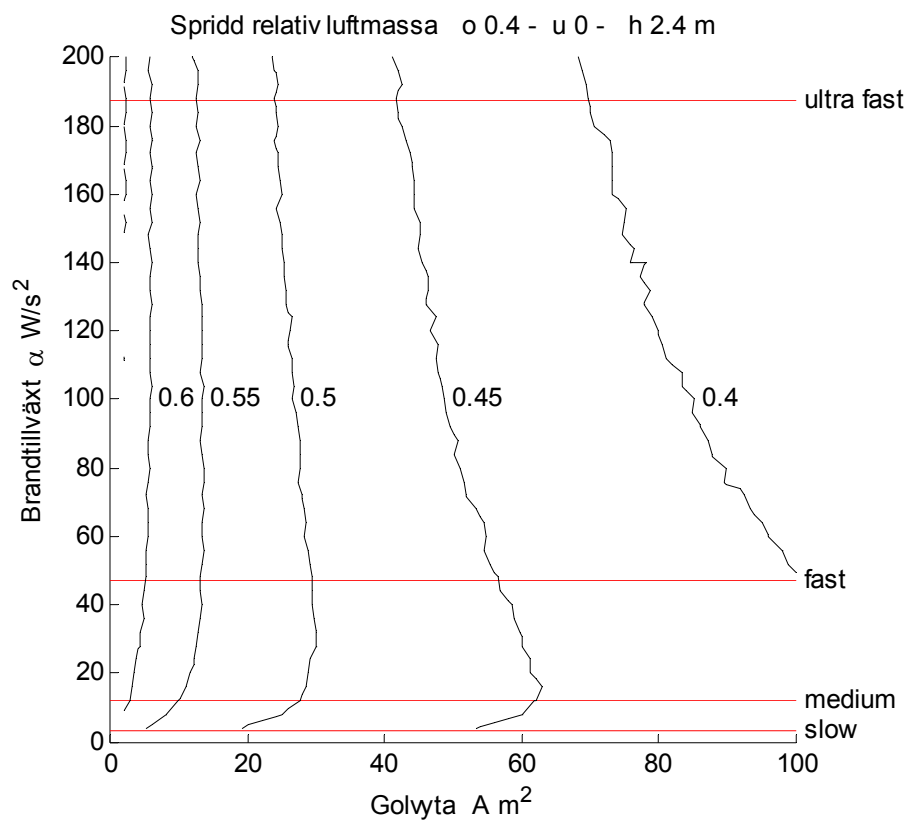
Figur 3.15 Volymandel för golvdon för relativ syrenivå 0.5 och rumshöjd 2.4 m.



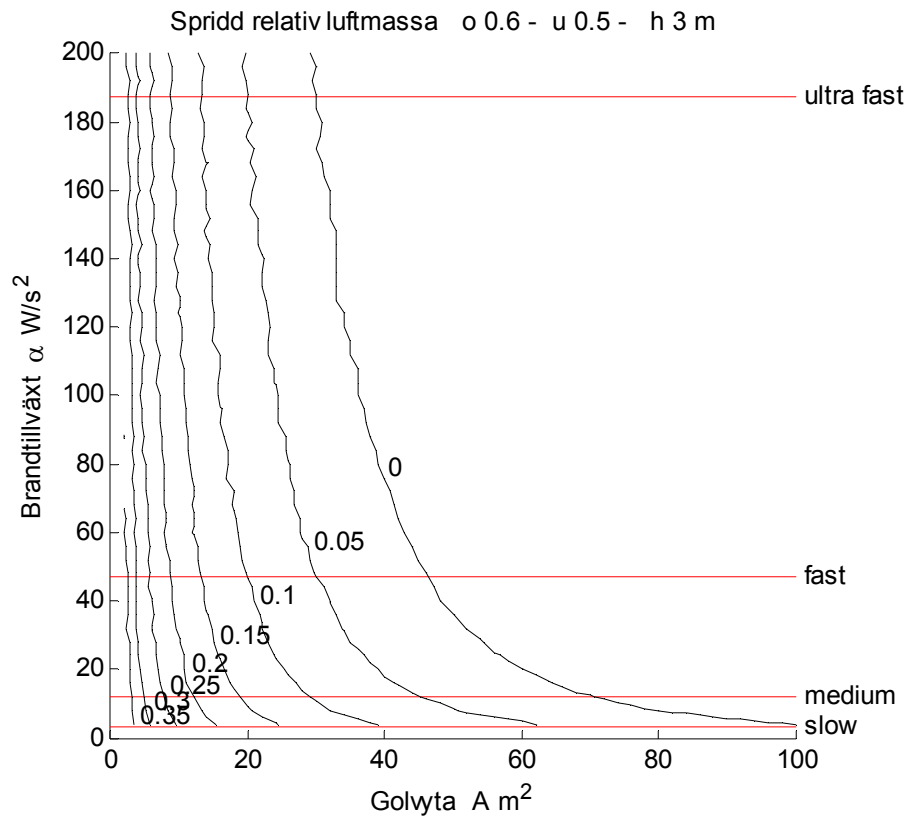
Figur 3.16 Volymandel för takdon för relativ syrenivå 0.5 och rumshöjd 2.4 m.



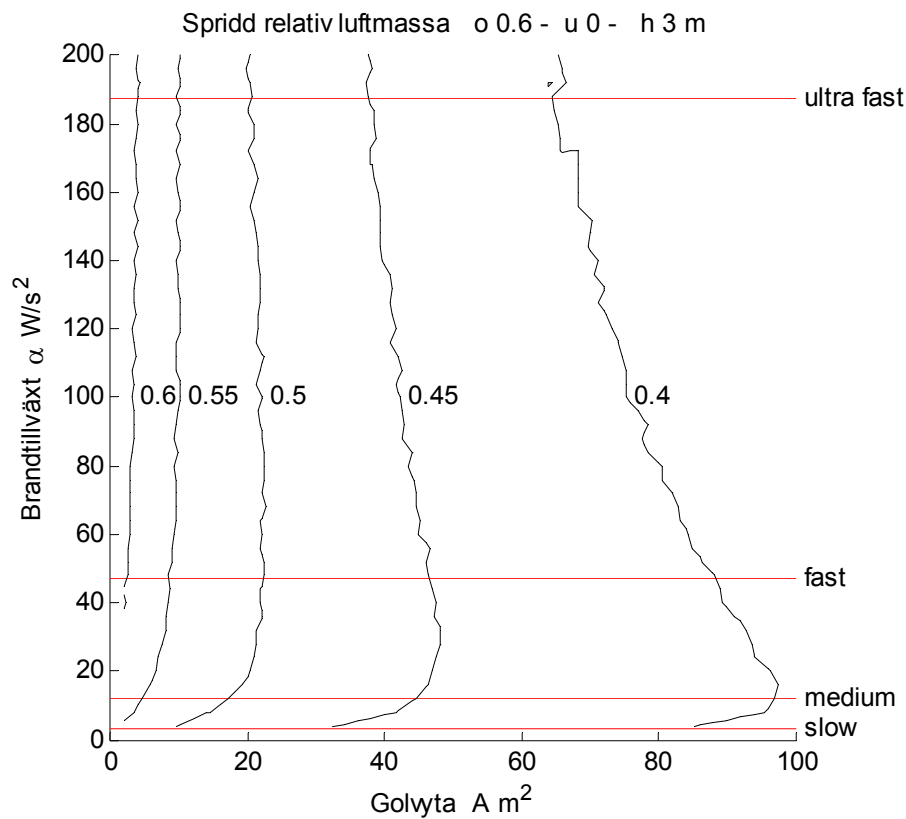
Figur 3.17 Volymandel för golvdon för relativ syrenivå 0.4 och rumshöjd 2.4 m.



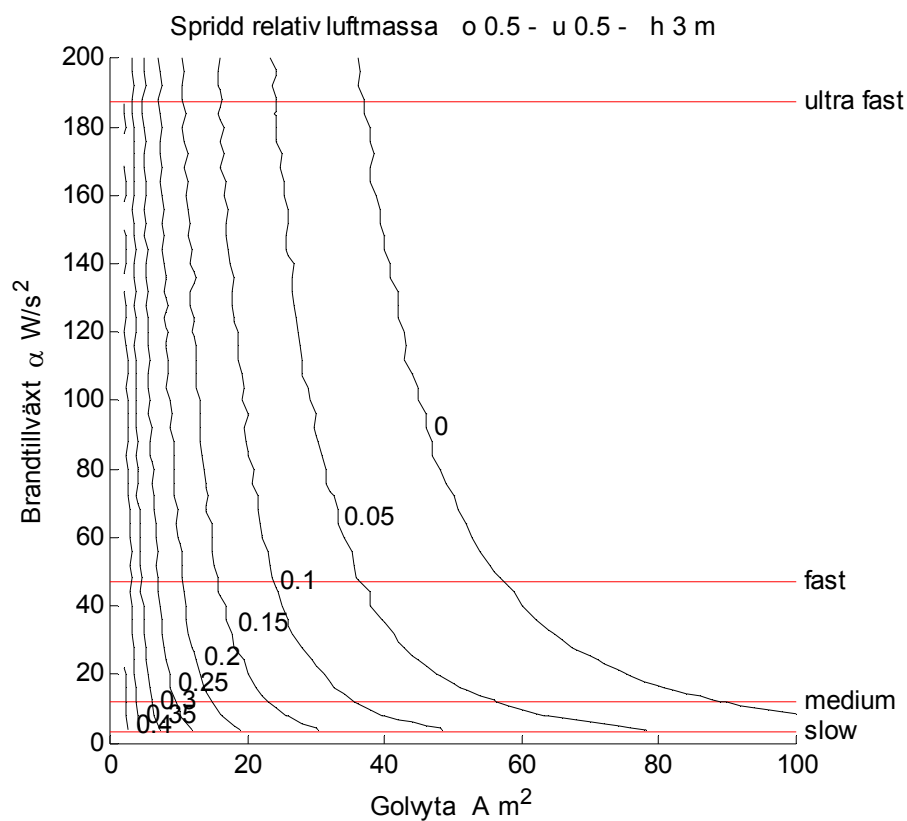
Figur 3.18 Volymandel för takdon för relativ syrenivå 0.4 och rumshöjd 2.4 m.



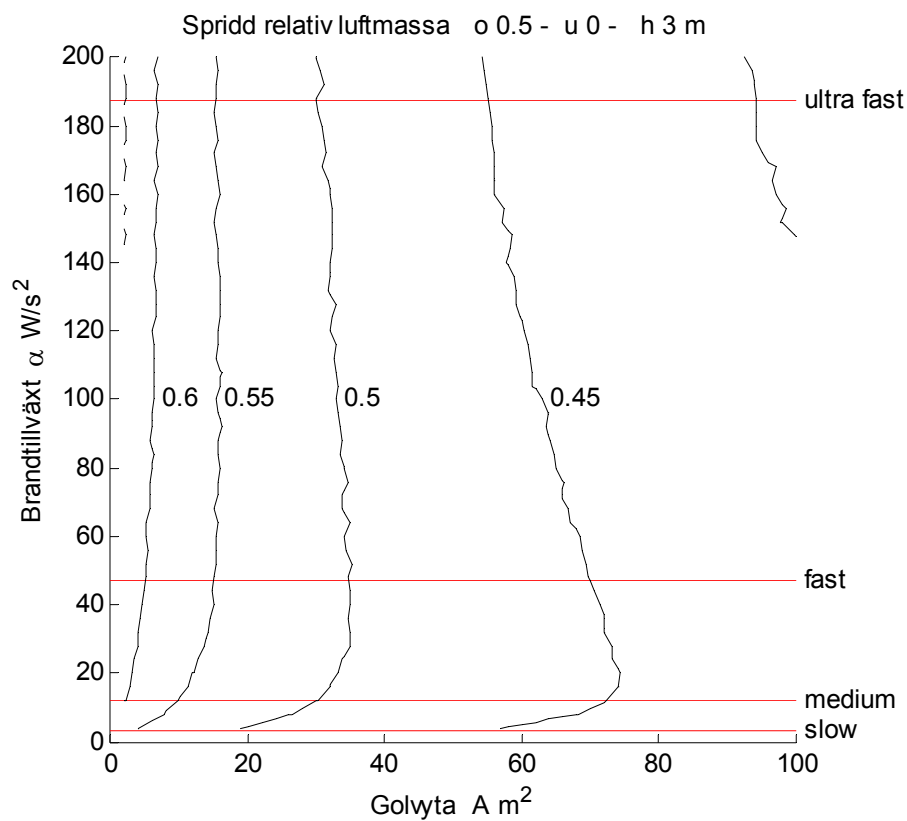
Figur 3.19 Volymandel för golvdon för relativ syrenivå 0.6 och rumshöjd 3.0 m.



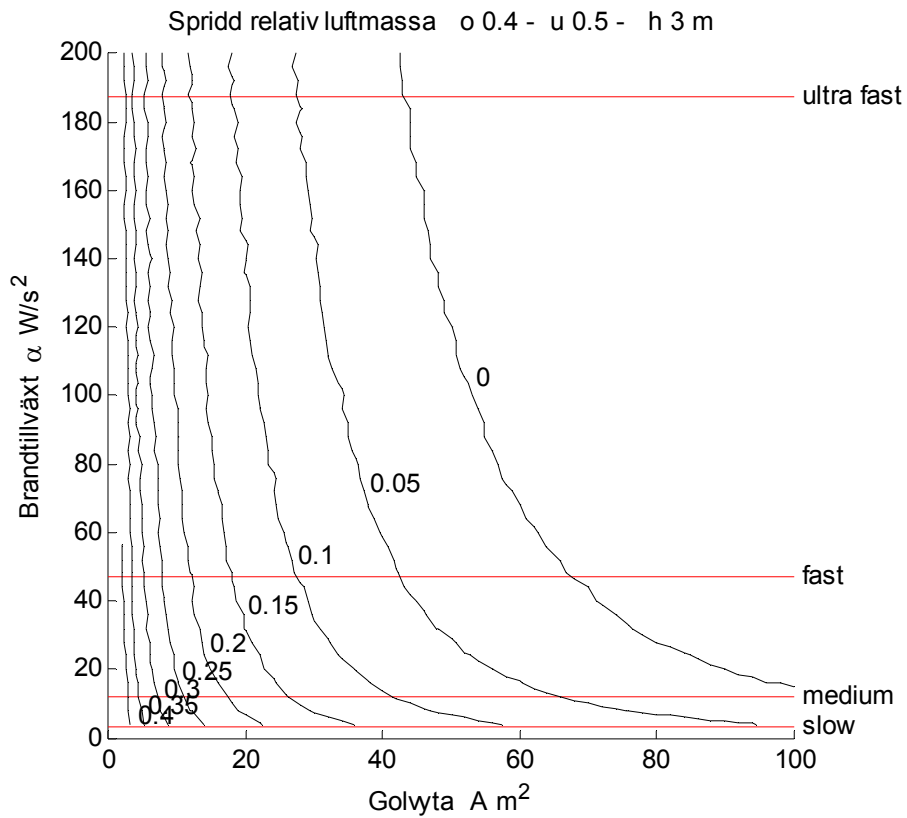
Figur 3.20 Volymandel för takdon för relativ syrenivå 0.6 och rumshöjd 3.0 m.



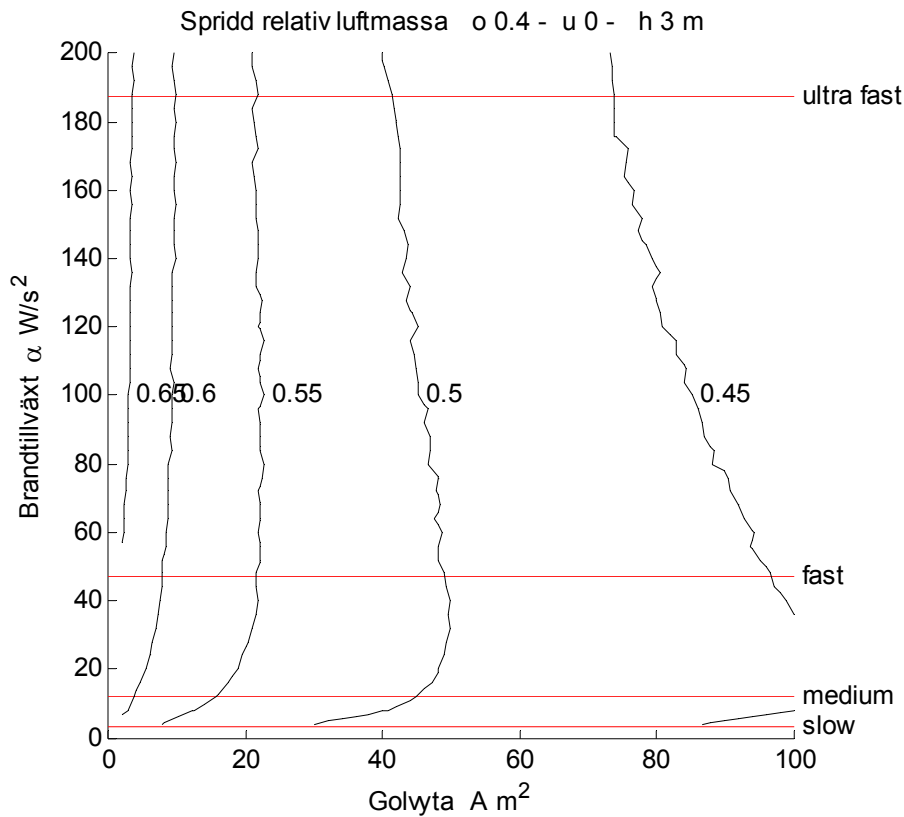
Figur 3.21 Volymandel för golvdon för relativ syrenivå 0.5 och rumshöjd 3.0 m.



Figur 3.22 Volymandel för takdon för relativ syrenivå 0.5 och rumshöjd 3.0 m.



Figur 3.23 Volymandel för golvdon för relativ syrenivå 0.4 och rumshöjd 3.0 m.



Figur 3.24 Volymandel för takdon för relativ syrenivå 0.4 och rumshöjd 3.0 m.

4 Utspädning för olika skyddsåtgärder

I detta avsnitt undersöks hur andra ventilationstekniska lösningar än konvertering och utluftning kan öka utspädningen av brandgaser från en brandutsatt lokal till en annan lokal inom samma ventilationssystem. Syftet är att demonstrera lösningar för att öka utspädningen och inte att uppnå en given utspädning. En förutsättning är FT-ventilationssystem med fläktar i drift om inte annat anges och att spridning av brandgaser sker via tilluftskanalsystemet.

Ett sätt att öka utspädningen är att ventilationssystemet försörjer många lokaler. Utspädning av brandgasspridning från en liten brandutsatt volym i förhållande till en stor mottagande volym kan bli stor.

En metod att fördela brandgasspridningen till alla övriga lokaler är att använda en fördelningslåda. Om tilluftsggregatet stängs av vid brand, kommer hela tilluftskanalsystemet att kunna jämnt fördela inträngande brandflöde till alla anslutna lokaler under förutsättning att termiska stigkrafter försummas.

En annan metod kan vara att ansluta en större lokal ytterst som tar hand om större delen av brandgasspridningen eller att skapa en extra fiktiv lokal genom sammankoppla tilluftssystemet med frånluftssystemet ytterst. Denna sammankoppling sker vid brand.

Ett annat sätt att öka utspädningen är att öka tilluftsventilationsflöden. Detta kan ske genom avlasta tilluftssystem ytterst, vilket ökar totalflödet något och minskar alla lokalers tilluftsflöden, eftersom övertrycket i tilluftskanalsystemet där alla lokaler ansluter minskar.

Några exempel på lösningar för att öka utspädning anges nedan i Tabell 4.1 och de kommer att behandlas i var sitt underavsnitt med ett uppslag var. Konvertering och utluftning kommer att behandlas i avsnitt 5 respektive 6.

Tabell 4.1 Sammanställning av skyddsåtgärder

Fall	Skyddsåtgärd	Extra spjäll	Extra kanalsystem
-	Fläktar i drift	-	-
1	Fördelningslåda	-	-
2	Fördelningslokal	-	-
3	Avlastningskanal	1	1
4	Stoppat T-system	-	-
5	Tryckavlastat T-system	-	-
6	Avlastning av T-system	1	1
7	Avlastning av FT-system	2	2
8	Avlastning av F-system	1	1

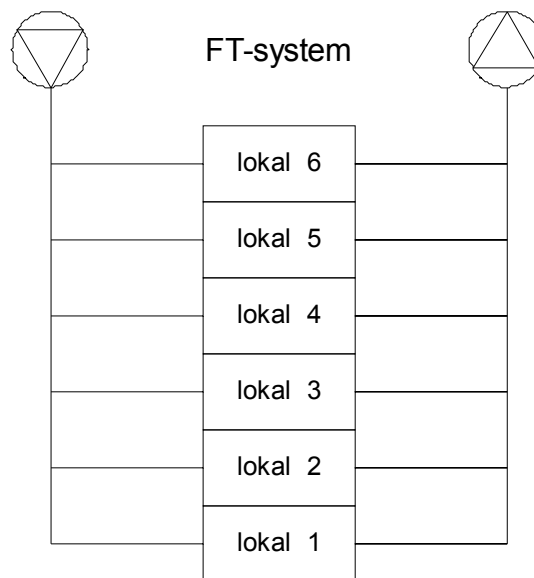
Fläktar i drift

Samma FT-system enligt utformning i Figur 4.1 används genomgående i detta avsnitt för att undersöka olika skyddsåtgärder. FT-systemet ventilerar sex lika stora lokaler. Ventilationsflödet är $1 \text{ m}^3/\text{s}$ per lokal.

Hela ventilationssystemet och byggnad beskrivs förenklat med kvadratiska motstånd och inte med regelrätt kanalsystem med raka kanaler, böjar och grenstycken. Beräkningen sker som en kall beräkning utan hänsyn till temperatur. Det finns därför inga termiska stigkrafter.

Till- och frånluftssystem är lika med totaltryckfallet är 400 Pa. Aggregattryckfallet är 300 Pa, vilket ger 100 Pa för själva kanalsystemet för tilluft och frånluft. Läckaget är satt till $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vid tryckskillnaden 100 Pa. Stamkanaltryckfallet mellan två lokaler är 5 Pa vid flödet $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Grentryckfall för tilluft och frånluft är 89 Pa för lokal 1 (nederst) och 100 Pa för lokal 6 (överst).

Branden testas på i alla sex lokaler. Brandflödet är $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Resultatet tabelleras för brandtryck och alla sex tilluftsgrenar och visas i Figur 4.2 överst och grafiken visar det mest gynnsamma fallet med brand i lokal 6. Utspädningen kan skattas till 0.025 med brand i lokal 6 med volymspridningsandel 0.5, spridningsandelen 0.25 ($1.22/5$.) och flödesandelen 0.2 för lokal 1-5. Utspädningen för sämsta fallet blir 0.125 fem gånger högre, eftersom spridning sker till en lokal.



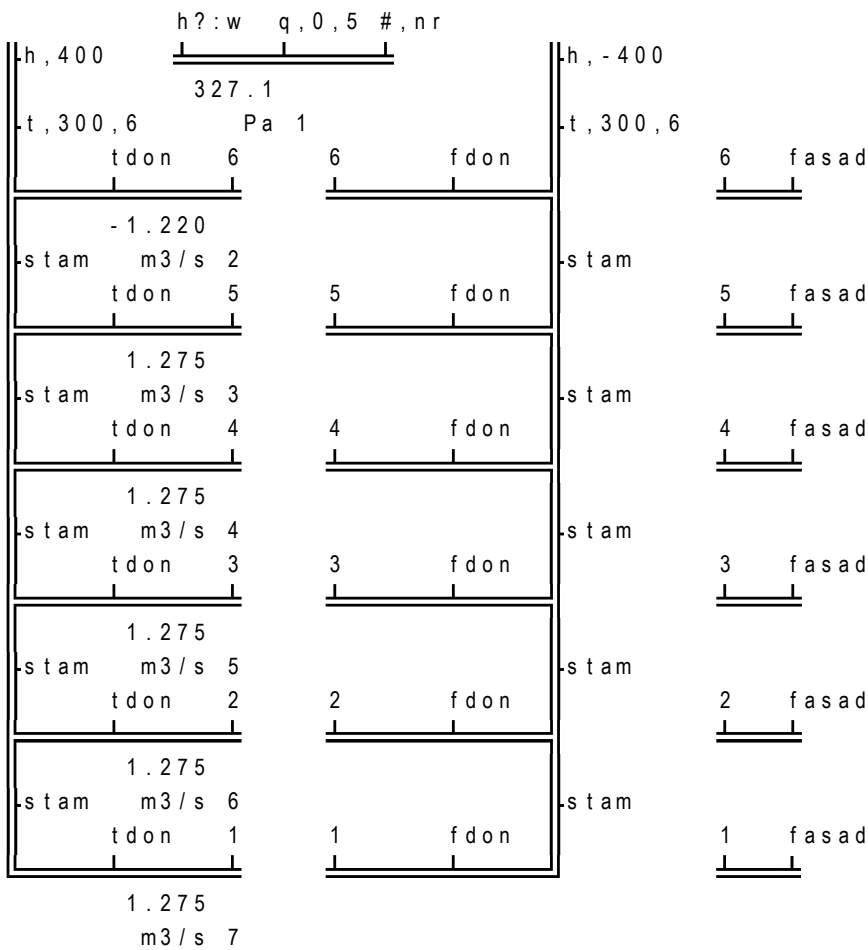
Figur 4.1 FT-system med fläktar i drift.

```

table 6 6 6 2
pro(1)  nr      -          1          2          3          4          5          6
res(1)  Pa      308.5    308.5    309.5    312.4    317.9    327.1
res(2)  m3/s     1.266    1.266    1.266    1.267    1.270    -1.220
res(3)  m3/s     1.280    1.280    1.281    1.282    -1.233    1.275
res(4)  m3/s     1.291    1.291    1.292    -1.240    1.285    1.275
res(5)  m3/s     1.299    1.299    -1.243    1.293    1.285    1.275
res(6)  m3/s     1.302    -1.245    1.299    1.293    1.285    1.275
res(7)  m3/s     -1.245    1.302    1.299    1.293    1.285    1.275
    
```

```

begin
format o 2
control trix=2
set      stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1
    
```



end

Figur 4.2 PFS-resultat för FT-system med fläktar i drift för sex brandfall.

Fördelningslåda

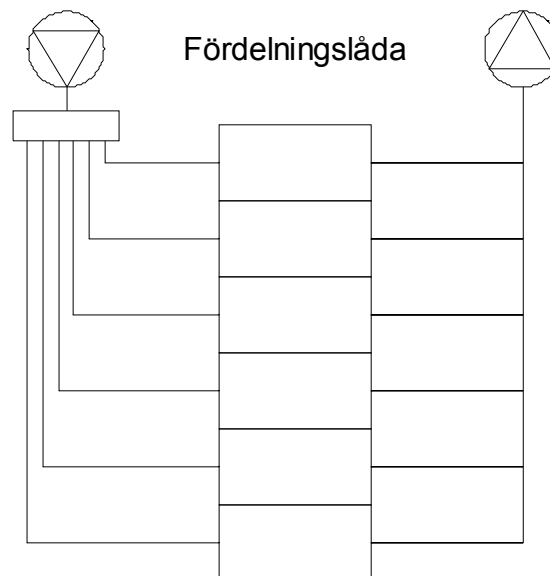
Fördelningslåda skapar en utspädning som beror på antalet anslutna brandceller. Flödes-spridningsandelen s_q för n brandceller med lika flöde kan skrivas som följer:

$$s_q = 1 / (n - 1) \quad (-) \quad (4.1)$$

Branden testas på i alla sex lokaler. Brandflödet är $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Resultatet tabelleras för brandtryck och alla sex tilluftsgrenar och visas i Figur 4.4 överst och grafiken visar det mest gynnsamma fallet med brand i lokal 6.

Utspädningen kan för alla lokaler skattas till 0.024 med volymandel 0.5, flödes-spridningsandelen 0.24 (1.2/5.) och flödesandelen 0.2 för varje lokal. Antalet lokaler som krävs för att nå utspädningen 0.01 är tretton. Spridningen måste fördelas från fem till tolv lokaler.

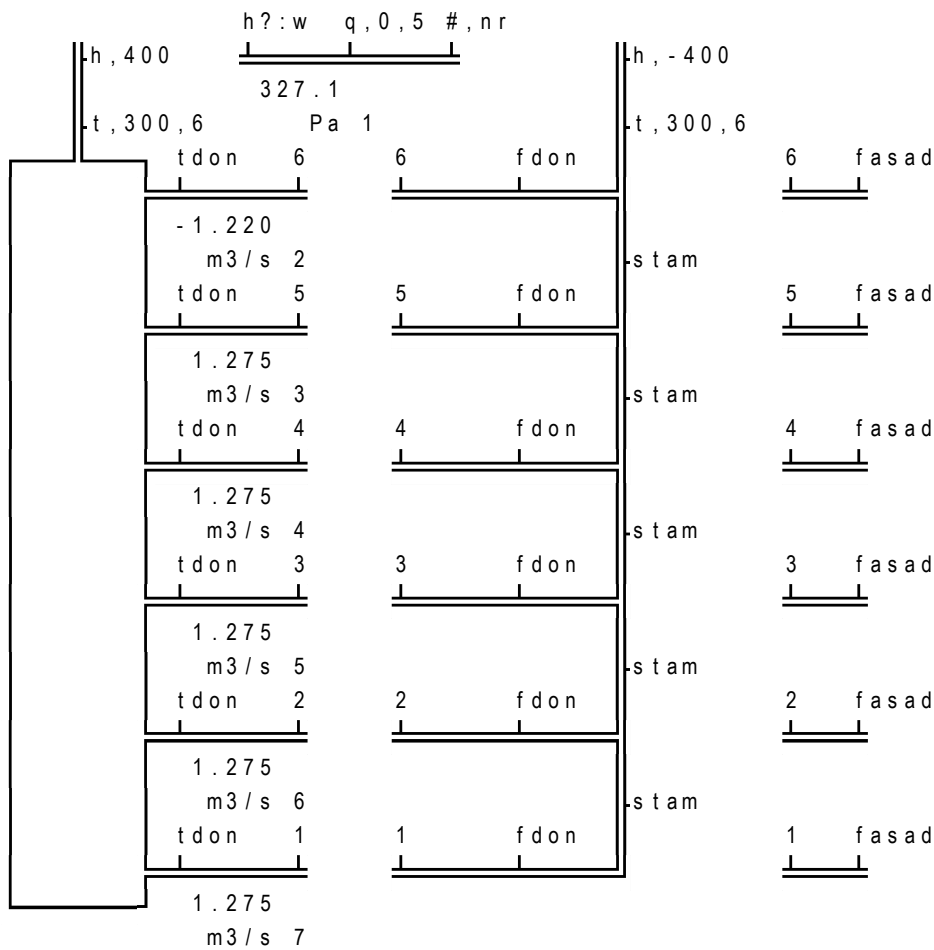
Andra möjliga åtgärder är att minska volymandel med golvplacerade tilluftsdon och sprinklersystem samt minska flödesspridningsandelen med högre tryckfall över tilluftsdon, lägre tryckfall över frånluftsdon och tryckavlastning med separat köksfläkt. En lägre volym-spridningsandel om 0.2 minskar utspädningen till under 0.01.



Figur 4.3 FT-system med fördelningslåda.

```
table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 318.7 318.7 319.2 320.5 323.1 327.1
res(2) m3/s 1.274 1.274 1.274 1.275 1.275 -1.220
res(3) m3/s 1.272 1.272 1.272 1.272 -1.204 1.275
res(4) m3/s 1.270 1.270 1.270 -1.195 1.273 1.275
res(5) m3/s 1.269 1.269 -1.189 1.270 1.273 1.275
res(6) m3/s 1.267 -1.187 1.269 1.270 1.273 1.275
res(7) m3/s -1.187 1.267 1.269 1.270 1.273 1.275
```

```
begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1
```



Figur 4.4 PFS-resultat för FT-system med fördelningslåda för sex brandfall.

Fördelningslokal

Ett alternativ till fördelningslåda är en fördelningslokal, vars ventilationsflöde q_f är tillräckligt stort. Dimensionerade brandfall är brand näst yttersta brandcell, vars nominella ventilationsflöde är q . Flödesandelen s_q för den yttersta brandcellen kan skrivas som följer:

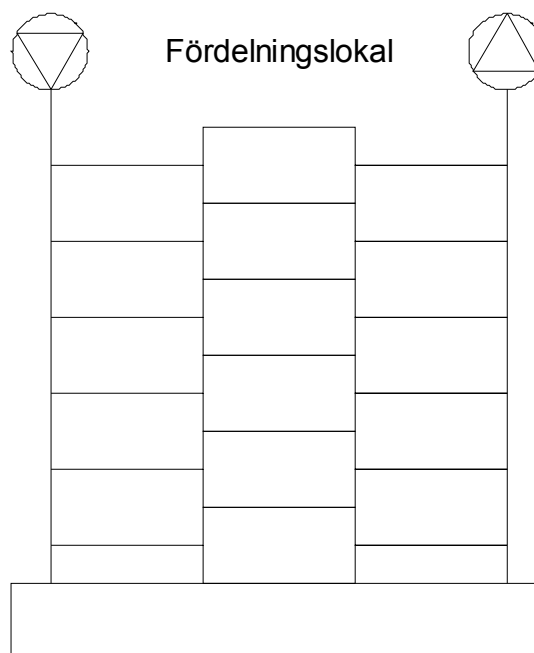
$$s_q = q / (q_f + q) \quad (-) \quad (4.2)$$

Denna lösning kan kräva någon form av skydd mot brandgasspridning vid brand i fördelningslokalen. Fördelningslokalens flöde är här $4 \text{ m}^3/\text{s}$, vilket ger en god utspädning av brandgaser särskilt för det sämsta fallet med brand i lokal 2 och spridning till lokal 1.

Utspädningen för lokal 1 kan skattas till 0.025 med volymandel s_v 0.5, flödesandel-en s_q 0.20 och spridningsandel s_t 0.25.

Utspädningen för fördelningslokalen vid brand i lokal 1 (nederst) kan skattas till 0.025 med volymandel 0.5, spridningsandelen 0.25 och om fördelningslokalens volym är fem gånger volymen för en lokal. Flödesandelen är ett vid spridning från lokal 1 (nederst) till fördelningslokal ytterst. Det är en fördel om fördelningslokalen har det lägre utspädningskravet 0.05.

En större fördelningslokal med ventilationsflödet $11.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ger en flödesandel för lokal 1 om 0.08 ($1/(1+11.5)$) och därmed en utspädning 0.01 med samma förutsättningar som innan.

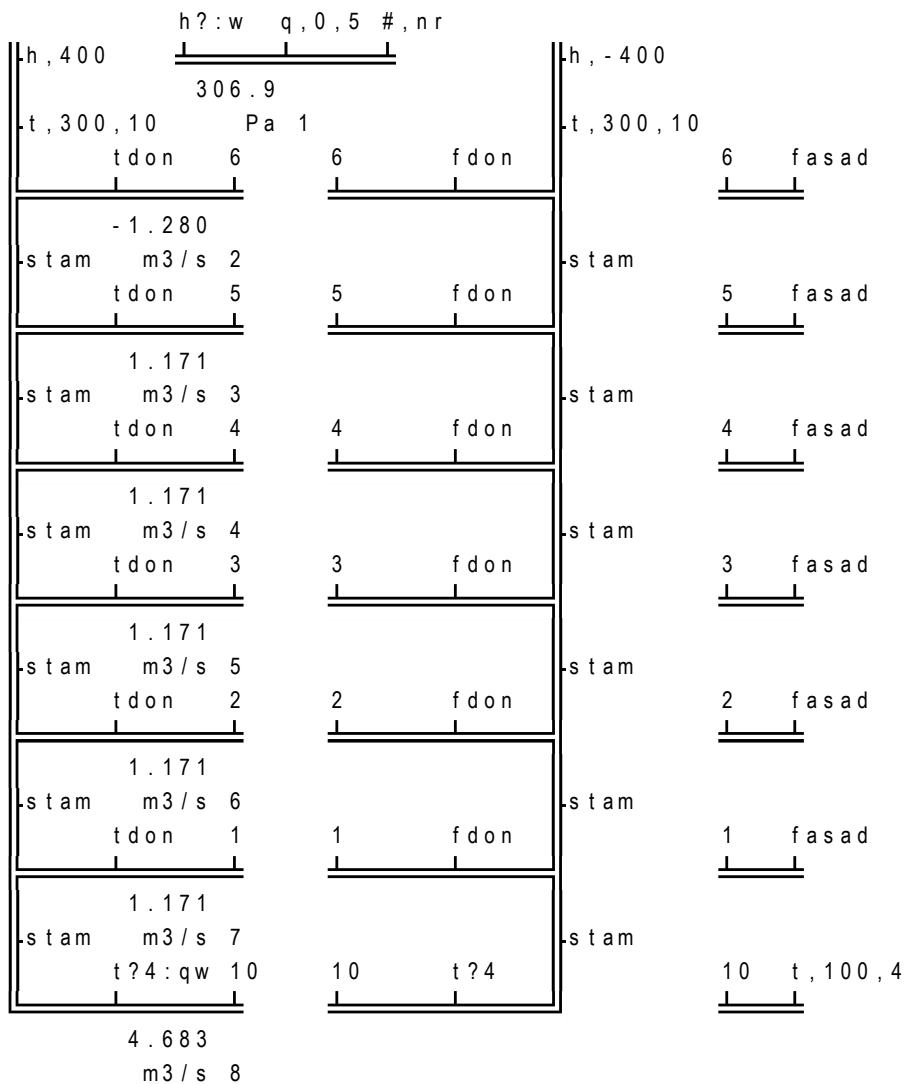


Figur 4.5 FT-system med fördelningslokal.

```

table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 282.6 284.8 288.2 292.9 299.1 306.9
res(2) m3/s 1.160 1.161 1.163 1.165 1.167 -1.280
res(3) m3/s 1.168 1.169 1.170 1.172 -1.293 1.171
res(4) m3/s 1.175 1.176 1.177 -1.303 1.175 1.171
res(5) m3/s 1.181 1.182 -1.310 1.179 1.175 1.171
res(6) m3/s 1.186 -1.315 1.183 1.179 1.175 1.171
res(7) m3/s -1.319 1.187 1.183 1.179 1.175 1.171
res(8) m3/s 4.760 4.747 4.733 4.717 4.700 4.683
begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,10 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

```



end

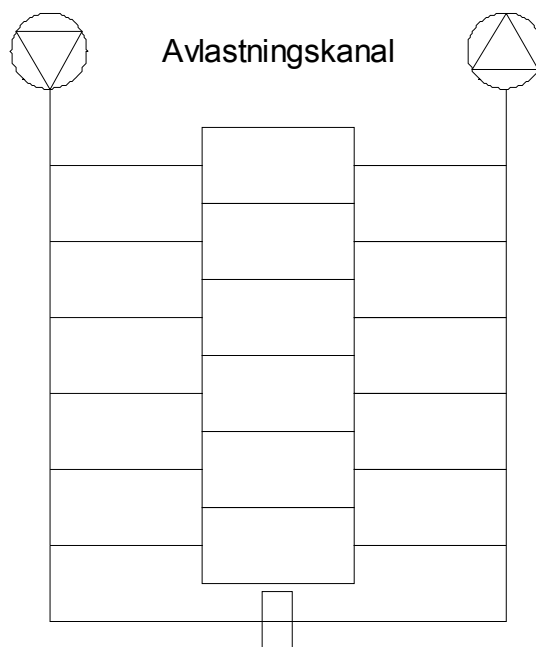
Figur 4.6 PFS-resultat för FT-system med fördelningslokal för sex brandfall.

Avlastningskanal

Ett alternativ till fördelningslokal är en fördelningskanal. Detta är en kostsam lösning med ett ventilationsflöde till ingen normal nytta. En bättre lösning är att sätta in ett spjäll för att aktivera avlastningskanalen som visas i Figur 4.7. Detta spjäll bör hålla god täthetsklass. Denna lösning har föreslagits och tillämpats av Tomas Fagergren, Brandskyddslaget.

Avlastningskanalen kan vara av samma dimension som grenkanalerna om avlastningskanalen är kort. Detta beror på att avlastningskanalen har hela tryckfallet för de individuella tilluft- och frånluftsgrenarna till förfogande. Detta tillgängliga tryckfall är i storleksordningen från 100 till 200 Pa. Om avlastningskanalsträckans tryckfall är 4 eller 8 Pa för samma flöde som de enskilda brandcellerna blir flödet i avlastningskanalen fem gånger större kombinerat med tillgängligt tryckfall 100 eller 200 Pa. Detta kan ge en tillräcklig utspädning.

En anmärkning är att flödet genom en aktiverad avlastningskanal ytterst mellan T-system och F-system begränsas av aggregattryckfall och även stamkanaltryckfall, vilka är 300 Pa respektive 25 Pa för flödet 6 respektive 5 m³/s. De ideala fläktarnas tryckstegring är 400 Pa. Det går inte att öka totalflödet genom tillufts- och frånluftsgregat obegränsat för ett fall med helt kortslutet kanalsystem ytterst. Kortslutningsflödet kan beräknas till 6.93 m³/s och 8 m³/s med antagande om kvadratiska respektive linjära aggregattryckfall. Den aktuella avlastningskanalen har ett tryckfall om 30 Pa vid 5 m³/s och har ett flöde över 4 m³/s för de sex brandfallen enligt resultat redovisat i Figur 4.8. Utspädningen för sämsta fall kan beräknas 0.017.

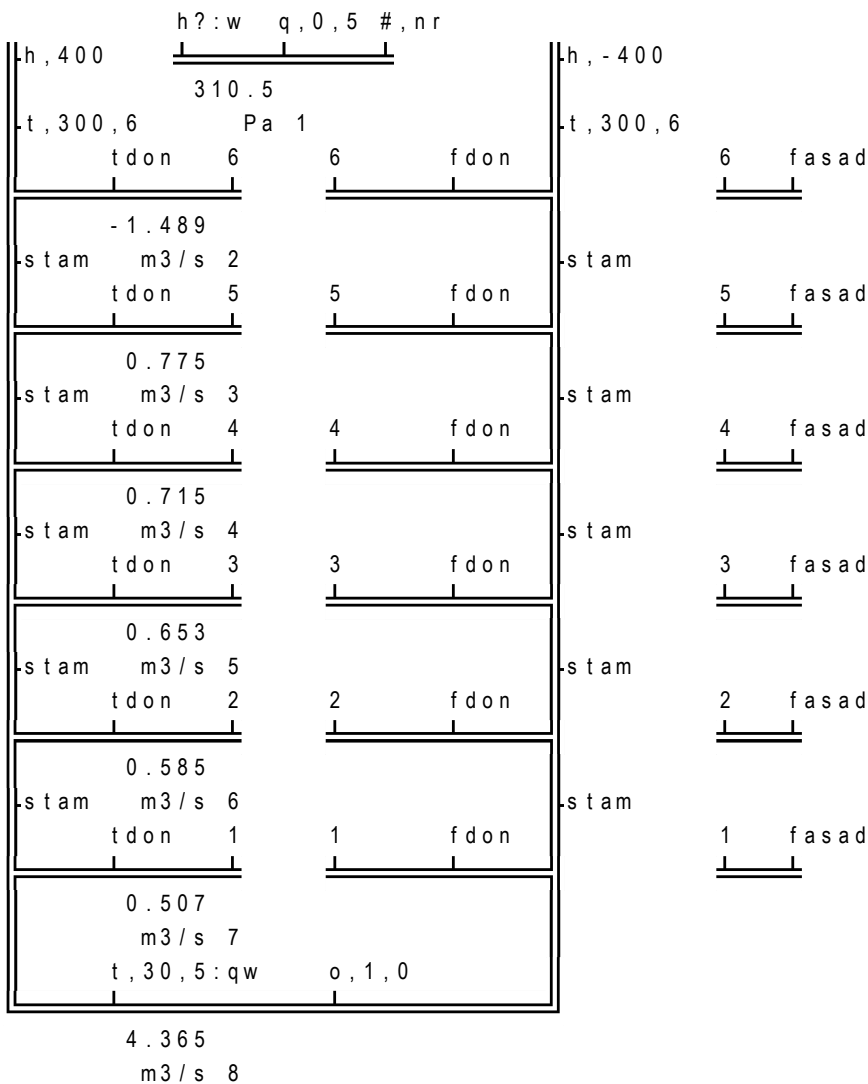


Figur 4.7 FT-system med avlastningskanal.

```

table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 293.7 291.9 292.0 294.7 300.6 310.5
res(2) m3/s 0.795 0.795 0.799 0.806 0.817 -1.489
res(3) m3/s 0.755 0.756 0.761 0.769 -1.525 0.775
res(4) m3/s 0.710 0.711 0.716 -1.554 0.721 0.715
res(5) m3/s 0.656 0.658 -1.576 0.662 0.657 0.653
res(6) m3/s 0.586 -1.593 0.593 0.592 0.589 0.585
res(7) m3/s -1.605 0.514 0.513 0.511 0.509 0.507
res(8) m3/s 4.290 4.347 4.375 4.380 4.375 4.365
begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

```



end

Figur 4.8 PFS-resultat för FT-system med avlastningskanal för sex brandfall.

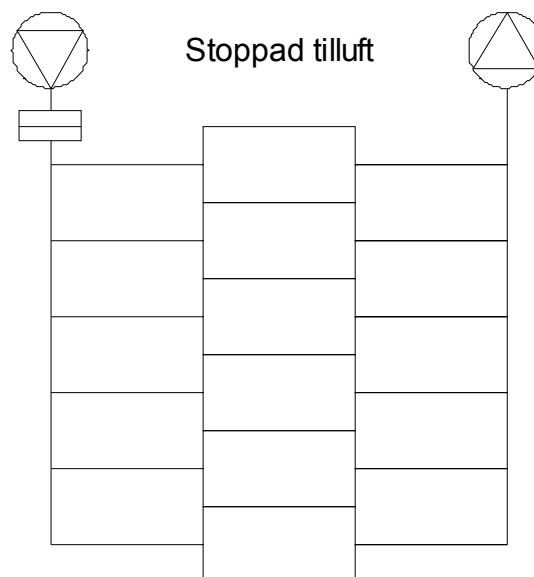
Stoppad tilluft

En ytterst enkelt sätt att konvertera ett FT-system till ett F-system kan vara att stänga av tilluftsaggregatet helt med spjäll och stoppad fläkt enligt Figur 4.9. Det inses direkt att brandgaspridning kommer att ske till samtliga anslutna lokaler. Detta kan vid en första bedömning ses som en mycket dålig lösning, men vid närmare eftertanke motsvarar lösningen inget annat än en fiktiv fördelningslåda. Spridningen kommer att bli helt jämn eftersom tryckförlusterna i stamkanalsystemet är förhållandevis små i för hållande till tryckförluster i enskilda grenkanaler till varje lokal. Detta gäller under förutsättning att termiska tryckeffekter försummas.

Slutsatsen är att stoppad tilluft kan ses som en fiktiv fördelningslåda med tillägget att spridningen sker med brandgaser som inte späds ut på något sätt.

Beräkningsresultatet för de sex brandfallen redovisas i Figur 4.10. Siffrorna för de sex lokalernas tilluftsflöden visar att det inträngande brandflödet från en brandutsatt lokal fördelas ytterst lika mellan de fem övriga lokalerna.

Utspädningen kan skattas till 0.032 med volymandel 0.5, spridningsandelen 0.32 samt flödesandelen 0.2 för varje lokal. Utspädningen är något sämre än för den regelrätta fördelningslåda. En förklaring är att spridningsflödet till T-systemet är här 1.6 m³/s mot 1.2 m³/s, vilket är proportionellt mot utspädningssiffrorna 0.032 respektive 0.024.



Figur 4.9 FT-system med stoppad tilluft.

```

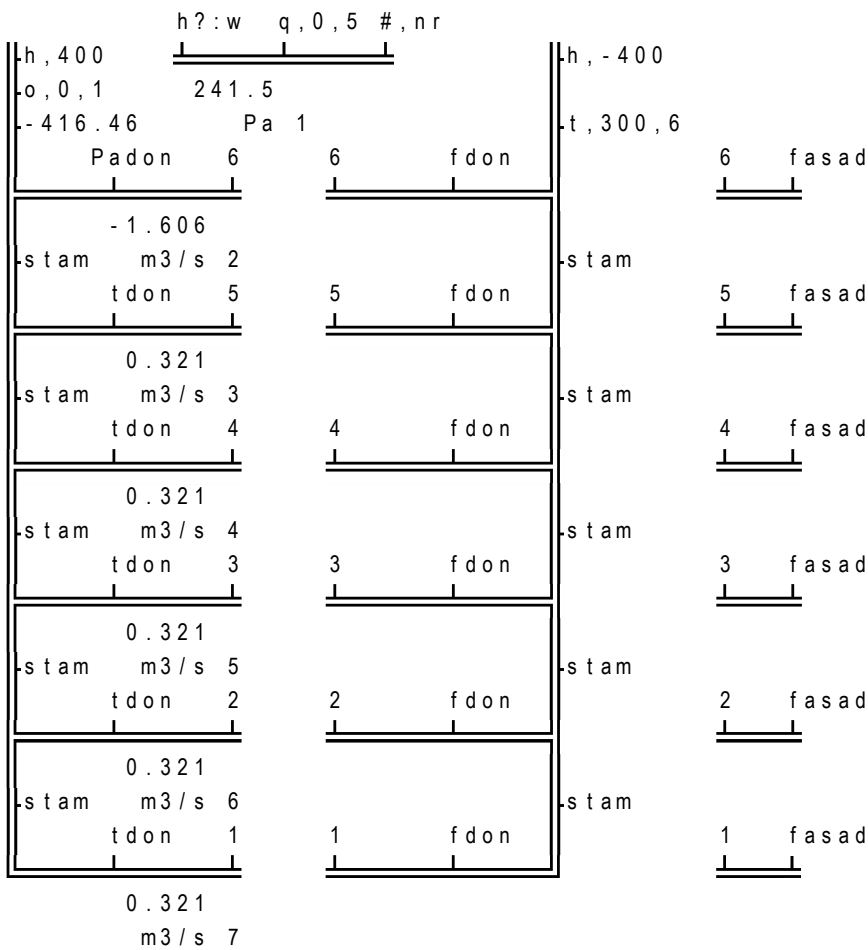
table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 224.6 224.6 225.7 228.4 233.5 241.5
res(2) m3/s 0.330 0.330 0.329 0.328 0.325 -1.606
res(3) m3/s 0.329 0.329 0.328 0.327 -1.621 0.321
res(4) m3/s 0.327 0.327 0.327 -1.631 0.324 0.321
res(5) m3/s 0.326 0.326 -1.636 0.325 0.324 0.321
res(6) m3/s 0.327 -1.639 0.326 0.325 0.324 0.321
res(7) m3/s -1.639 0.327 0.326 0.325 0.324 0.321

```

```

begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

```



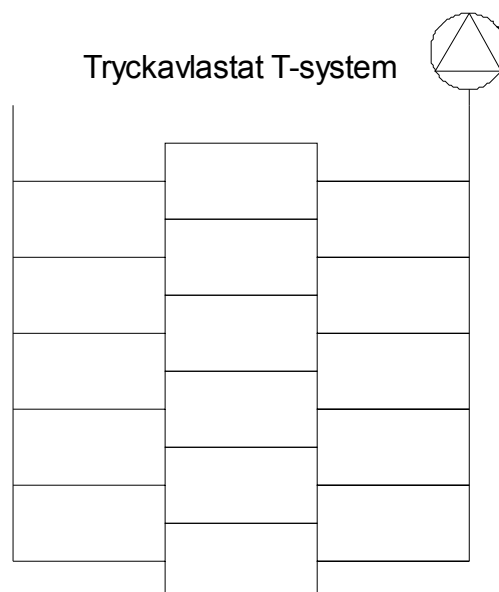
end

Figur 4.10 PFS-resultat för FT-system med stoppad tilluft för sex brandfall.

Tryckavlastat T-system

Ett tryckavlastat T-system redovisas här främst som en jämförelse med föregående exempel med stoppad tilluft. Principen visas i Figur 4.11. Denna lösning kan vara både bättre och sämre än föregående beroende på det i T-systemet inträngande brandflödets storlek. Om detta flöde är mycket stort, kommer en del av flödet att spridas via tryckavlastningen, vilket är en fördel. Om detta flöde är litet kommer det att bara drabba de lokaler som nerströms vid normal drift.

Resultatet för de sex brandfallen redovisas i Figur 4.12. Tryckavlastningens tryckfall är 50 Pa vid $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Siffrorna visar att det sker en viss inströmning till det tryckavlastade T-systemet, eftersom det till T-systemet inträngande brandflödet är omkring $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ och inflödet till de fem spridningsutsatta lokalerna är minst $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. Det yttre inflödet är något över $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Detta innebär att brandgasspridningen fördelas på endast fyra lokaler för fallet med brand i en av lokalerna 1-5. Brandgasspridning till endast fyra lokaler kan tyckas vara sämre än till fem som för fallet med stoppad tilluft, men detta motverkas av inflödet via tryckavlastningen. Utspädningen blir därför den samma för sämsta fall för stoppad tilluft och tryckavlastat T-system.



Figur 4.11 FT-system med tryckavlastat T-system.

```

table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) m3/s 0.526 0.526 0.527 0.529 0.533 0.535
res(2) Pa 231.9 231.9 232.9 235.8 240.9 249.0
res(3) m3/s 0.425 0.425 0.425 0.425 0.424 -1.579
res(4) m3/s 0.427 0.427 0.427 0.427 -1.594 0.423
res(5) m3/s 0.428 0.428 0.428 -1.604 0.426 0.423
res(6) m3/s 0.428 0.428 -1.610 0.427 0.426 0.423
res(7) m3/s 0.429 -1.612 0.428 0.427 0.426 0.423
res(8) m3/s -1.612 0.429 0.428 0.427 0.426 0.423
begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

h?:w q,0,5 #,nr
h,400,0:qw 0.535 249.0
m3/s 1 Pa 2
o,300,50,6
tdon 6 6 fdon 6 fasad
-1.579
stam m3/s 3 tdon 5 5 fdon 5 fasad
0.423
stam m3/s 4 tdon 4 4 fdon 4 fasad
0.423
stam m3/s 5 tdon 3 3 fdon 3 fasad
0.423
stam m3/s 6 tdon 2 2 fdon 2 fasad
0.423
stam m3/s 7 tdon 1 1 fdon 1 fasad
0.423
m3/s 8
end

```

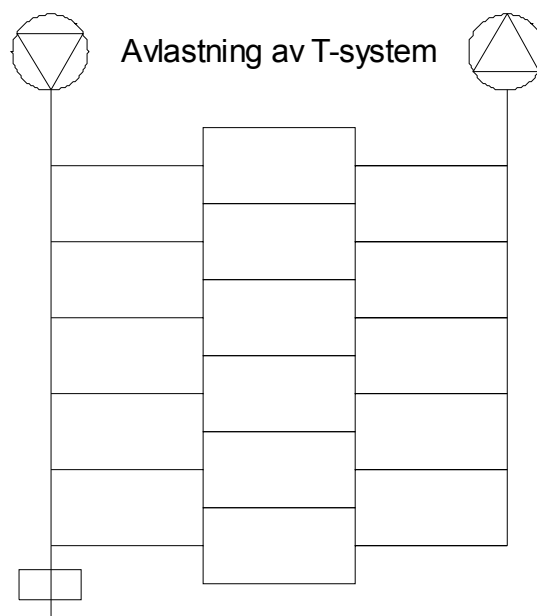
Figur 4.12 PFS-resultat för FT-system med tryckavlastat T-system för sex brandfall.

Avlastning av T-system

Ett sätt att öka utspädningen för den mest utsatta brandcellen är att omfördela flödet i tilluftssystemet med ett stort flöde ytterst samtidigt som ventilationsflödet till de enskilda brandcellerna minskar. En lösning är att avlasta tilluftssystemet ytterst genom att öppna ett spjäll mot det fria. Principen redovisas i Figur 4.13. Spjället bör hålla god täthetsklass.

Avlastningskanalen kan vara av samma dimension som grenkanalerna om avlastningskanalen är kort. Detta beror på att avlastningskanalen har hela tryckfallet för de individuella tilluftsgrenarna till förfogande. Detta tillgängliga tryckfall är i storleksordningen från 50 till 100 Pa. Om avlastningskanalsträckans tryckfall är 2 eller 4 Pa för samma flöde som de enskilda brandcellerna blir flödet i avlastningskanalen fem gånger större kombinerat med tillgängligt tryckfall 50 eller 100 Pa. Detta kan ge en tillräcklig utspädning.

Beräkningsresultatet för de sex brandfallen redovisas i Figur 4.14. Tryckfallet för avlastningskanalen till det fria är 20 Pa vid $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (totala ventilationsflödet), vilket kan jämföras med stamkanaltryckfallet för ett våningsplan om 5 Pa vid $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Siffrorna i Figur 4.14 visar att till T-systemet inträngande brandflöde är omkring $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ och att tillflödena till de spridningsutsatta lokalerna minskar ner från nominella $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ till $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Avlastningsflödet ligger omkring $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Detta ger en bra utspädning av brandgasflödet. Utspädning för sämsta lokal 1 kan beräknas till 0.014 med volymandel 0.5, spridningsandel 0.315 och flödesandel 0.092.

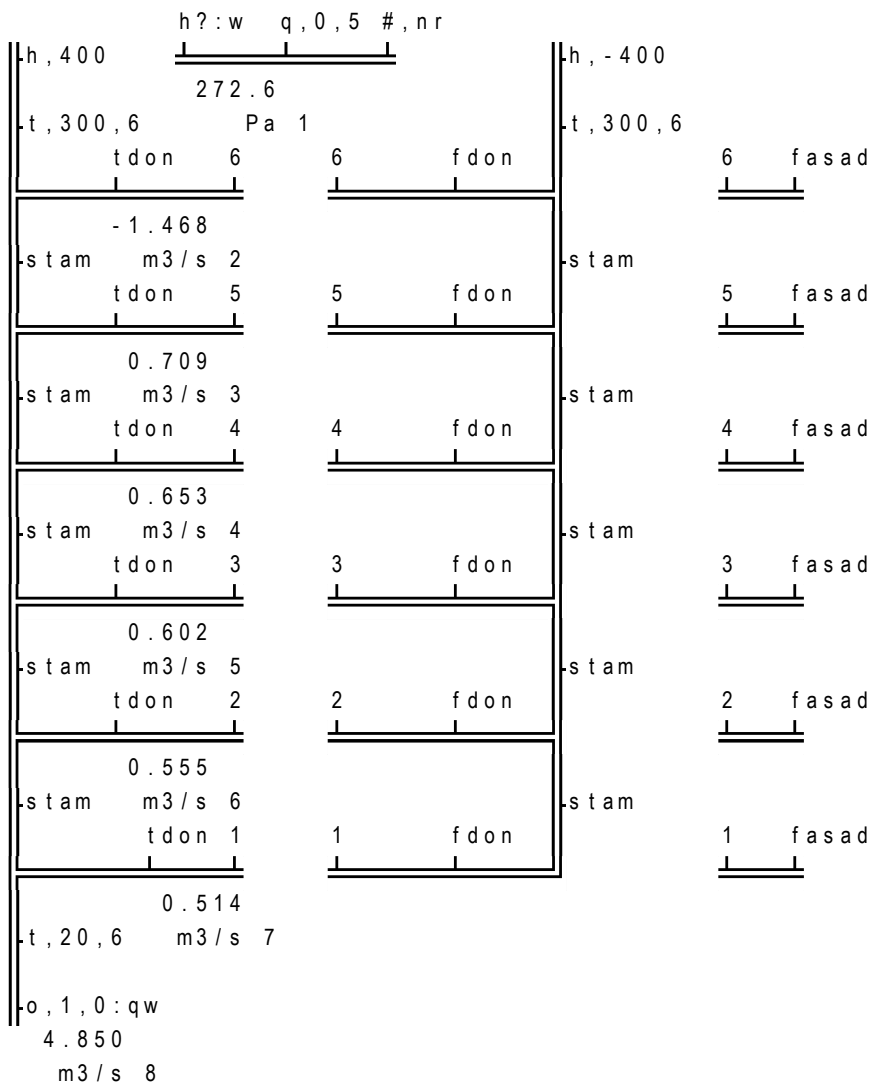


Figur 4.13 FT-system med avlastning av T-system.

```

table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 239.5 241.9 245.7 251.6 260.4 272.6
res(2) m3/s 0.658 0.674 0.692 0.713 0.737 -1.468
res(3) m3/s 0.626 0.643 0.662 0.686 -1.504 0.709
res(4) m3/s 0.594 0.613 0.635 -1.533 0.656 0.653
res(5) m3/s 0.566 0.586 -1.557 0.606 0.604 0.602
res(6) m3/s 0.541 -1.574 0.560 0.557 0.556 0.555
res(7) m3/s -1.588 0.518 0.516 0.514 0.514 0.514
res(8) m3/s 5.193 5.106 5.028 4.959 4.900 4.850
begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

```



end

Figur 4.14 PFS-resultat för FT-system med avlastning av T-system för sex brandfall.

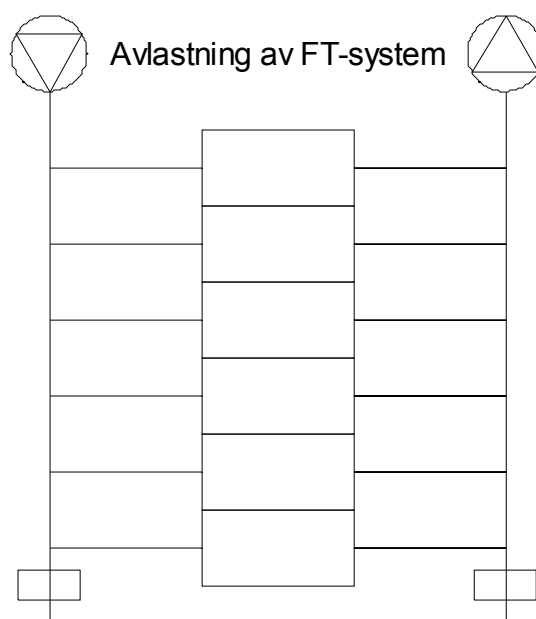
Avlastning av FT-system

Avlastning av T-system har syftet att öka flödet i T-systemet och att minska tilluftsflödet till de anslutna lokalerna. Det ökade totalflödet ökar utspädningen tillsammans med de minskade tilluftsflödena. Avlastning av F-systemet kan ses som ett sätt att minska temperaturen i F-system genom att öka genomströmningen med ett extra avlastningsflöde. Vad resultatet blir av att avlasta både T- och F-system är inte självklart. Principen redovisas i Figur 4.15.

Samma avlastning görs av både T- och F-system som för T-system tidigare med en avlastningskanal med tryckfall 20 Pa vid ett flöde om $6 \text{ m}^3/\text{s}$ lika med det nominella totalflödet.

Beräkningsresultatet för de sex brandfallen redovisas i Figur 4.16. Siffrorna är snarlika de för det tryckavlastade T-systemet. Inträngande brandflöde är omkring $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Avlastningsflödet för tilluft är omkring $5.3 \text{ m}^3/\text{s}$ och något högre än det för fallet med enbart tryckavlastning av T-system. Avlastningsflödet till F-systemet är omkring $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Utspädning för sämsta lokal 1 kan beräknas till 0.011 med volymandel 0.5, spridningsandel 0.328 och flödesandel 0.069. Utspädningen är alltså högre än för fallet med enbart tryckavlastning av T-system

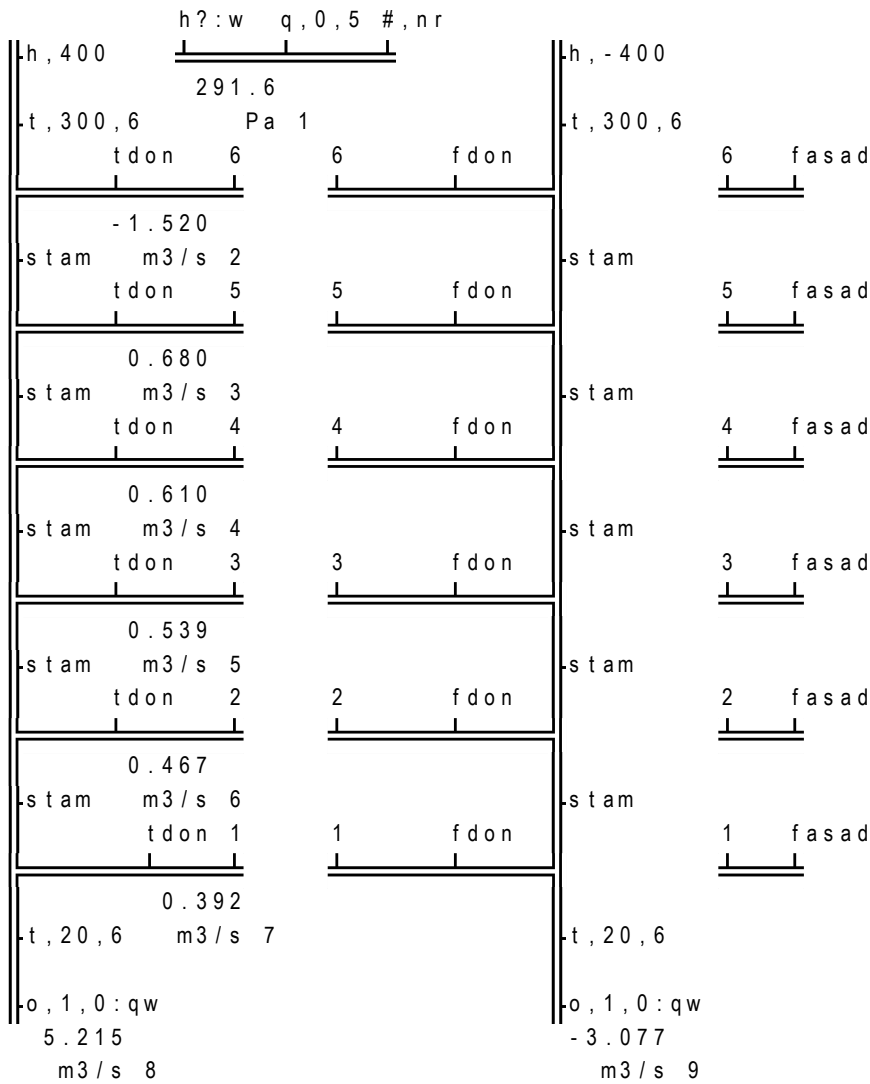


Figur 4.15 FT-system med avlastning av FT-system.

```

table 6 6 6 2
step number          1      2      3      4      5      6
pro(1) nr           -      1      2      3      4      5      6
step number          1      2      3      4      5      6
res(1) Pa           261.3  263.1  266.3  271.6  279.8  291.6
res(2) m3/s          0.635  0.653  0.673  0.695  0.719 -1.520
res(3) m3/s          0.590  0.611  0.632  0.656 -1.560  0.680
res(4) m3/s          0.544  0.567  0.591 -1.593  0.613  0.610
res(5) m3/s          0.498  0.522 -1.619  0.545  0.542  0.539
res(6) m3/s          0.452 -1.640  0.475  0.472  0.469  0.467
res(7) m3/s         -1.657  0.403  0.399  0.397  0.394  0.392
res(8) m3/s          5.503  5.425  5.359  5.303  5.255  5.215
res(9) m3/s         -2.688 -2.790 -2.878 -2.953 -3.019 -3.077
begin
format o 2
control trix=2
set      stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

```



end

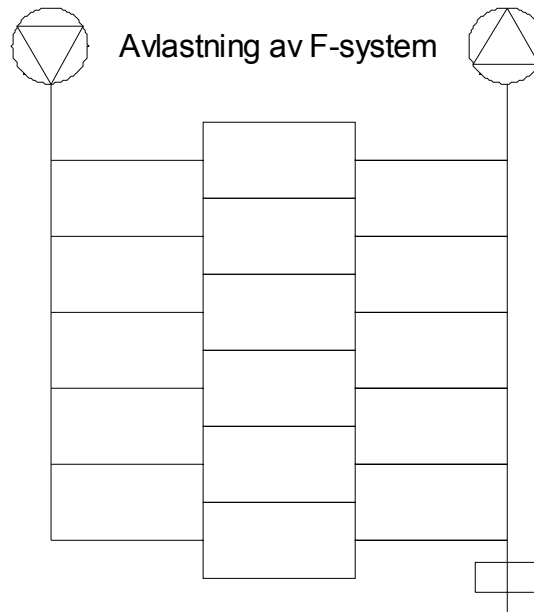
Figur 4.16 PFS-resultat för FT-system med avlastning av FT-system för sex brandfall.

Avlastning av F-system

Detta exempel görs enbart för att komplettera de två föregående. Principen visas i Figur 4.17. Tryckavlastning av F-system kan vara ett sätt att öka genomströmningen och därmed sänka temperaturen i F-systemet.

Beräkningsresultatet för de sex brandfallen redovisas i Figur 4.18. Avlastning ger ett extra inflöde till F-systemet på omkring $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Detta är en betydligt mindre ändring än för fallet med enbart avlastning av T-systemet. Inträngande brandflöde är något under $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Utspädning för sämsta lokal 1 kan beräknas till 0.127 med volymandel 0.5, spridningsandel 0.245 och flödesandel 1.000.

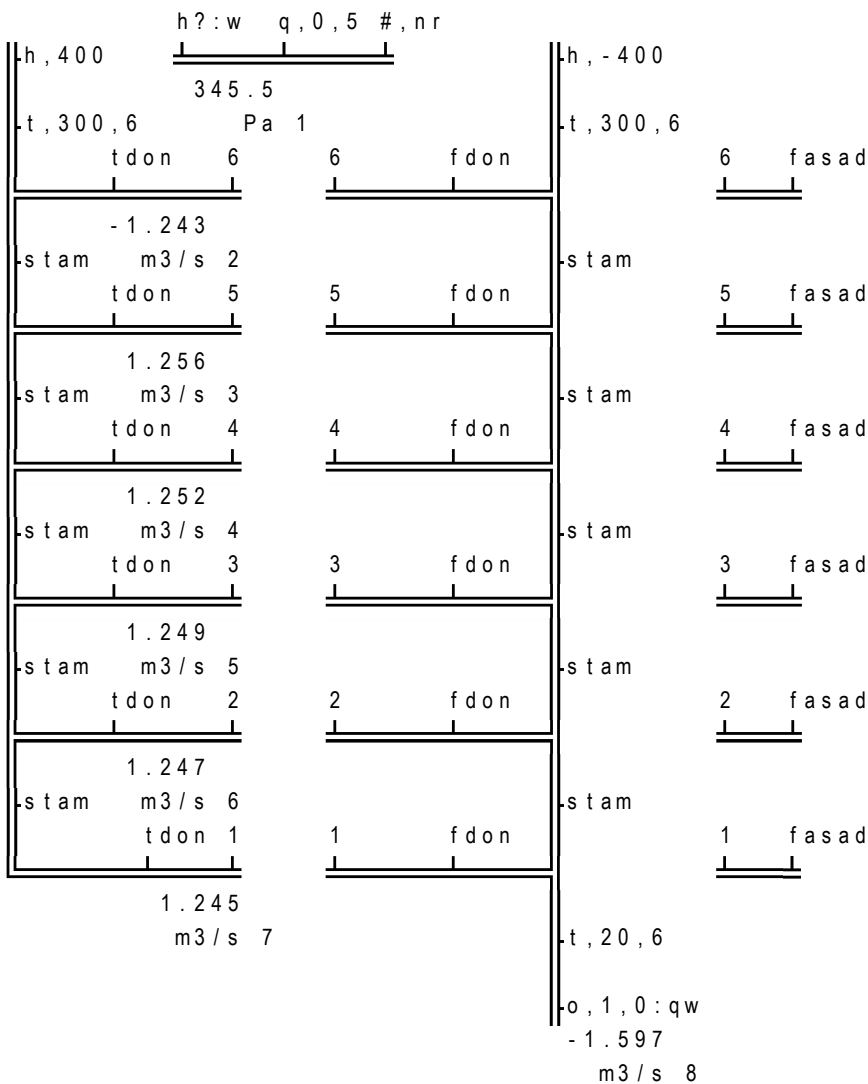


Figur 4.17 FT-system med avlastning av F-system.

```

table 6 6 6 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 326.5 326.6 327.8 330.7 336.3 345.5
res(2) m3/s 1.255 1.255 1.254 1.254 1.256 -1.243
res(3) m3/s 1.265 1.264 1.264 1.264 -1.257 1.256
res(4) m3/s 1.271 1.271 1.270 -1.266 1.262 1.252
res(5) m3/s 1.275 1.274 -1.271 1.267 1.259 1.249
res(6) m3/s 1.274 -1.274 1.271 1.265 1.257 1.247
res(7) m3/s -1.275 1.272 1.269 1.263 1.255 1.245
res(8) m3/s -1.339 -1.377 -1.422 -1.473 -1.532 -1.597
begin
format o 2
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1 fasad=t,100,1

```



end

Figur 4.18 PFS-resultat för FT-system med avlastning av F-system för sex brandfall.

Utspädningen u för sämsta fall med brand i lokal 2 och brandgasspridning till lokal 1 sammanställs här för fall 1-9 i Tabell 4.2. Om lokal 1 och 2 är ytterst vid branddrift är det ingen skillnad mellan lokal 1 och 2.

Brandflödet är $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Flödet från lokal 2 är q_t , vilket blir en del av flödet till lokal 1 q_s och restflödet q_r . Spridningsandelen s_t och flödesandelen s_q beräknas som $q_t/5$ respektive $q_s/(q_s+q_r)$.

Volymandel s_V har satts till 0.5 och även beräknats för att ge utspädningen u 0.01. Ett viktig påpekande är att volymandelen kan betydligt mindre än schablonmässiga 0.5, vilket utretts tidigare i avsnitt 3.

Siffrorna i Tabell 4.2 visar att utspädningen är lägre än 0.04 för fall 2-8 samt lägre än 0.02 för fall 4, 7 och 8.

De tre bästa skyddsåtgärderna 4, 7 och 8 är avlastningskanal eller sammankoppling av tilluftskanalsystem och frånluftskanalsystem ytterst, avlastning av tilluftskanalsystem ytterst samt avlastning av både tilluft- och frånluftskanalsystem ytterst. De två första skyddsåtgärderna kräver en mindre kanaldragning och ett spjäll. Den bästa åtgärden kräver två mindre kanaldragningar med varsitt spjäll.

Fördelningslåda och fördelningslokal är två helt passiva skyddsåtgärder som endast kräver att ventilationen är driftsatt, vilket även gäller för alla övriga skyddsåtgärder. Fallet med fördelningslokal kan dock kräva ett spjäll för skydd mot brandgasspridning från brand i fördelningslokalen.

Tabell 4.2 Beräknad utspädning för olika skyddsåtgärder

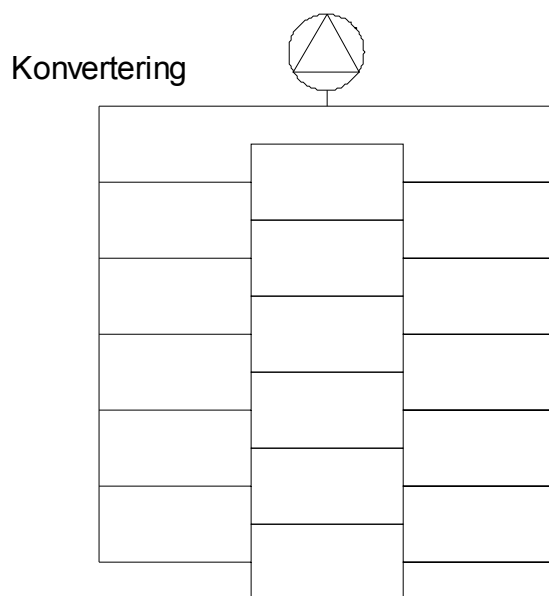
fall	q_t m^3/s	q_s m^3/s	q_r m^3/s	s_t -	s_q -	u -	$s_{V0.01}$ -
-	1.245	1.302	0.000	0.249	1.000	0.124	0.040
1	1.187	1.267	5.080	0.237	0.200	0.024	0.211
2	1.316	1.185	4.772	0.263	0.199	0.026	0.191
3	1.593	0.514	4.347	0.319	0.106	0.017	0.297
4	1.639	0.327	1.312	0.328	0.200	0.033	0.153
5	1.612	0.429	1.688	0.322	0.203	0.033	0.153
6	1.574	0.518	5.106	0.315	0.092	0.014	0.345
7	1.640	0.403	5.425	0.328	0.069	0.011	0.441
8	1.274	1.272	0.000	0.255	1.000	0.127	0.039

5 Utspädning vid konvertering

Konvertering görs för sex fall med indata enligt Tabell 5.1 med två olika tilluftstryckfall, samma från-luftstryckfall samt två olika fasadläckage 0.1 och 1.0 m³/s vid 100 Pa. Konvertering görs här beräkningsmässigt med tryckstegringen 100 Pa ansluten till de två kanalsystemen med ett tryckfall genomgående med 50 Pa vid 6 m³/s och i två fall för tilluftssidan med 200 Pa vid 6 m³/s för att kompensera ett tilluftstryckfall om 400 Pa. Principen för konvertering under branddrift visas i Figur 5.1 och beräkningsresultaten redovisas i Figur 5.2-7.

Tabell 5.1 Indata för sex beräkningsfall med konvertering

Figur	tryckfall tilluft Pa	tryckfall frånluft Pa	tryckfall uteluft Pa	tryckfall avluft Pa	fasadläckflöde m ³ /s
5.2	100	100	50	50	1.0
5.3	100	100	50	50	0.1
5.4	400	100	50	50	1.0
5.5	400	100	50	50	0.1
5.6	400	100	200	50	1.0
5.7	400	100	200	50	0.1



Figur 5.1 Konvertering av FT-system

```

table 6 6 1 2
pro(1)  nr -          1          2          3          4          5          6
res(1)  Pa      208.0  208.0  209.1  211.9  217.2  225.5
res(2)  m3/s    -0.401 -0.401 -0.401 -0.401 -0.401 -1.749
res(3)  m3/s     0.401  0.401  0.401  0.401  0.401  1.749
res(4)  m3/s    -0.397 -0.397 -0.397 -0.397 -1.763 -0.401
res(5)  m3/s     0.397  0.397  0.397  0.397  1.763  0.401
res(6)  m3/s    -0.394 -0.394 -0.394 -1.772 -0.397 -0.401
res(7)  m3/s     0.394  0.394  0.394  1.772  0.397  0.401
res(8)  m3/s    -0.392 -0.392 -1.777 -0.394 -0.397 -0.401
res(9)  m3/s     0.392  0.392  1.777  0.394  0.397  0.401
res(10) m3/s    -0.389 -1.779 -0.392 -0.394 -0.397 -0.401
res(11) m3/s     0.389  1.779  0.392  0.394  0.397  0.401
res(12) m3/s    -1.779 -0.389 -0.392 -0.394 -0.397 -0.401
res(13) m3/s     1.779  0.389  0.392  0.394  0.397  0.401

begin
control  trix=2
set      stam=t,5,5 tdon=t?1:qw  fdon=t?1:qw  fasad=t,100,1:q

      h?:w  q,0,5 #,nr
      h,400,-100  208.0 Pa 1
      o,300,50,6
      tdon 6 6 fdon
      stam -0.401 m3/s 2  0.401 m3/s 3
      tdon 5 5 fdon
      stam -0.397 m3/s 4  0.397 m3/s 5
      tdon 4 4 fdon
      stam -0.394 m3/s 6  0.394 m3/s 7
      tdon 3 3 fdon
      stam -0.392 m3/s 8  0.392 m3/s 9
      tdon 2 2 fdon
      stam -0.389 m3/s 10 0.389 m3/s 11
      tdon 1 1 fdon
      -1.779 m3/s 12  1.779 m3/s 13
      h,-400,-100
      o,300,50,6
      tdon 6 6 fdon
      stam -0.802 m3/s
      tdon 5 5 fdon
      stam -0.795 m3/s
      tdon 4 4 fdon
      stam -0.789 m3/s
      tdon 3 3 fdon
      stam -0.783 m3/s
      tdon 2 2 fdon
      stam -0.779 m3/s
      tdon 1 1 fdon
      1.442 m3/s

end

```

Figur 5.2 PFS-resultat för konverterat FT-system med 100 Pa nominellt tilluftsdontryckfall och 1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall. Symmetrisk konvertering.

Brandgasspridning inträffar inte i något brandfall. Alla inflöden till tilluftkanalsystem och frånluftkanalsystem är lika på grund av symmetri mellan grentryckfall för tilluft-frånluft och utluftningstryckfall utluft-avluf. Aggregattryckfallen vid normal drift är 300 Pa vid 6 m³/s, vilket kräver tryckstegringen 400 Pa för både tilluftsdel och frånluftsdela.

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 427.0 427.0 430.3 438.9 455.1 481.0
res(2) m3/s -0.047 -0.047 -0.047 -0.047 -0.047 -2.390
res(3) m3/s 0.047 0.047 0.047 0.047 0.047 2.390
res(4) m3/s -0.047 -0.047 -0.047 -0.047 -2.393 -0.047
res(5) m3/s 0.047 0.047 0.047 0.047 2.393 0.047
res(6) m3/s -0.047 -0.047 -0.047 -2.395 -0.047 -0.047
res(7) m3/s 0.047 0.047 0.047 2.395 0.047 0.047
res(8) m3/s -0.046 -0.046 -2.396 -0.047 -0.047 -0.047
res(9) m3/s 0.046 0.046 2.396 0.047 0.047 0.047
res(10) m3/s -0.046 -2.397 -0.046 -0.047 -0.047 -0.047
res(11) m3/s 0.046 2.397 0.046 0.047 0.047 0.047
res(12) m3/s -2.397 -0.046 -0.046 -0.047 -0.047 -0.047
res(13) m3/s 2.397 0.046 0.046 0.047 0.047 0.047

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,0.1:q

h?:w q,0,5 #,nr
h,400,-100 427.0 Pa 1 h,-400,-100
o,300,50,6 6 fdon o,300,50,6 6 fasad
stam -0.047 m3/s 2 0.047 m3/s 3 stam -0.095 m3/s
tdon 5 5 fdon 5 fasad
stam -0.047 m3/s 4 0.047 m3/s 5 stam -0.094 m3/s
tdon 4 4 fdon 4 fasad
stam -0.047 m3/s 6 0.047 m3/s 7 stam -0.094 m3/s
tdon 3 3 fdon 3 fasad
stam -0.046 m3/s 8 0.046 m3/s 9 stam -0.093 m3/s
tdon 2 2 fdon 2 fasad
stam -0.046 m3/s 10 0.046 m3/s 11 stam -0.092 m3/s
tdon 1 1 fdon 1 fasad
-2.397 m3/s 12 2.397 m3/s 13 0.207 m3/s

end

```

Figur 5.3 PFS-resultat för konverterat FT-system med 100 Pa nominellt tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall. Symmetrisk konvertering.

Brandgasspridning inträffar inte i något brandfall. Alla inflöden till tilluftkanalsystem och frånluftkanalsystem är lika på grund av symmetri mellan grentryckfall för tilluft-frånluft och utluftningstryckfall uteluft-avluft. Inflödena för lokaler utan brand är mindre än tidigare, eftersom fasadläckage är 0.1 m³/s vid 100 Pa. Inflödena från lokal med brand ökar, eftersom fasaden är tätare.


```

table 6 6 1 2
pro(1)  nr  -          1          2          3          4          5          6
res(1)  Pa    822.6  822.6  826.9  838.3  859.5  892.8
res(2)  m3/s  -0.116 -0.116 -0.116 -0.118 -0.119 -1.570
res(3)  m3/s  -0.022 -0.022 -0.023 -0.024 -0.025  3.131
res(4)  m3/s  -0.125 -0.125 -0.126 -0.127 -1.552 -0.121
res(5)  m3/s  -0.033 -0.033 -0.033 -0.035  3.154 -0.027
res(6)  m3/s  -0.135 -0.135 -0.136 -1.541 -0.129 -0.121
res(7)  m3/s  -0.043 -0.043 -0.044  3.170 -0.036 -0.027
res(8)  m3/s  -0.146 -0.146 -1.534 -0.137 -0.129 -0.121
res(9)  m3/s  -0.055 -0.055  3.178 -0.046 -0.036 -0.027
res(10) m3/s  -0.156 -1.532 -0.147 -0.137 -0.129 -0.121
res(11) m3/s  -0.067  3.182 -0.056 -0.046 -0.036 -0.027
res(12) m3/s  -1.532 -0.156 -0.147 -0.137 -0.129 -0.121
res(13) m3/s  3.182 -0.067 -0.056 -0.046 -0.036 -0.027

begin
control  trix=2
set      stam=t,5,5 tdon=t?1:qw  fdon=t?1:qw  fasad=t,100,0.1:q

      h?:w  q,0,5 #,nr
      |h,700,-100 |-----| |h,-400,-100
      |o,300,50,6 | 822.6 Pa 1 |o,300,50,6
      |tdon 6 | 6 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.116 m3/s 2 | -0.022 m3/s 3 |stam | -0.094 m3/s
      |tdon 5 | 5 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.125 m3/s 4 | -0.033 m3/s 5 |stam | -0.093 m3/s
      |tdon 4 | 4 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.135 m3/s 6 | -0.043 m3/s 7 |stam | -0.092 m3/s
      |tdon 3 | 3 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.146 m3/s 8 | -0.055 m3/s 9 |stam | -0.091 m3/s
      |tdon 2 | 2 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.156 m3/s 10 | -0.067 m3/s 11 |stam | -0.090 m3/s
      |tdon 1 | 1 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      | -1.532 m3/s 12 | 3.182 m3/s 13 | | 0.287 m3/s

end

```

Figur 5.5 PFS-resultat för konverterat FT-system med 400 Pa nominellt tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall. Asymmetrisk konvertering.

Fullständig tvärströmning från frånluft till tilluft inträffar för alla sex brandfall. Störst tvärströmning har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Inflöde från frånluftsidan är i båda fallen 0.067 m³/s, eftersom lokal 1 och 2 är anslutna i samma punkt. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0067 om alla lokaler har samma volym. Detta fall är asymmetriskt, eftersom konverteringstryckfallet är lika stort för tilluftsidan och frånluftsidan. Nästa två beräkningsfall är symmetriska.


```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 340.1 340.1 341.1 343.9 349.1 357.2
res(2) m3/s -0.235 -0.235 -0.235 -0.235 -0.236 -1.037
res(3) m3/s 0.475 0.475 0.475 0.474 0.474 2.073
res(4) m3/s -0.238 -0.238 -0.238 -0.238 -1.032 -0.236
res(5) m3/s 0.465 0.465 0.465 0.464 2.099 0.473
res(6) m3/s -0.240 -0.240 -0.240 -1.029 -0.239 -0.236
res(7) m3/s 0.455 0.455 0.455 2.116 0.463 0.473
res(8) m3/s -0.243 -0.243 -1.027 -0.241 -0.239 -0.236
res(9) m3/s 0.447 0.447 2.126 0.455 0.463 0.473
res(10) m3/s -0.245 -1.027 -0.243 -0.241 -0.239 -0.236
res(11) m3/s 0.441 2.129 0.447 0.455 0.463 0.473
res(12) m3/s -1.027 -0.245 -0.243 -0.241 -0.239 -0.236
res(13) m3/s 2.129 0.441 0.447 0.455 0.463 0.473

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,1:q

h?:w q,0,5 #,nr
h,700,-100 340.1 Pa 1 h,-400,-100
o,300,200,6 6 fdon o,300,50,6
tdon 6 6 fdon 6 fasad
stam -0.235 m3/s 2 0.475 m3/s 3 stam -0.710 m3/s
tdon 5 5 fdon 5 fasad
stam -0.238 m3/s 4 0.465 m3/s 5 stam -0.702 m3/s
tdon 4 4 fdon 4 fasad
stam -0.240 m3/s 6 0.455 m3/s 7 stam -0.696 m3/s
tdon 3 3 fdon 3 fasad
stam -0.243 m3/s 8 0.447 m3/s 9 stam -0.690 m3/s
tdon 2 2 fdon 2 fasad
stam -0.245 m3/s 10 0.441 m3/s 11 stam -0.685 m3/s
tdon 1 1 fdon 1 fasad
-1.027 m3/s 12 2.129 m3/s 13 1.844 m3/s

end

```

Figur 5.6 PFS-resultat för konverterat FT-system med 400 Pa nominellt tilluftsdontryckfall och 1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall. Symmetrisk konvertering.

Brandgasspridning inträffar inte för detta fall med symmetrisk konvertering. Alla flöden på tilluftsiden är hälften av flödena på frånluftsiden, eftersom tryckfallen på tilluftsiden är fyra gånger tryckfallen på frånluftsiden.

```

table 6 6 1 2
pro(1)  nr      -          1          2          3          4          5          6
res(1)  Pa      828.5  828.5  832.8  844.2  865.2  898.3
res(2)  m3/s     0.025  0.025  0.023  0.016 -0.002 -1.567
res(3)  m3/s     0.116  0.116  0.114  0.107  0.090  3.134
res(4)  m3/s    -0.026 -0.026 -0.030 -0.037 -1.549 -0.030
res(5)  m3/s     0.064  0.064  0.061  0.053  3.157  0.061
res(6)  m3/s    -0.059 -0.059 -0.062 -1.537 -0.049 -0.030
res(7)  m3/s     0.030  0.030  0.027  3.172  0.041  0.061
res(8)  m3/s    -0.084 -0.084 -1.530 -0.068 -0.049 -0.030
res(9)  m3/s     0.005  0.005  3.181  0.021  0.041  0.061
res(10) m3/s    -0.104 -1.528 -0.086 -0.068 -0.049 -0.030
res(11) m3/s    -0.016  3.184  0.002  0.021  0.041  0.061
res(12) m3/s   -1.528 -0.104 -0.086 -0.068 -0.049 -0.030
res(13) m3/s    3.184 -0.016  0.002  0.021  0.041  0.061

begin
control  trix=2
set      stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,0.1:q

      h?:w  q,0,5 #,nr
      |h,700,-100 |-----| |h,-400,-100
      |o,300,200,6 | 828.5 Pa 1 |o,300,50,6
      |tdon 6 | 6 fdon |fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam 0.025 m3/s 2 | 0.116 m3/s 3 |stam -0.091 m3/s
      |tdon 5 | 5 fdon |5 fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.026 m3/s 4 | 0.064 m3/s 5 |stam -0.090 m3/s
      |tdon 4 | 4 fdon |4 fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.059 m3/s 6 | 0.030 m3/s 7 |stam -0.089 m3/s
      |tdon 3 | 3 fdon |3 fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.084 m3/s 8 | 0.005 m3/s 9 |stam -0.088 m3/s
      |tdon 2 | 2 fdon |2 fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |stam -0.104 m3/s 10 | -0.016 m3/s 11 |stam -0.087 m3/s
      |tdon 1 | 1 fdon |1 fasad
      |-----| |-----| |-----|
      |-1.528 m3/s 12 | 3.184 m3/s 13 |0.288 m3/s

end

```

Figur 5.7 PFS-resultat för konverterat FT-system med 400 Pa nominellt tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall. Symmetrisk konvertering.

Brandgasspridning sker till lokal 6 via tilluft för brandfall 1-4 samt till lokal 1 och 2 via frånluft för brandfall 2 respektive brandfall 1 för detta symmetriska fall med fasadläckflöde 0.1 m³/s vid 100 Pa. Störst inflöde till lokal 1 eller 2 är 0.016 m³/s. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0016 om lokaler har samma volym.

Resultatet för lokal 2 med brand i lokal 1 eller omvänt sammanställs i Tabell 5.2 nedan, där ett positivt tilluftsflöde innebär brandgaspridning och ett negativt frånluftsflöde samma sak. Utspädningen u beräknas för brandflödet $5 \text{ m}^3/\text{s}$ och volymandelen 0.5, vilket medför att inflödet multiplicerat med $(0.5/5)$ är lika med utspädningen och under förutsättning att alla lokaler är lika stora. Utspädning för ett fall utan brandgasspridning redovisas som -.

Tabell 5.2 Utspädning för sämsta lokal för konvertering

Figur	brandfall	lokal	tilluftsflöde m^3/s	frånluftsflöde m^3/s	utspädning u
5.2	1	2	-0.389	0.389	-
5.3	1	2	-0.046	0.046	-
5.4	1	2	-0.307	0.411	-
5.5	1	2	-0.156	-0.067	0.0067
5.6	1	2	-0.245	0.441	-
5.7	1	2	-0.104	-0.016	0.0016

Kontroll har även skett med och tryckavlastat brandrum för fallet med konvertering. Ingen brandgasspridning inträffade.

En kommentar till brandtrycket för de sex brandfallen och de sex varianterna enligt Tabell 5.1 är att brandtrycket kan uppskattas genom att anta att utströmning sker till omgivningen med nolltryck utan för fasad, tilluftsgren och frånluftsgren. Det finns fyra fall vars tre motstånd kan summeras till flödet 3.0 , 2.1 , 2.5 och $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ vid tryckfall 100 Pa . Tryckfallet 400 Pa vid $1 \text{ m}^3/\text{s}$ motsvarar 100 Pa vis $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Brandflödet $5 \text{ m}^3/\text{s}$ resulterar i brandtrycken 278 , 567 , 400 respektive 976 Pa . Detta kan jämföras med beräknade brandtryck redovisade i Figur 5.2-5 som omkring 210 , 450 , 340 respektive 860 Pa , vilka ligger under de uppskattade brandtrycken. Förklaringen är att vid konvertering är undertrycket nästan 100 Pa i kanalsystemet.

En andra kommentar är att beräkningarna har skett kallt utan hänsyn till termiska stignakter.

Tvärströmning finns behandlat i arbetsrapporten TVIT—07/7018 och här görs en enkel beräkning med beräkningsuttryck från den samma. Tvärströmning mellan tilluftkanalsystem och frånluftkanalsystem kan överskattas med en förenklad modell utan något läckage. De två kanalsystemen förenklas till ett system med en fördelningslåda respektive ett system med en samlingslåda. Alla de övriga lokalerna behandlas som en enda lokal. Tryckfallet för den brandutsatta lokalens tilluftsdel skiljer sig med en faktor a från frånluftsdelens och för ute-luftsdelens är faktorn b i förhållande till avluftsdelens. De två kvoterna kan skrivas som följer:

$$a = \Delta p_t / \Delta p_f \quad (-) \quad (5.1)$$

$$b = \Delta p_u / \Delta p_a \quad (-) \quad (5.2)$$

Fördelningslåda och samlingslådan är sammankopplade via alla lokaler. Detta ger ett litet flödesmotstånd och möjliggör måttliga flöden vid små tryckskillnader. Detta motstånd försummas, vilket överskattar tvärströmningen något.

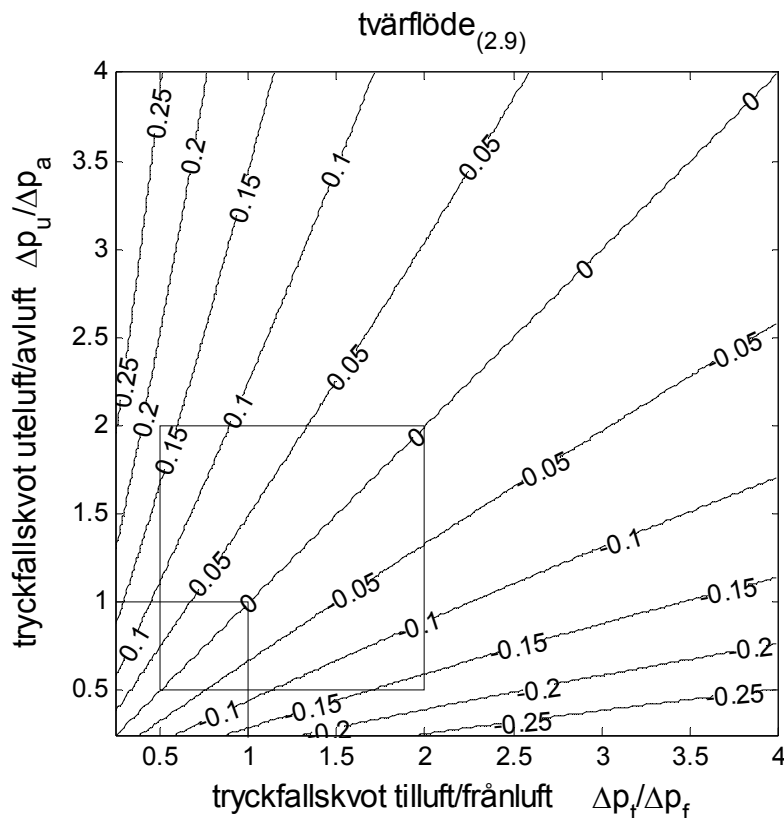
Detta antagande innebär att brandflödet delas upp i en tilluftsdel och en frånluftsdel med förhållandet $1:a^{0.5}$ och för brandflödets uteluftdel och avluftdel blir förhållandet $1:b^{0.5}$. Det sökta tvärflödet q_{tf} som definieras positivt från tilluft genom lokalen till frånluft kan beräknas enligt uttryck nedan som visar att för ett symmetriskt fall med $a = b$ fås ingen tvärströmning.

$$q_{tf} = (b^{0.5} - a^{0.5}) / ((1+a^{0.5})(1+b^{0.5})) \quad (-) \quad (5.3)$$

Det relativa tvärflödet redovisas i Figur 5.8 som funktion av parametrarna eller tryckfallskvoterna a och b .

Insättning för det asymmetriska fallet med $a = 4$ och $b = 1$ ger $q_{tf} = -1/6$, vilket skall fördelas på fem lokaler. Utspädningen blir i medeltal $1/30$ eller 0.033 , vilket är en överskattning. Detta värde halveras med hänsyn till volymandelen 0.5 , vilket ger utspädningen 0.0167 i medeltal. Utspädningen för sämsta fall är 0.0 och 0.0067 för fasadläckagefallen 1.0 respektive $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$.

En genomräkning av ett asymmetriskt fall utan läckage redovisas i Figur 5.9. Störst tvärflöde om $0.136 \text{ m}^3/\text{s}$ fås för lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Minst tvärflöde om $0.093 \text{ m}^3/\text{s}$ fås för lokal 6. Omräkning av dessa flöden till utspädning blir 0.0136 och 0.0093 , vilket ligger något under det uppskattade medelvärdet 0.0167 med hjälp av (5.3).



Figur 5.8 Relativt tvärflöde enligt (5.3).

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 935.5 935.5 940.7 954.6 980.2 1020.7
res(2) m3/s -0.093 -0.093 -0.093 -0.095 -0.096 -1.669
res(3) m3/s -0.093 -0.093 -0.093 -0.095 -0.096 3.331
res(4) m3/s -0.102 -0.102 -0.103 -0.104 -1.648 -0.098
res(5) m3/s -0.102 -0.102 -0.103 -0.104 3.352 -0.098
res(6) m3/s -0.112 -0.112 -0.113 -1.634 -0.106 -0.098
res(7) m3/s -0.112 -0.112 -0.113 3.366 -0.106 -0.098
res(8) m3/s -0.124 -0.124 -1.626 -0.115 -0.106 -0.098
res(9) m3/s -0.124 -0.124 3.374 -0.115 -0.106 -0.098
res(10) m3/s -0.136 -1.623 -0.125 -0.115 -0.106 -0.098
res(11) m3/s -0.136 3.377 -0.125 -0.115 -0.106 -0.098
res(12) m3/s -1.623 -0.136 -0.125 -0.115 -0.106 -0.098
res(13) m3/s 3.377 -0.136 -0.125 -0.115 -0.106 -0.098

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw

h?:w q,0,5 #,nr
h,700,-100 | 935.5 Pa 1 | h,-400,-100
o,300,50,6 | tdon 6 6 fdon | o,300,50,6
| | | h,0,fpv q,fpv,0
stam -0.093 m3/s 2 -0.093 m3/s 3 | stam 89.9 Pa
| | | h,0,fpv q,fpv,0
tdon 5 5 fdon | |
stam -0.102 m3/s 4 -0.102 m3/s 5 | stam 88.3 Pa
| | | h,0,fpv q,fpv,0
tdon 4 4 fdon | |
stam -0.112 m3/s 6 -0.112 m3/s 7 | stam 86.7 Pa
| | | h,0,fpv q,fpv,0
tdon 3 3 fdon | |
stam -0.124 m3/s 8 -0.124 m3/s 9 | stam 85.0 Pa
| | | h,0,fpv q,fpv,0
tdon 2 2 fdon | |
stam -0.136 m3/s 10 -0.136 m3/s 11 | stam 83.1 Pa
| | | h,0,fpv q,fpv,0
tdon 1 1 fdon | |
-1.623 m3/s 12 3.377 m3/s 13 | -935.5 Pa
end

```

Figur 5.9 PFS-resultat för konverterat FT-system med 400 Pa nominellt tilluftsdontryckfall och utan läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall. Asymmetrisk konvertering.

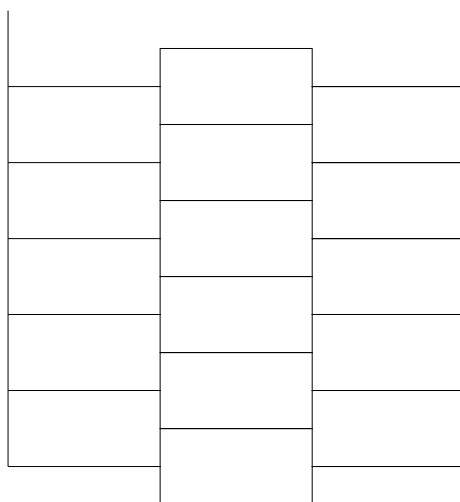
6 Utspädning vid utluftning

De sex tidigare redovisade fallen med konvertering testas här med skyddsåtgärden stoppade fläktar och öppna förbigångar. Principen redovisas i Figur 6.1 och beräkningsresultatet redovisas i Figur 6.2-7. Tryckfallet för utluftningen är 50 Pa vid 6 m³/s för frånluftssystemet och 50 och 200 Pa för tilluftssystemet. Beräkningarna görs utan några termiska stigkrafter.

Tabell 6.1 Indata för sex beräkningsfall med utluftning

Figur	tryckfall tilluft Pa	tryckfall frånluft Pa	tryckfall uteluft Pa	tryckfall avluft Pa	fasadläck- flöde m ³ /s
6.2	100	100	50	50	1.0
6.3	100	100	50	50	0.1
6.4	400	100	50	50	1.0
6.5	400	100	50	50	0.1
6.6	400	100	200	50	1.0
6.7	400	100	200	50	0.1

Stoppade fläktar med förbigångar



Figur 6.1 FT-system med stoppade fläktar med öppna förbigångar.

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 260.0 260.0 261.2 264.4 270.3 279.4
res(2) m3/s 0.068 0.068 0.068 0.069 0.069 -1.664
res(3) m3/s -0.068 -0.068 -0.068 -0.069 -0.069 1.664
res(4) m3/s 0.074 0.074 0.074 0.074 -1.678 0.069
res(5) m3/s -0.074 -0.074 -0.074 -0.074 1.678 -0.069
res(6) m3/s 0.080 0.080 0.080 -1.687 0.075 0.069
res(7) m3/s -0.080 -0.080 -0.080 1.687 -0.075 -0.069
res(8) m3/s 0.085 0.085 -1.692 0.080 0.075 0.069
res(9) m3/s -0.085 -0.085 1.692 -0.080 -0.075 -0.069
res(10) m3/s 0.091 -1.694 0.086 0.080 0.075 0.069
res(11) m3/s -0.091 1.694 -0.086 -0.080 -0.075 -0.069
res(12) m3/s -1.694 0.091 0.086 0.080 0.075 0.069
res(13) m3/s 1.694 -0.091 -0.086 -0.080 -0.075 -0.069

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,1:q

h?:w q,0,5 #,nr
h,400,0 h,-400,0
o,300,50,6 260.0 Pa 1 o,300,50,6
tdon 6 6 fdon fasad
stam 0.068 m3/s 2 -0.068 m3/s 3 stam 0.137 m3/s
tdon 5 5 fdon fasad
stam 0.074 m3/s 4 -0.074 m3/s 5 stam 0.148 m3/s
tdon 4 4 fdon fasad
stam 0.080 m3/s 6 -0.080 m3/s 7 stam 0.159 m3/s
tdon 3 3 fdon fasad
stam 0.085 m3/s 8 -0.085 m3/s 9 stam 0.171 m3/s
tdon 2 2 fdon fasad
stam 0.091 m3/s 10 -0.091 m3/s 11 stam 0.183 m3/s
tdon 1 1 fdon fasad
-1.694 m3/s 12 1.694 m3/s 13 1.612 m3/s

end

```

Figur 6.2 PFS-resultat för FT-system med stoppade fläktar och öppna förbigångar med 100 Pa tilluftsdontryckfall och 1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall.

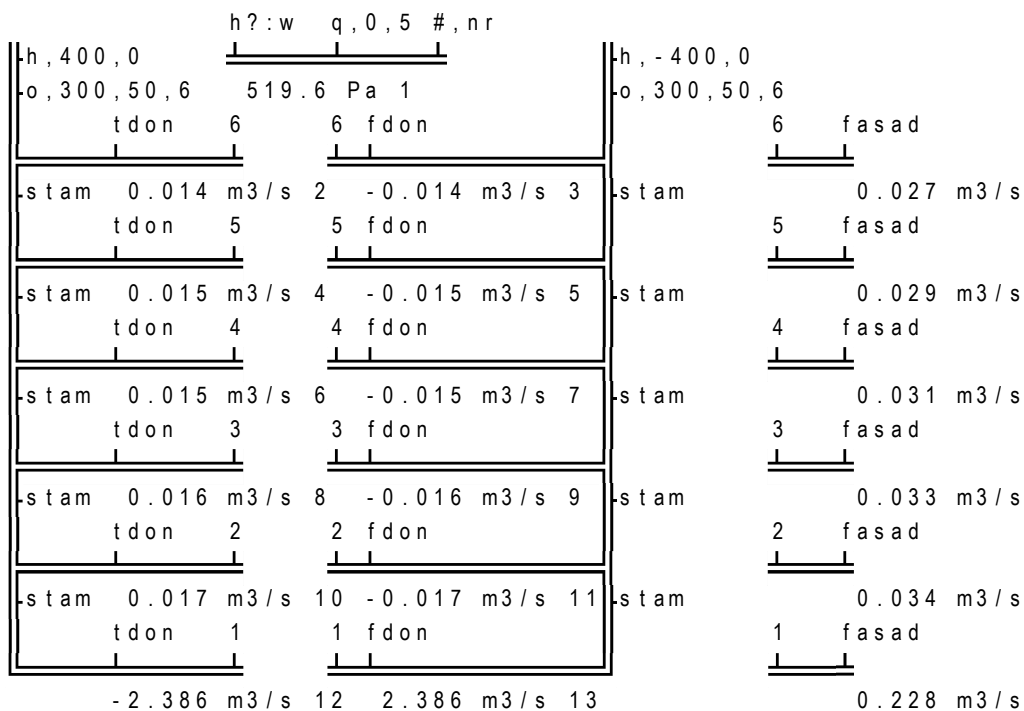
Brandflödet fördelas till alla lokaler med lika inflöde från tillufts- och frånluftssystem. Störst inflöde om 0.182 m³/s har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0182 om lokaler har samma volym.

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 519.6 519.6 522.9 531.6 548.0 574.0
res(2) m3/s 0.014 0.014 0.014 0.014 0.014 -2.380
res(3) m3/s -0.014 -0.014 -0.014 -0.014 -0.014 2.380
res(4) m3/s 0.015 0.015 0.015 0.015 -2.383 0.014
res(5) m3/s -0.015 -0.015 -0.015 -0.015 2.383 -0.014
res(6) m3/s 0.015 0.015 0.015 -2.385 0.015 0.014
res(7) m3/s -0.015 -0.015 -0.015 2.385 -0.015 -0.014
res(8) m3/s 0.016 0.016 -2.386 0.015 0.015 0.014
res(9) m3/s -0.016 -0.016 2.386 -0.015 -0.015 -0.014
res(10) m3/s 0.017 -2.386 0.016 0.015 0.015 0.014
res(11) m3/s -0.017 2.386 -0.016 -0.015 -0.015 -0.014
res(12) m3/s -2.386 0.017 0.016 0.015 0.015 0.014
res(13) m3/s 2.386 -0.017 -0.016 -0.015 -0.015 -0.014

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,0.1:q

```



end

Figur 6.3 PFS-resultat för FT-system med stoppade fläktar och öppna förbigångar med 100 Pa tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall.

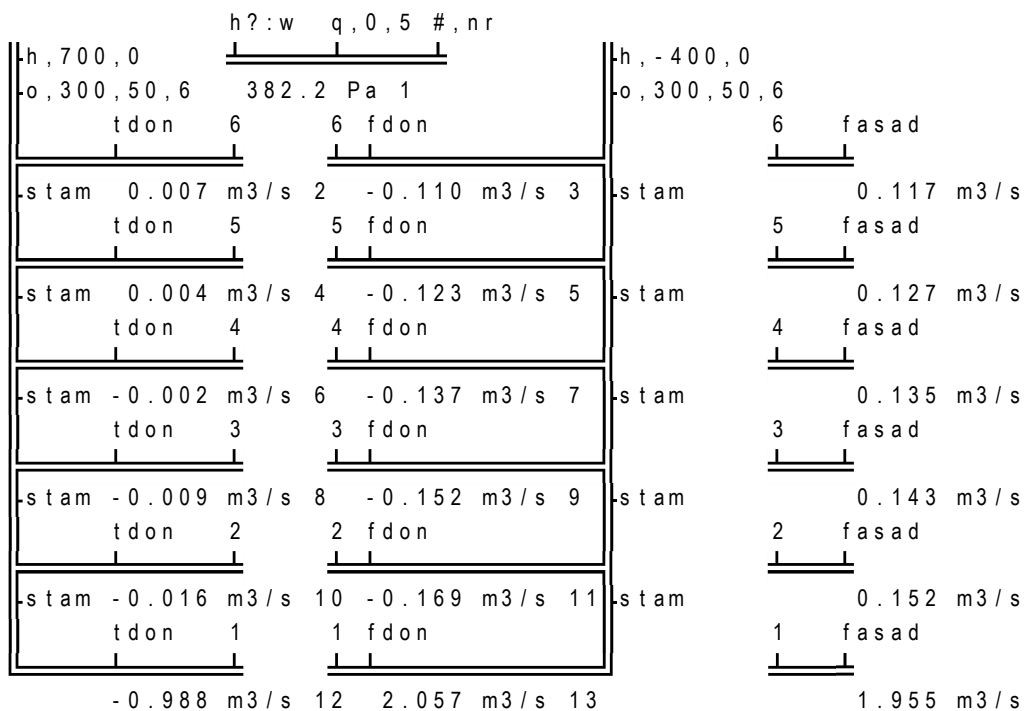
Brandflödet fördelas till alla lokaler med lika inflöde från tillufts- och frånluftssystem. Störst inflöde om 0.017 m³/s har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Det låga fasadläckaget ger lägre inflöde till alla lokaler, men samtidigt ökar inflödet från lokalen med brand. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0017 om lokaler har samma volym.


```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 382.2 382.2 383.5 386.6 392.4 401.4
res(2) m3/s 0.007 0.007 0.007 0.005 0.003 -1.000
res(3) m3/s -0.110 -0.110 -0.111 -0.113 -0.115 1.997
res(4) m3/s 0.004 0.004 0.003 0.001 -0.995 0.000
res(5) m3/s -0.123 -0.123 -0.124 -0.126 2.024 -0.117
res(6) m3/s -0.002 -0.002 -0.004 -0.991 -0.002 0.000
res(7) m3/s -0.137 -0.137 -0.138 2.043 -0.128 -0.117
res(8) m3/s -0.009 -0.009 -0.989 -0.006 -0.002 0.000
res(9) m3/s -0.152 -0.152 2.053 -0.141 -0.128 -0.117
res(10) m3/s -0.016 -0.988 -0.010 -0.006 -0.002 0.000
res(11) m3/s -0.169 2.057 -0.154 -0.141 -0.128 -0.117
res(12) m3/s -0.988 -0.016 -0.010 -0.006 -0.002 0.000
res(13) m3/s 2.057 -0.169 -0.154 -0.141 -0.128 -0.117

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,1:q

```



end

Figur 6.4 PFS-resultat för FT-system med stoppade fläktar och öppna förbigångar med 400 Pa tilluftsdontryckfall och 1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall.

Brandflödet fördelas med tvärflöde till lokal 1-4 samt inflöde till lokal 5 och 6. Störst inflöde om 0.169 m³/s har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0169 om lokaler har samma volym. Notera att brandflödet till tilluft och frånluft förhåller sig som 1:2, vilket beror på att tryckfallen för tilluft och frånluft förhåller sig som 4:1.

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 913.3 913.3 917.7 929.2 950.5 984.0
res(2) m3/s -0.076 -0.076 -0.077 -0.078 -0.080 -1.564
res(3) m3/s -0.104 -0.104 -0.105 -0.106 -0.108 3.122
res(4) m3/s -0.084 -0.084 -0.085 -0.087 -1.546 -0.081
res(5) m3/s -0.114 -0.114 -0.115 -0.117 3.145 -0.109
res(6) m3/s -0.094 -0.094 -0.095 -1.534 -0.088 -0.081
res(7) m3/s -0.126 -0.126 -0.127 3.161 -0.118 -0.109
res(8) m3/s -0.104 -0.104 -1.528 -0.096 -0.088 -0.081
res(9) m3/s -0.138 -0.138 3.169 -0.128 -0.118 -0.109
res(10) m3/s -0.115 -1.525 -0.105 -0.096 -0.088 -0.081
res(11) m3/s -0.152 3.173 -0.139 -0.128 -0.118 -0.109
res(12) m3/s -1.525 -0.115 -0.105 -0.096 -0.088 -0.081
res(13) m3/s 3.173 -0.152 -0.139 -0.128 -0.118 -0.109

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,0.1:q

      h?:w q,0,5 #,nr
|h,700,0 |-----| |h,-400,0
|o,300,50,6 913.3 Pa 1 |o,300,50,6
|tdon 6 6 fdon |fasad
|-----| |-----|
|stam -0.076 m3/s 2 -0.104 m3/s 3 |stam 0.028 m3/s
|tdon 5 5 fdon |fasad
|-----| |-----|
|stam -0.084 m3/s 4 -0.114 m3/s 5 |stam 0.030 m3/s
|tdon 4 4 fdon |fasad
|-----| |-----|
|stam -0.094 m3/s 6 -0.126 m3/s 7 |stam 0.032 m3/s
|tdon 3 3 fdon |fasad
|-----| |-----|
|stam -0.104 m3/s 8 -0.138 m3/s 9 |stam 0.034 m3/s
|tdon 2 2 fdon |fasad
|-----| |-----|
|stam -0.115 m3/s 10 -0.152 m3/s 11 |stam 0.036 m3/s
|tdon 1 1 fdon |fasad
|-----| |-----|
-1.525 m3/s 12 3.173 m3/s 13 0.302 m3/s

end

```

Figur 6.5 PFS-resultat för FT-system med stoppade fläktar och öppna förbigångar med 400 Pa tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall

Brandflödet fördelas med tvärflöde till samtliga lokaler. Störst inflöde om 0.152 m³/s har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0152 om lokaler har samma volym. Notera att brandflödet till tilluft och frånluft förhåller sig som 1:2, vilket beror på att tryckfallen för tilluft och frånluft förhåller sig som 4:1.

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 382.8 382.8 384.0 387.2 393.0 401.9
res(2) m3/s 0.053 0.053 0.052 0.052 0.050 -0.998
res(3) m3/s -0.092 -0.092 -0.093 -0.094 -0.096 1.997
res(4) m3/s 0.050 0.050 0.049 0.048 -0.993 0.049
res(5) m3/s -0.105 -0.105 -0.106 -0.108 2.024 -0.098
res(6) m3/s 0.046 0.046 0.045 -0.990 0.047 0.049
res(7) m3/s -0.119 -0.119 -0.120 2.043 -0.110 -0.098
res(8) m3/s 0.041 0.041 -0.988 0.044 0.047 0.049
res(9) m3/s -0.133 -0.133 2.053 -0.121 -0.110 -0.098
res(10) m3/s 0.035 -0.987 0.040 0.044 0.047 0.049
res(11) m3/s -0.149 2.057 -0.134 -0.121 -0.110 -0.098
res(12) m3/s -0.987 0.035 0.040 0.044 0.047 0.049
res(13) m3/s 2.057 -0.149 -0.134 -0.121 -0.110 -0.098

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,1:q

      h?:w q,0,5 #,nr
      |h,700,0 |-----| |h,-400,0
      |o,300,200,6 382.8 Pa 1 |o,300,50,6
      |tdon 6 6 fdon |fasad
      |-----| |-----|
      |stam 0.053 m3/s 2 -0.092 m3/s 3 |stam 0.145 m3/s
      |tdon 5 5 fdon |fasad
      |-----| |-----|
      |stam 0.050 m3/s 4 -0.105 m3/s 5 |stam 0.155 m3/s
      |tdon 4 4 fdon |fasad
      |-----| |-----|
      |stam 0.046 m3/s 6 -0.119 m3/s 7 |stam 0.164 m3/s
      |tdon 3 3 fdon |fasad
      |-----| |-----|
      |stam 0.041 m3/s 8 -0.133 m3/s 9 |stam 0.174 m3/s
      |tdon 2 2 fdon |fasad
      |-----| |-----|
      |stam 0.035 m3/s 10 -0.149 m3/s 11 |stam 0.184 m3/s
      |tdon 1 1 fdon |fasad
      |-----| |-----|
      |-0.987 m3/s 12 2.057 m3/s 13 |1.956 m3/s

end

```

Figur 6.6 PFS-resultat för FT-system med stoppade fläktar och öppna förbigångar med 400 Pa tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall.

Brandflödet fördelas med inflöde till samtliga lokaler. Störst inflöde om 0.184 m³/s har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0184 om lokaler har samma volym. Detta fall har symmetriskt anpassad utluftning med tryckfall 200 Pa över tilluftsdelens mot 50 Pa över frånluftsdelens. Brandgasspridningen här är något större än fallet utan anpassning i Figur 6.4. Detta beror på att den anpassade utluftningen stryper ner utflödet på tilluftsdelens.

```

table 6 6 1 2
pro(1) nr - 1 2 3 4 5 6
res(1) Pa 917.9 917.9 922.3 933.8 955.0 988.3
res(2) m3/s 0.064 0.064 0.062 0.058 0.049 -1.562
res(3) m3/s 0.029 0.029 0.027 0.023 0.014 3.124
res(4) m3/s 0.037 0.037 0.034 0.023 -1.544 0.012
res(5) m3/s 0.000 0.000 -0.003 -0.014 3.147 -0.024
res(6) m3/s -0.024 -0.024 -0.028 -1.532 -0.011 0.012
res(7) m3/s -0.063 -0.063 -0.066 3.163 -0.049 -0.024
res(8) m3/s -0.052 -0.052 -1.525 -0.035 -0.011 0.012
res(9) m3/s -0.092 -0.092 3.171 -0.074 -0.049 -0.024
res(10) m3/s -0.072 -1.522 -0.054 -0.035 -0.011 0.012
res(11) m3/s -0.114 3.175 -0.095 -0.074 -0.048 -0.024
res(12) m3/s -1.522 -0.072 -0.054 -0.035 -0.011 0.012
res(13) m3/s 3.175 -0.114 -0.095 -0.074 -0.048 -0.024

begin
control trix=2
set stam=t,5,5 tdon=t?1:qw fdon=t?1:qw fasad=t,100,0.1:q

      h?:w q,0,5 #,nr
      |h,700,0 |h,-400,0
      |o,300,200,6 917.9 Pa 1 |o,300,50,6
      |tdon 6 6 fdon |fasad
      |stam 0.064 m3/s 2 0.029 m3/s 3 |stam 0.035 m3/s
      |tdon 5 5 fdon |fasad
      |stam 0.037 m3/s 4 0.000 m3/s 5 |stam 0.037 m3/s
      |tdon 4 4 fdon |fasad
      |stam -0.024 m3/s 6 -0.063 m3/s 7 |stam 0.039 m3/s
      |tdon 3 3 fdon |fasad
      |stam -0.052 m3/s 8 -0.092 m3/s 9 |stam 0.040 m3/s
      |tdon 2 2 fdon |fasad
      |stam -0.072 m3/s 10 -0.114 m3/s 11 |stam 0.042 m3/s
      |tdon 1 1 fdon |fasad
      | -1.522 m3/s 12 3.175 m3/s 13 | 0.303 m3/s

end

```

Figur 6.7 PFS-resultat för FT-system med stoppade fläktar och öppna förbigångar med 400 Pa tilluftsdontryckfall och 0.1 m³/s läckflöde vid 100 Pa tryckskillnad för sex brandfall.

Brandflödet fördelas med tvärströmning från frånluft till tilluft för lokal 1-4 för brandfall 1-5, med tvärflyde från tilluft till frånluft för lokal 5-6 för brandfall 1-5 samt med inflöde för alla lokaler för brandfall 6. Störst inflöde om 0.114 m³/s har lokal 1 och 2 vid brand i lokal 2 respektive 1. Brandflödet är 5 m³/s och med volymandelen 0.5 blir utspädningen 0.0114 om lokaler har samma volym. Detta är lägre utspädning än för fallet utan anpassad utluftning i Figur 6.5.

Resultatet för sämsta fall sammanställs i Tabell 6.2 nedan, där ett positivt tilluftsflöde innebär brandgaspridning och ett negativt frånluftsflöde samma sak. Utspädningen u beräknas för brandflödet $5 \text{ m}^3/\text{s}$ och volymandelen 0.5, vilket medför att inflödet multiplicerat med $(0.5/5)$ är lika med utspädningen och under förutsättning att alla lokaler är lika stora.

Tabell 6.2 Utspädning för sämsta lokal för utluftning

Figur	brandfall	lokal	tilluftsflöde m^3/s	frånluftsflöde m^3/s	utspädning u -
6.2	1	2	0.091	-0.091	0.0182
6.3	1	2	0.017	-0.017	0.0034
6.4	1	2	-0.016	-0.169	0.0169
6.5	1	2	-0.115	-0.152	0.0152
6.6	1	2	0.035	-0.149	0.0184
6.7	1	2	-0.072	-0.114	0.0114

En kommentar till brandtrycket för de sex brandfallen och de sex varianterna enligt Tabell 6.2 är att brandtrycket kan uppskattas genom att anta att utströmning sker till omgivningen med nolltryck utan för fasad, tilluftsgren och frånluftsgren. Det finns fyra fall vars tre motstånd kan summeras till flödet 3.0, 2.1, 2.5 och $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ vid tryckfall 100 Pa. Tryckfallet 400 Pa vis $1 \text{ m}^3/\text{s}$ motsvarar 100 Pa vis $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Brandflödet $5 \text{ m}^3/\text{s}$ resulterar i brandtrycken 278, 567, 400 respektive 976 Pa. Detta kan jämföras med beräknade brandtryck redovisade i Figur 6.2-5 som omkring 270, 540, 390 respektive 950 Pa, vilka ligger nära de uppskattade brandtrycken.

En andra kommentar är att tryckfallet för de två förbigångarna är 50 Pa vid $6 \text{ m}^3/\text{s}$. En jämförelse med 5:1 innebär att förbigångstryckfallet skall räknas om till det nominella lokalflödet $1 \text{ m}^3/\text{s}$, vilket ger ett förbigångstryckfall mindre än 2 Pa ($50/6^2$). Tryckfallsförhållande för lokal 6 är därför 72:1. Samma beräkning för lokal 1 eller 2 och med eget grentryckfallet om 89 Pa vid nominellt flöde samt omräknat stamtryckfall för fyra lika stamsträckor till 0.8 Pa ($4 \cdot 5/5^2$), vilket ger avrundat 40:1 ($89/(0.8+(50/6^2))$). Fallet med den anpassade utluftningen med tryckfall 200 Pa ger tryckfallsförhållande 18:1 för lokal 6 och 10:1 för lokal 1 och 2.

En tredje kommentar är att beräkningarna har skett kallt utan hänsyn till termiska stigkrafter.

7 Sammanfattning och slutsatser

Avsikten med denna arbetsrapport har varit att undersöka vad nya bestämmelser för skydd mot brandgasspridning innebär för möjligheter för nya lösningar. Det nya kravet är att brandgaser skall spädas ut en faktor 100. Detta är ett enkelt, robust och användbart krav.

Det tidigare absoluta kravet att förhindra brandgasspridning för fallet med fläktar i drift blockerade för andra lösningar med en begränsad brandgasspridning. Det fanns ingen enkel gräns för hur mycket brandgasspridning som skulle kunna tillåtas. Ett förslag till en metod för att dimensionera för en tillåten brandgasspridning redovisades ursprungligen i arbetsrapporten TVIT--07/7010 och en vidareutveckling av metoden i arbetsrapporten TVIT--09/7040. Kolmonoxidförgiftning behandlas särskilt i tre arbetsrapporter TVIT—07/7014, TVIT—08/7025 och TVIT—09/7039. Den förslagna metoden hade förenklats tre osäkra delar, brandgasernas sammansättning, spridningen eller utspädningen och brandgasernas farlighet med avseende på nivå, dos, sikt och temperatur.

Utspädning

Det nya kravet gäller enbart spridningen eller utspädningen, vilket är en stor förenkling. Utspädning av brandgaser med en faktor 100 har använts tidigare och då för att kunna klara av att utrymma en byggnad.

Utspädningen kan för ett givet fall beräknas eller skattas genom att bestämma hur mycket brandgaser som sprids totalt (volymandel), hur stor andel som sprids till tilluftssystemet (spridningsandel), hur stor del av det förorenade tilluftsflödet som går till en viss lokal (flödesandel) samt förhållandet mellan brandutsatt lokals volym och spridningsutsatt lokals volym. Flödesandelen är ett om hela flödet går till en enda lokal eller till ett antal lokaler med samma luftomsättningstid eller samma kvot mellan volym och luftflöde för varje enskild lokal.

Spridningsandel

Spridningsandelen har behandlats i avsnitt 2. Tryckavlastning från separat köksfläkt och spillvattensystem kan minska spridningsandelen något. Något som också minskar spridningsandelen betydligt är variabla tilluftsdon och textildon jämfört med fast injusterade tilluftsdon. Egna mätningar av flödet i backriktningen för ett textildon med ett nominellt luftflöde om 20 l/s vid 90 Pa tryckskillnad resulterade i ett mer eller mindre konstant flöde om 4 l/s oberoende av tryckskillnaden.

Spridningsandelen är en funktion av egenskaper för tilluftssystemet, frånluftssystemet och lufttäthet. Spridningsandelen avtar med ökande otäthet hos lokalen. Utvecklingen går idag mot allt tätare byggnader. Detta medför att spridningsandelen ökar och för ett fall utan läckage och med samma tryckfall för tilluftsdon och frånluftsdon blir spridningsandelen 0.5 för små brandflöden och med måttliga brandtryck. Något som kan minska spridningsandelen är att brandtrycket blir högre än vad vissa konstruktioner klarar av.

Högre tryckfall över tilluftsdon än frånluftsdon kan minska spridningsandelen betydligt. Fyra exempel på detta redovisas sist i avsnitt 4 med isodiagram för spridningsandel och samtidigt brandtryck för olika nominellt läckage och brandflöde. Brandtrycket blir mycket högt för måttliga brandflöden och god lufttäthet.

Volymandel

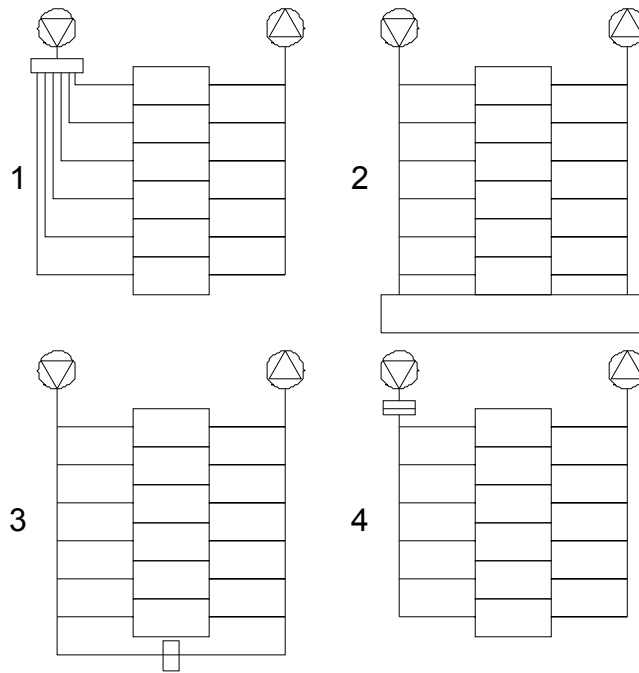
Hur stor del av en brandutsatt lokals luftvolymer eller luftmassa som sprids totalt sett, kan skattas genom att bestämma vid vilken temperatur som spridningen börjar och slutar. Något som kan påverka den volymandel som sprids är hur lokalen ventileras med enbart takplacerade luftdon eller golvplacerade tilluftsdon, vilket påverkar brandförloppet något.

Beräkningar med en tvåzonsmodell och t^2 -bränder visar den förorenade volymandelen blir mycket mindre och rent av noll för en lokal med golvplacerade tilluftsdon. Det som inträffar i en del fall är att branden kvävs innan den når ner till det golvplacerade donet. Beräkningar har skett som funktion av brandtillväxthastighet och golvyta samt några olika rumshöjder och olika avbrottsgränser för syrebrist. Volymandelen för en lokal med golvdon är betydligt mindre än för en lokal med enbart takdon. Volymandelen avtar med golvyta och brandtillväxthastighet, vilket kanske är något oväntat. Högst volymandel fås därför för små lokaler med långsamma bränder.

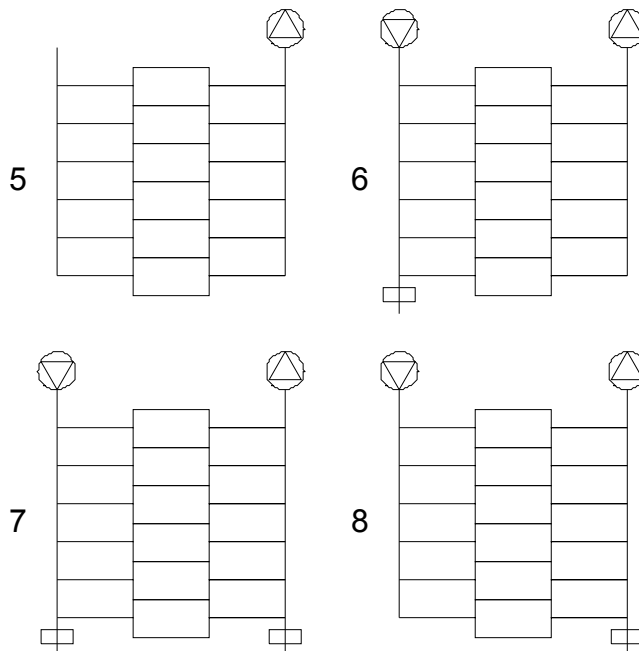
Utspädning för olika skyddsåtgärder

En byggnad med FT-system och sex lokaler med samma ventilationsflöde har beskrivits förenklat med enbart kvadratiska tryckfall och utan några termiska effekter. Åtta åtgärder undersöks i avsnitt 4. Konvertering och utluftning behandlas i avsnitt 5 respektive 6. De åtta åtgärdsfallen har inte utformats för att uppnå en viss utspädning utan bara för att demonstrera effekten av en viss åtgärd. Det åtta åtgärdsfallen redovisas i Figur 7.1 och 7.2.

Fyra fall 1-4 bygger på att till tilluftssystemet inträngande brandgaser fördelas till ett stort antal lokaler. Utspädningen i ett grenat kanalsystem avtar ju längre ut i kanalsystemet som brandgasspridning sker. Något som ger lika utspädning är att ersätta det grenade kanalsystemet med en fördelningslåda, vilket är en enkel, robust och välkänd metod. Ett alternativ till en fördelningslåda kan vara att ansluta en fördelningslokal med ett stort ventilationsbehov och med ett lägre utspädningskrav allra ytterst i kanalsystemet. Brand i fördelningslokalen kan kräva brandgasspjäll. En fiktiv fördelningslokal är att koppla samman tilluftssystemet ytterst med frånluftssystemet ytterst. Detta ökar utspädningen för de yttersta och mest kritiska lokalerna. Fall 4 är ett stoppat T-system, vilket gör hela tilluftskanalsystemet till en fördelningslåda.



Figur 7.1 Princip för fördelnings-låda, -lokal, -kanal och stoppat T-system (fall 1-4).



Figur 7.2 Princip för tryckavlastat T-system och olika avlastning av FT-system (fall 5-8).

En annan princip för att öka utspädningen är att öka och att omfördela ventilationsflödena, vilket visas för fyra fall 5-8 i Figur 7.2. Risken med brandgasspridning är störst ytterst i ett grenat kanalsystem. Ett sätt att åtgärda risken ytterst är att öka flödet ytterst i det grenade kanalsystemet genom avlastning av kanalsystemet ytterst mot det fria. Resultatet är att de normala tilluftsflödena minskar samtidigt som totalflödet för T-systemet ökar något. En annan åtgärd är avlastning av F-system som även den minskar de normala ventilationsflödena något och ökar totalflödet.

De olika fallen är inte direkt jämförbara, men utspädningen var bättre än 0.02 för tre fall, sammankoppling av T- och F-system ytterst, avlastning av T-system och avlastning av både T- och F-system. Volymandelen antogs vara 0.5. Utspädning under 0.01 fås med en volymandel under 0.25, vilket kan fås för många brandfall med golvplacerade tilluftsdon.

Konvertering och utluftning

Konvertering har undersökts för sex fall, vilka är kombinationer av olika lufttäthet, symmetrisk och asymmetrisk konvertering. Tvärströmning inträffade för två fall med hög lufttäthet och fyra gånger högre tilluftsdontryckfall än frånluftsdontryckfall. Utspädningen blev bättre än 0.01. Ingen tvärströmning inträffade när den brandutsatta lokalen tryckavlastades.

Utluftning med stoppade fläktar och öppna förbigångar testades för samma fall som för konvertering. Resultatet blev brandgasspridning med tvärströmning i tre fall och med inflöden i tre fall. Utspädning är dock bättre än 0.02 i samtliga fall. Ett viktig påpekande är att beräkningarna genomfördes som kalla med samma temperatur över allt.

Fortsatt forskning

De två viktigaste parametrarna för att kunna beräkna utspädningen är volymandelen och spridningsandelen.

Volymandelen för förorenade brandgaser har här beräknats med en enkel tvåzonsmodell och för t^2 -bränder och med en enkel avbrottsgräns för syrebrist. Golvplacerade tilluftsdon resulterade i mycket lägre värden för volymandel än för enbart takplacerade luftdon. Volymandelen kunde för många brandfall bli noll. Branden kvävdes innan brandgaslagret nått ner till tilluftsdonen. Det krävs genomräkning med andra datorprogram, geometrier och bränder för att bestämma volymandelen och jämföra med de här redovisade resultaten.

Spridningsandelen beror bland annat på lokalens lufttäthet. Det finns idag en strävan att bygga allt tätare byggnader. Detta medför att spridningsandelen kommer att öka, vilket minskar utspädningen. Det finns därför ett behov av att praktiskt bestämma lufttätheten gärna vid höga övertryck för nya byggnader. En förenklad provtryckning är att använda ventilationssystemet genom att mäta tilluftsflöde till en lokal och dess övertryck vid avstängd frånluft. Detta ger ett värde på lufttätheten. Något som också brister kunskap om yttre och inre läckage. Inre läckage mellan två lokaler kan vara mer riskfyllt än brandgasspridning via ventilationssystemet.