



LUND UNIVERSITY

Princip för konvertering av FT-system

Jensen, Lars

2008

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, L. (2008). *Princip för konvertering av FT-system*. (TVIT; Vol. TVIT-7028). 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

Princip för konvertering av FT-system

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2008
Rapport TVIT-08/7028



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.

Princip för konvertering av FT-system

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2008
ISRN LUTVDG/TVIT--08/7028--SE(32)

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

Innehållsförteckning

1	Inledning och frågor	5
2	Dimensionerande begränsningar	7
	Högsta mottryck för dörröppning	7
	Högsta medtryck för dörröppning	7
	Vindpåverkan	8
	Termisk påverkan	9
	Sammansatt påverkan	9
3	Test av konstant konverteringstryck	11
	Drift utan brand	11
	Gränsfall för brandgasspridning	15
	Konverteringsflöde vid brand	18
4	Utspädning vid brandgasspridning	23
5	Avslutning och svar	29

1 Inledning

Konvertering av FT-system till F-system är en åtgärd med syfte att förhindra brandgasspridning via ventilationskanalsystem. Detta innebär att hela byggnaden undertrycksätts, men brandgasspridning förhindras inte via andra spridningsvägar skilda från ventilationskanalsystem. Brandens brandflöde skapar ett övertryck i förhållande till resten av byggnaden. Detta innebär att läckage från det brandutsatta rummet sker lättare till resten av byggnaden än till omgivningen.

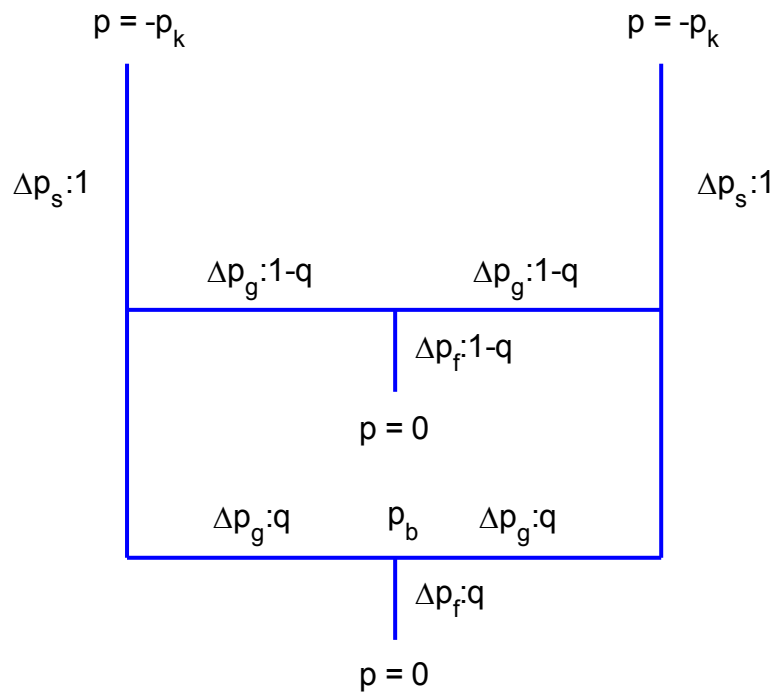
Syftet med denna arbetsrapport är att undersöka om konvertering av FT-system kan ske med ett konstant temperaturoberoende och flödesoberoende undertryck där tilluftkanalsystemet sammankopplas med frånluftskanalsystemet och att besvara följande frågor:

- Vilket undertryck kan tillåtas för att kunna öppna dörrar för att utrymma?
- Hur påverkas förutsättningar för konvertering av vind?
- Hur påverkas förutsättningar för konvertering av temperaturskillnad inne-ute?
- Vilket luftflöde krävs som minst för ett givet undertryck?
- Vilket luftflöde krävs som mest för ett givet undertryck?
- Vilken temperatur kan fläkten utsättas för innan brandrummet tryckavlastas?
- Vilken temperatur kan fläkten utsättas för efter brandrummet tryckavlastas?
- Vilken tryckstegring krävs för fläkten?
- Kan den befintliga frånluftsfälkten användas?
- Vad blir utspädningen av brandgaser vid tvärströmning?
- Finns det byggnadsfall där konvertering inte är en bra skyddsåtgärd?
- Kräver brandgasspridning orimligt högt brandtryck och brandflöde?

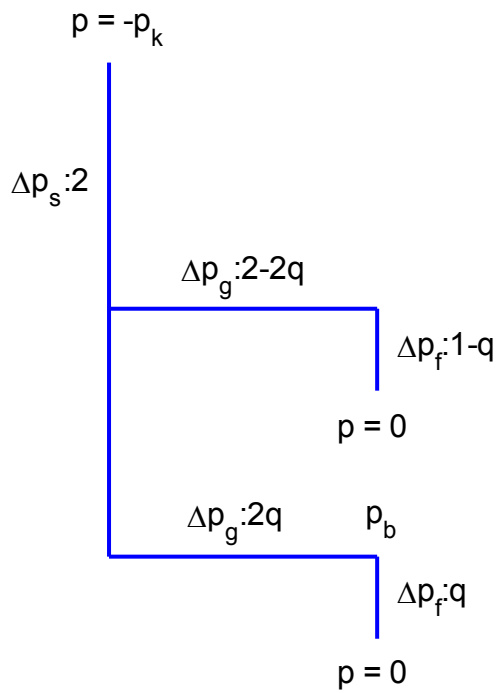
Syftet med denna arbetsrapport var att den skulle ha skrivits någon gång under 2008, men har nu skrivits under 2011. Förutsättningarna för konvertering har ändrats betydligt, eftersom brandgasspridning tillåts i begränsad omfattning. Kravet är att brandgaser skall spädas ut en faktor 100 för lokaler med sovande och en faktor 20 för övriga lokaler. Detta innebär att tvärströmning mellan tillufts- och frånluftskanalsystem som kan inträffa vid konvertering inte längre behöver förhindras helt och hållet. Några exempel på beräkning av utspädning vid konvertering av FT-system till F-system med tvärströmning redovisas i en arbetsrapport TVIT—10/7056.

Arbetsrapporten här behandlar först dimensionerande begränsningar i avsnitt 2, därefter undersökning av principen med konstant undertryck i avsnitt 3, kartläggning av brandgasspridning och dess utspädning i avsnitt 4 samt en sammanfattning i avsnitt 5.

En ytterst enkel modell för byggnad med konverterat ventilationssystem används för alla beräkningar. Modellen är symmetrisk och redovisas i Figur 1.1, där notationen tryckfall:flöde anger olika strömningsmotstånd. Modellen i Figur 1.1 kan på grund av symmetrin förenklas till den ekvivalenta modell som redovisas i Figur 1.2.



Figur 1.1 Symmetrisk modell för byggnad och konverterat FT-system.



Figur 1.2 Förenklad modell för byggnad och konverterat FT-system för modell i Figur 1.1.

2 Dimensionerande begränsningar

Detta avsnitt behandlar vad som kan begränsa konvertering. Det gäller att kunna öppna dörrar för att kunna utrymma. Yttre faktorer som vind kan skapa stora tryckskillnader mellan olika fasader på en byggnad. Temperaturskillnaden mellan inne och ute ger upphov till stora tryckskillnader i vertikalled i en byggnad.

Det finns en ofta nämnd siffra om 133 N för den högsta kraft som krävs för att kunna öppna en dörr. Denna något udda siffra kan förklaras med att den har räknas om från sorten pound-force. Ett pound har vikten 0.453 kg och omräkning av 30 pound med jordaccelerationen 9.81 m/s^2 till SI-enheter ger 133 N.

Högsta mottryck för dörröppning

Högsta mottryck över en dörr som skall öppnas med kraften 133 N kan uppskattas genom att räkna av 53 N för friktion och den resterande delen 80 N räcker för att balansera tryckskillnaden på 80 Pa för en dörr med ytan 2 m^2 . Tryckkraften 160 N verkar i dörrens mittpunkt och öppningskraften 80 N som angriper i dörrens kant har en hävstångsfaktor om 2.

Högsta medtryck för dörröppning

Medtrycket innebär att endast olika friktionskrafter skall övervinnas och däribland att flytta låskolven under sidobelastning orsakad av själva medtrycket. Hur stora medtryck som kan tillåtas för att kunna öppna en dörr under medtryck kan analyseras som följer.

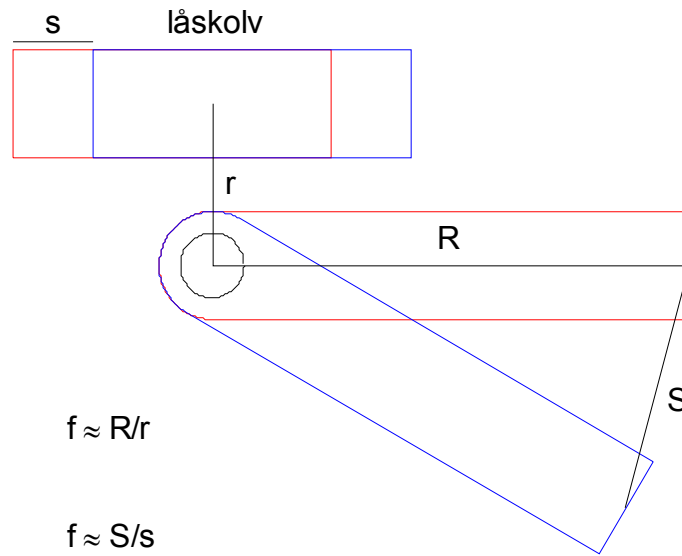
Antag att dörrvredets hävstångsförhållande till låskolven är f omkring 3, att låskolvens friktionsfaktor är $\mu < 1$, dörrytan är $A \text{ m}^2$ och tryckskillnaden över dörren är Δp . Hur hävstångsfaktorn f kan skattas visas i Figur 2.1. Kravet för att kunna föra bort den belastade låskolven är följande:

$$F f > \mu A \Delta p / 2 \quad (\text{N}) \quad (2.1)$$

Omskrivning ger:

$$\Delta p < 2 F f / \mu A \quad (\text{Pa}) \quad (2.2)$$

Ett sifferexempel är följande med öppningskraft 100 N med avdrag 33 N för en dörrvredets återställningsfjäder, dörryta 2 m^2 , hävstångsfaktor 3, en hög friktionsfaktor 1, vilket ger en tillåten tryckskillnad på 300 Pa. Om friktionsfaktorn minskas till 0.3 fås en tillåten tryckskillnad på 1000 Pa. Slutsatsen är att öppna en dörr med övertryck mot undertryck kan ske vid mycket stora tryckskillnader. Friktionsfaktorn är dock något svårbedömd.



Figur 2.1 Skattning av hävstångsfaktor f för dörrvred som $f \approx R/r$ eller $f \approx S/s$.

Hävstångsfaktorn har för en låsbar kontorsdörr kan uppskattas till 3.2 med dörrvredets längsta avstånd till vridcentrum på 96 mm och låskolvens vinkelräta medelavstånd till vridcentrum på 30 mm. Ett alternativt sätt är att mäta låskolvens slaglängd 14 mm och dito för dörrvredets ytterände 49 mm, vilket ger faktorn 2.8.

Vindpåverkan

Vind kan skapa betydande tryckskillnader runt en byggnad. En vindhastighet på 10 m/s har ett dynamiskt tryck på 60 Pa. Formfaktorer är i lovart och i lä är i regel större än 0.5 respektive mindre än -0.5, vilket innebär att övertrycket på lovartsidan av en byggnad och undertrycket på läsidan av en byggnad blir högre än 30 Pa respektive lägre än -30 Pa för vindhastigheten 10 m/s. En fördubblad vindhastighet till 20 m/s har ett dynamiskt tryck om 240 Pa och resulterar minst 120 Pa övertryck och minst 120 Pa undertryck kring en byggnad. Övertrycket på lovartsidan p_+ och undertrycket på läsidan p_- kan med motsvarande formfaktorer $f_+ > 0$ respektive $f_- < 0$ beräknas enligt följande två uttryck där den fria vindens hastigheten är v och luftens densitet är ρ .

$$p_+ = f_+ \rho v^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad (2.3)$$

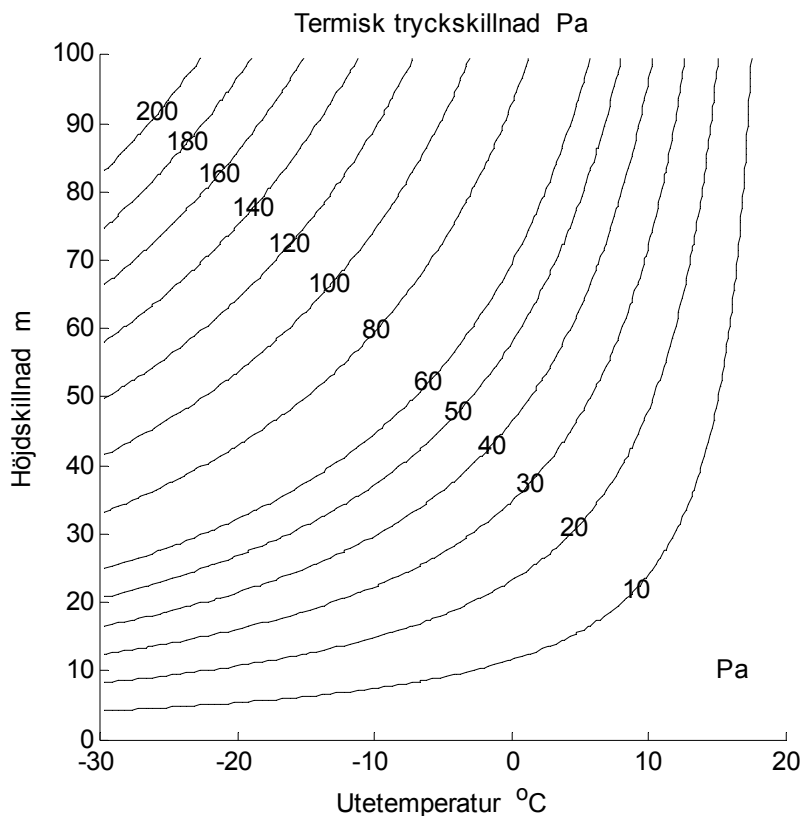
$$p_- = f_- \rho v^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad (2.4)$$

Termisk påverkan

Skillnaden mellan inne- och utetemperatur skapar en vertikal termisk tryckskillnad, vilken kan beräknas med densitetsskillnaden mellan uteluft och inneluft $\Delta\rho$ och jordaccelerationen g enligt (2.5) nedan. Den termiska gradienten dp/dz är 1 Pa/m för en innetemperatur på 20 °C och en utetemperatur på -3 °C.

$$dp/dz = \Delta\rho g \quad (\text{Pa/m}) \quad (2.5)$$

Hur stora tryckskillnader som kan uppstå i vertikalled i en byggnad med mer eller stillastående luft kan läsas av ur nedanstående isodiagram som funktion av utetemperatur och höjdskillnad. Innetemperaturen är satt till 20 °C.



Figur 2.2 Vertikal termisk tryckskillnad som funktion av utetemperatur och höjdskillnad.

Sammanfattning påverkan

Hur undertrycket i en byggnad skall vara vid konvertering redovisas i Figur 2.3. Undertrycket i en byggnad med konverterat FT-system måste vara lägre än undertrycket utanför byggnaden. Detta innebär att för utemperaturer lägre än inne skall undertrycket överst i byggnaden vara lika med eller lägre än undertrycket ute. Undertrycket inne och nederst blir därför ännu lägre än ute. Den största tryckskillnaden mellan inne och ute fås nederst i byggnaden mot lovertsidan. Vindtrycken för olika fasader antas vara mer eller mindre oberoende av höjden.

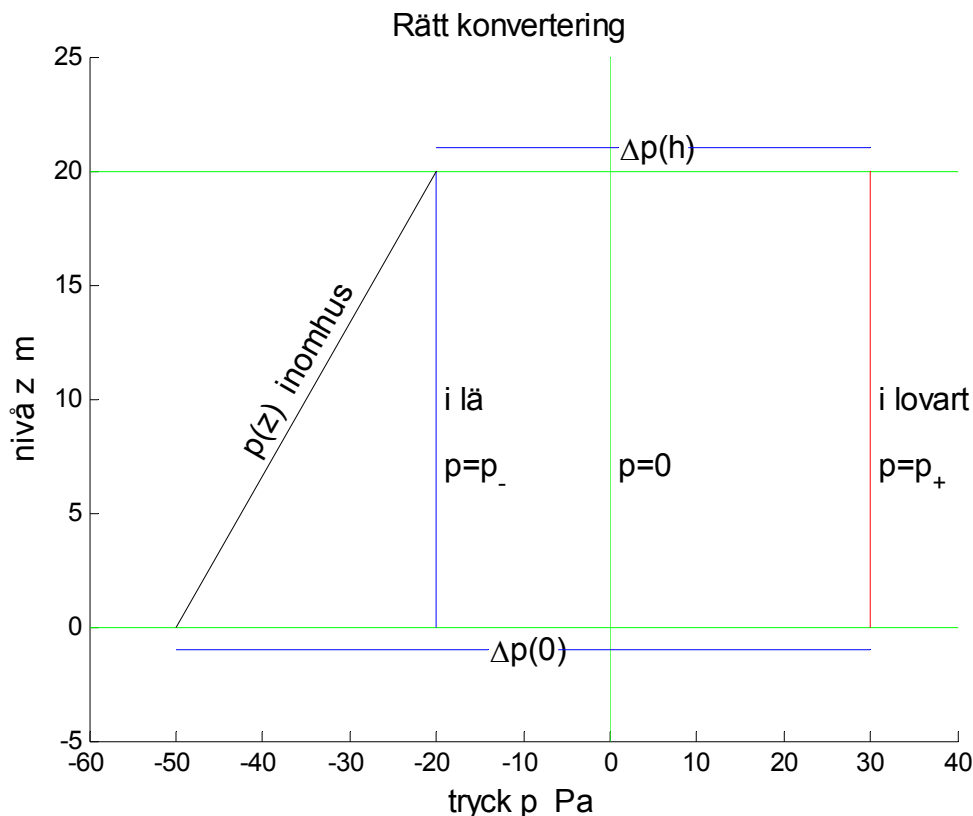
Den dimensionerande tryckskillnaden mellan högsta övertryck utanför en byggnad och lägsta undertryck i en byggnad, som inte skall överstiga 80 Pa för utåtsläende dörrar, kan skrivas som:

$$\Delta p_{max} = (f_+ - f_-) \rho v^2 / 2 + \Delta \rho g h \quad (\text{Pa}) \quad (2.6)$$

Ett sifferexempel för vindhastigheten 10 m/s med dynamiskt tryck 60 Pa, formfaktorer 0.5 och -0.5, termisk gradient $\Delta \rho g = 1 \text{ Pa/m}$ och en byggnadshöjd om 30 m ger största tryckskillnad Δp_{max} 90 Pa, vilket överstiger gränsen 80 Pa för dörrblad om 2 m².

Om undertrycket i en byggnad vid konvertering är högre än undertrycket utanför vissa delar av byggnaden vid vindpåverkan finns det risk för brandgasspridning genom ventilationskanal-systemet till delar av byggnaden med otillräckligt undertryck. Detta gäller särskilt om ett fönster eller en dörr öppnas på läsidan av en byggnad.

Slutsatsen är att konvertering kan vara svårt att tillämpa i byggnader med utåtsläende dörrar, om det inte finns slussar, möjlighet till tryckavlastning genom att öppna ett inåtsläende fönster eller att utrymning kan ske via fasader med mindre tryckutsatta dörrar. Både vindpåverkan, termisk påverkan och byggnadens höjd begränsar möjligheterna för att använda konvertering enligt uttryck (2.6).



Figur 2.3 Tryck i och utanför byggnad vid rätt konvertering, vind- och termisk påverkan.

3 Test av konstant konverteringstryck

En enkel princip för undertrycket före konverteringsfläkten p_k är att sätta detta till 80 Pa. Detta innebär att samtliga undertryck i byggnaden inte kan vara lägre och därmed kan kravet på högsta tillåtna tryckskillnad över en godtycklig dörr vara uppfyllt. Principen undersöks för ett fall utan brand, för gränsfallet och för hur konverteringsflödet kan bestämmas.

Drift utan brand

Undertrycket i byggnaden och konverteringsfläktens dimensionerande flöde kan skattas med enkla modeller som i Figur 1.1-2 med ett normaliserat totalflöde. Antag att byggnadens fasadens nominella tryckfall är Δp_f och att både T- och F-kanalsystem med luftdon är symmetriska med samma stamkanaltryckfall Δp_s och grenkanaltryckfall Δp_g för samma totalflöde q_t . Alla tryckförluster antas vara kvadratiska i flödet. Det minsta konverteringsflödet utan någon brand kan beräknas som följer:

$$q_{kmin} = q_t (p_k / (\Delta p_f + \Delta p_g / 4 + \Delta p_s / 4))^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.1)$$

Om fasaden är mycket otät eller om många fönster är öppna ($\Delta p_f = 0$), kommer det största konverteringsflödet att bestämmas helt av det dubbla ventilationskanalsystemet som följer:

$$q_{kmax} = q_t (p_k / (\Delta p_s / 4 + \Delta p_g / 4))^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.2)$$

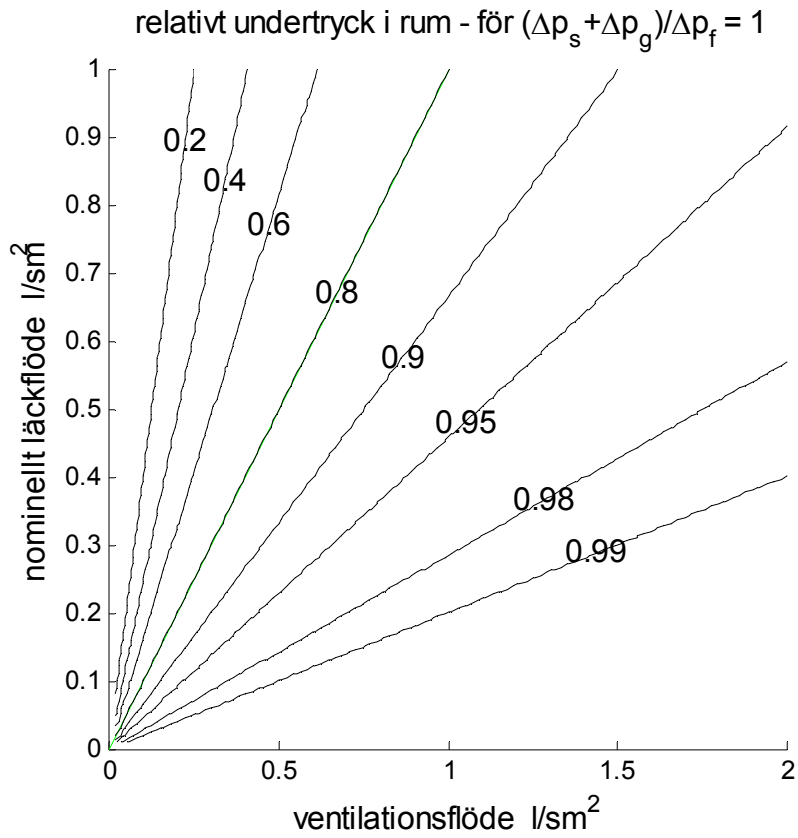
Undertrycket i en byggnad vid konvertering p_i kan beräknas enkelt genom att tryckfallet över fasad och de dubbla kanalsystemen är Δp_f respektive $\Delta p_g / 4 + \Delta p_s / 4$, vilket ger uttrycket (3.3). Undertrycket i en byggnad skall vara lägre än lägsta undertryck utanför byggnaden. Detta krav kan skrivas som (3.4).

$$p_i = - p_k / (1 + \Delta p_g / 4 \Delta p_f + \Delta p_s / 4 \Delta p_f) \quad (\text{Pa}) \quad (3.3)$$

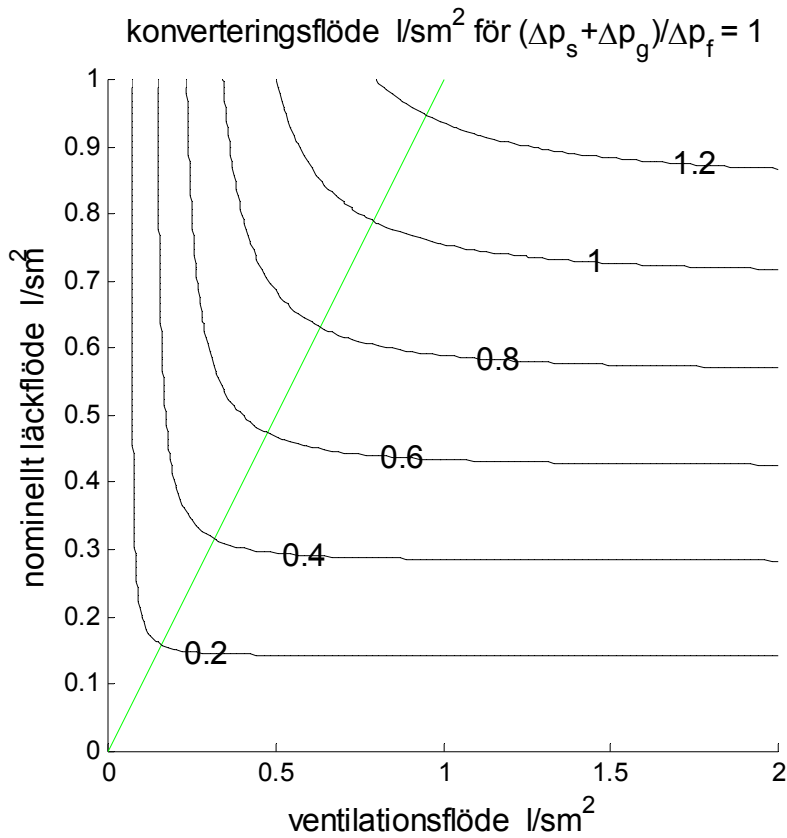
$$p_i < f \cdot \rho v^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad (3.4)$$

Hur undertrycket och konverteringsflödet varierar för olika kanalsystems och fasaders tryckfall kan beräknas för några fall med givet konverteringsundertryck 100 Pa, fasadtryckfall 50 Pa för ett givet nominellt läckflöde per m^2 golvyta med sorten l/sm^2 och tre kanalsystemtryckfall $\Delta p_s + \Delta p_g$ 50, 100 och 200 Pa för ett specifikt ventilationsflöde med sorten l/sm^2 golvyta. Relativt undertryck i byggnaden och konverteringsflöde med sorten l/sm^2 golvyta redovisas parvis i Figur 3.1-6. Formlerna (3.1-3) gäller bara för samma flöde för fasad och kanalsystem.

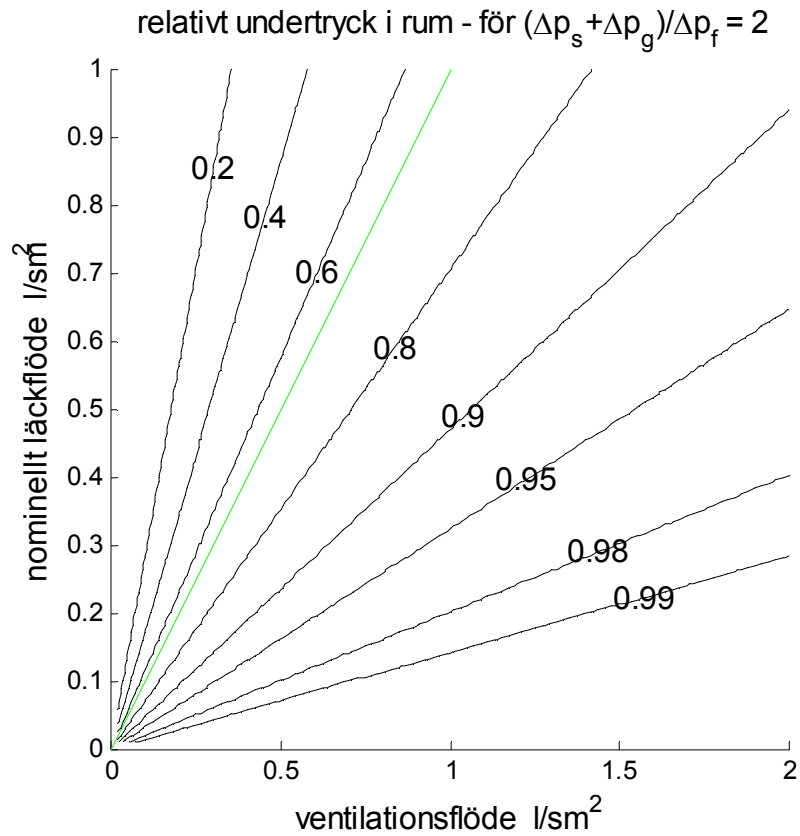
Omräkning av läckflöde och ventilationsflöde till specifiktflöde l/sm^2 golvyta gör det möjligt att undersöka alla typer av ventilerade byggnader. Läckflödet anges normalt per m^2 omslutande yta, vilken kan är omkring hälften av golvytan för många byggnadsfall. Detta är fallet för en stor byggnad med bredden 12 m och våningshöjden 3 m.



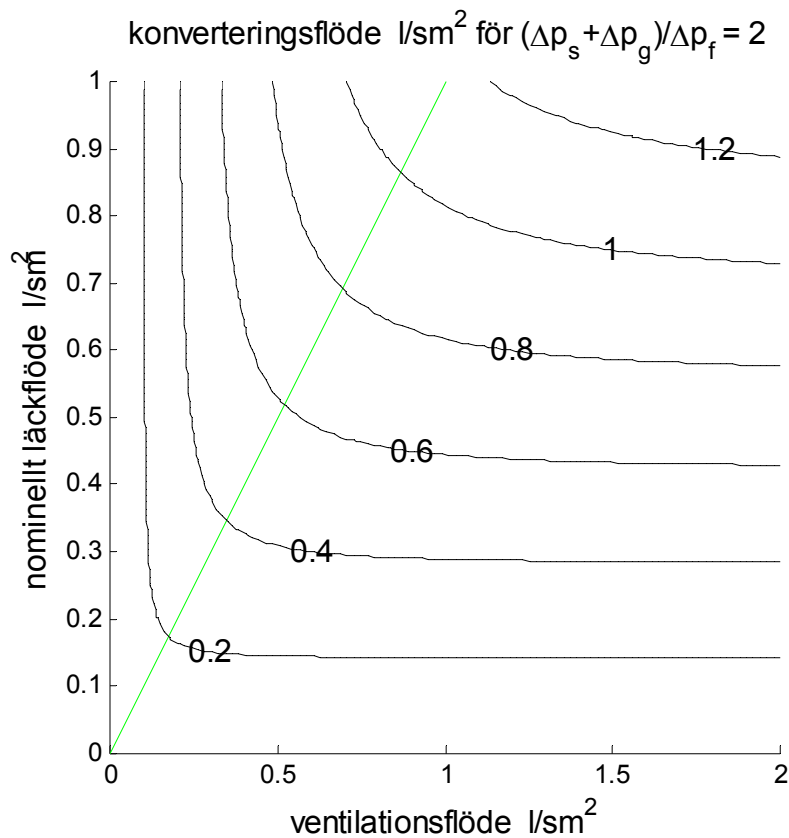
Figur 3.1 Relativt undertryck för läckflöde och ventilationsflöde med $(\Delta p_s + \Delta p_g) / \Delta p_f = 1$.



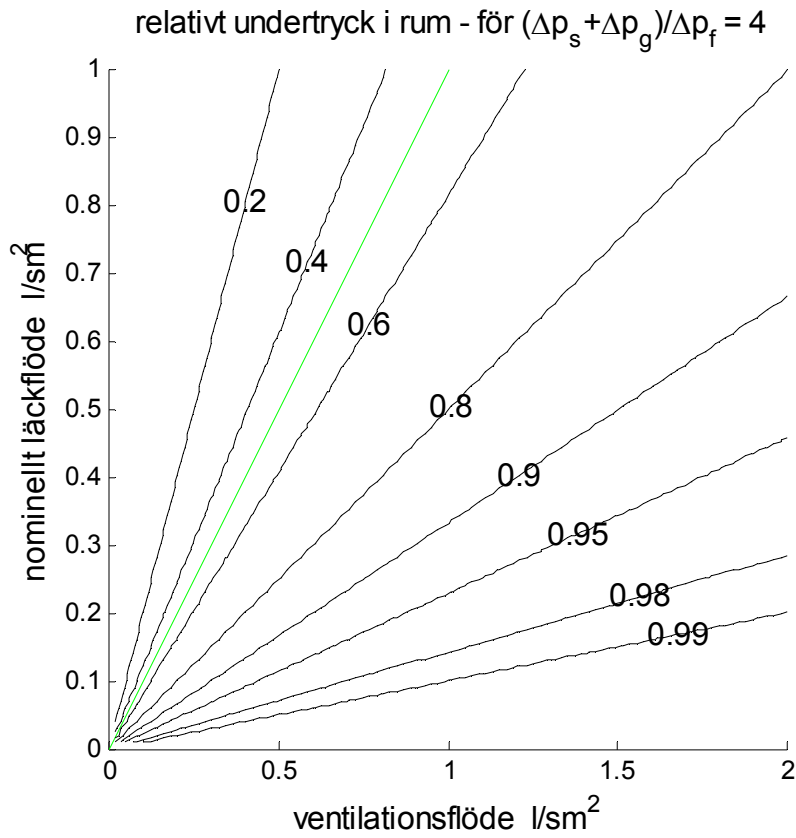
Figur 3.2 Konverteringsflöde för läckflöde och ventilationsflöde med $(\Delta p_s + \Delta p_g) / \Delta p_f = 1$.



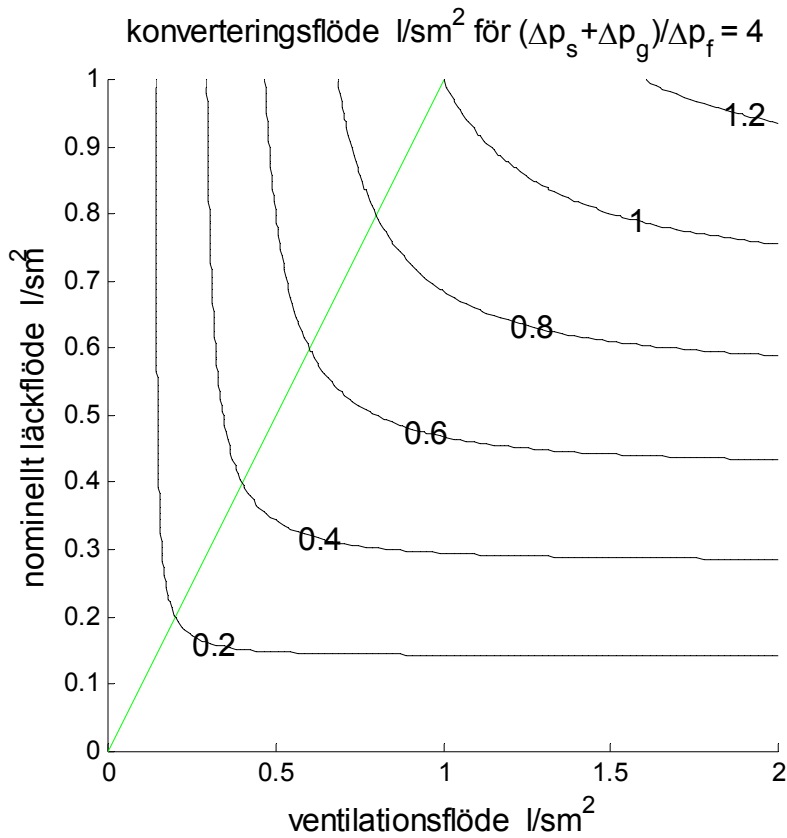
Figur 3.3 Relativt undertryck för läckflöde och ventilationsflöde med $(\Delta p_s + \Delta p_g) / \Delta p_f = 2$.



Figur 3.4 Konverteringsflöde för läckflöde och ventilationsflöde med $(\Delta p_s + \Delta p_g) / \Delta p_f = 2$.



Figur 3.5 Relativt undertryck för läckflöde och ventilationsflöde med $(\Delta p_s + \Delta p_g) / \Delta p_f = 4$.



Figur 3.6 Konverteringsflöde för läckflöde och ventilationsflöde med $(\Delta p_s + \Delta p_g) / \Delta p_f = 4$.

Kurvorna för relativt undertryck i Figur 3.1, 3.3 och 3.5 visar att om kanalsystemtryckfallet ökar i förhållande till fasadtryckfallet minskar det relativa undertrycket. Om kanaltryckfallet är lika stort som fasadtryckfallet vid samma flöde blir det relativa undertrycket 0.8, eftersom tryckfallet över de dubbla kanalsystemen med halva flödet vardera blir en fjärdedel av fasadtryckfallet. Om kanalsystemtryckfallet är fyra gånger högre vid samma flöde, blir det relativa undertrycket 0.5, eftersom tryckfallet över de dubbla kanalsystemen med halva flödet vardera blir lika med fasadtryckfallet.

Konverteringsflöden i Figur 3.2, 3.4 och 3.6 är för höga ventilationsflöden omkring 1.4 av läckflödet eller mer exakt $2^{0.5}$, vilket beror på att fasadtryckfallet är lika med halva konverteringsundertrycket. Kanalsystemtryckfallet är försumbart för samma flöde.

Gränsfall för brandgasspridning

Detta underavsnitt undersöker vilket brandtryck och brandflöde krävs för att uppnå gränsfallet för brandgasspridning om konverteringstryck är konstant oberoende av flöde och temperatur.

Beräkningsmodellen är den som visats i Figur 1.1-2. Gränsfallet innebär att nolltryck råder i spridningspunkten i T- och F-kanalsystemet. De två spridningspunkterna motsvarar en fördelningslåda och en samlingslåda. Grentryckfall Δp_g och fasadtryckfall Δp_f gäller för de två nominella ventilationsflöden q och $1-q$ för brandrum respektive övriga rum. Stamtryckfallet Δp_s gäller för det normaliserade totalflödet. Luftens densitet för normaltemperatur T_n och för brandtemperatur T_b anges som ρ_n respektive ρ_b .

Gränsfallet för den förenklade modell i Figur 1.2 med införande av kanalbrandflöde q_{bi} och fasadbrandflöde q_{bf} samt brandtryck p_b ger tre samband för två stamkanaler, två brandutsatta grenkanaler och en brandutsatt fasad som följer.

$$p_k = (\rho_b/\rho_n) \Delta p_s q_{bi}^2/4 \quad (\text{Pa}) \quad (3.5)$$

$$p_b = (\rho_b/\rho_n) \Delta p_g q_{bi}^2/4q^2 \quad (\text{Pa}) \quad (3.6)$$

$$p_b = (\rho_b/\rho_n) \Delta p_f q_{bf}^2/q^2 \quad (\text{Pa}) \quad (3.7)$$

Kanalbrandflödet q_{bi} fås efter omskrivning av (3.5) och fasadbrandflödet q_{bf} fås efter eliminering av brandtrycket p_b i (3.6-7) som:

$$q_{bi} = 2 (p_k / (\rho_b/\rho_n) \Delta p_s)^{0.5} \quad (-) \quad (3.8)$$

$$q_{bf} = (p_k / (\rho_b/\rho_n) \Delta p_s)^{0.5} (\Delta p_g / \Delta p_f)^{0.5} \quad (-) \quad (3.9)$$

Det totala brandflödet q_b beräknas som summan av (3.8) och (3.9) enligt (3.10) och visas i Figur 3.8-9 för två tryckfallskvoter $\Delta p_g / \Delta p_f$ lika med 0 och 1. Brandtrycket p_b beräknas enligt (3.11) och är temperaturoberoende samt visas i Figur 3.7 relativt konverteringstrycket p_k .

$$q_b = (p_k / (\rho_b/\rho_n) \Delta p_s)^{0.5} (2 + (\Delta p_g / \Delta p_f)^{0.5}) \quad (-) \quad (3.10)$$

$$p_b = p_k \Delta p_g / \Delta p_s q^2 \quad (\text{Pa}) \quad (3.11)$$

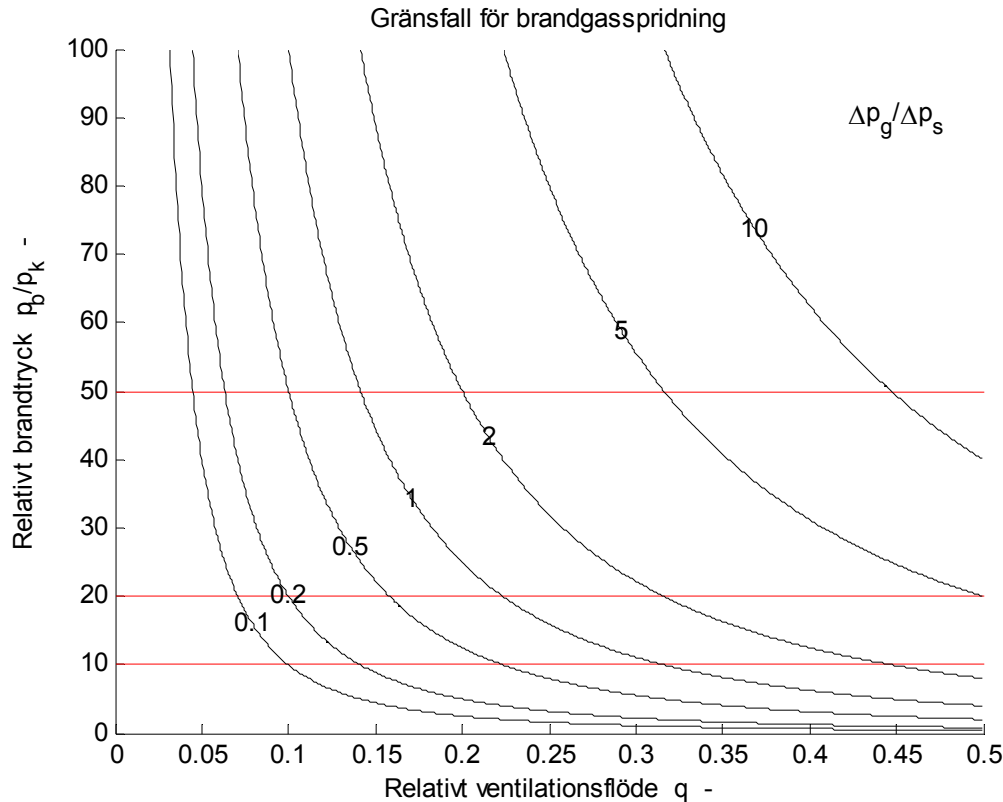
Om konverteringstrycket, stamtryckfallet och grentryckfallet alla är 100 Pa och det relativa flödet q är 0.1 eller 0.2 bli brandtrycket 10000 Pa respektive 2500 Pa. Detta visar att konvertering är ytterst lämpligt för en byggnad med ett stort antal lika lokaler med snarlika ventilationsflöden. Brandtryck över 2000 Pa kommer att skada lätta väggkonstruktioner med ökat läckage som följd.

Fallet med enbart två lokaler med lika stora ventilationsflöden ger brandtrycket 400 Pa. Om byggnaden har en lokal med ett relativt ventilationsflöde om 0.8 eller 0.9 blir brandtrycket för gränsfallet med för övrigt samma siffror som ovan endast 156 respektive 123 Pa.

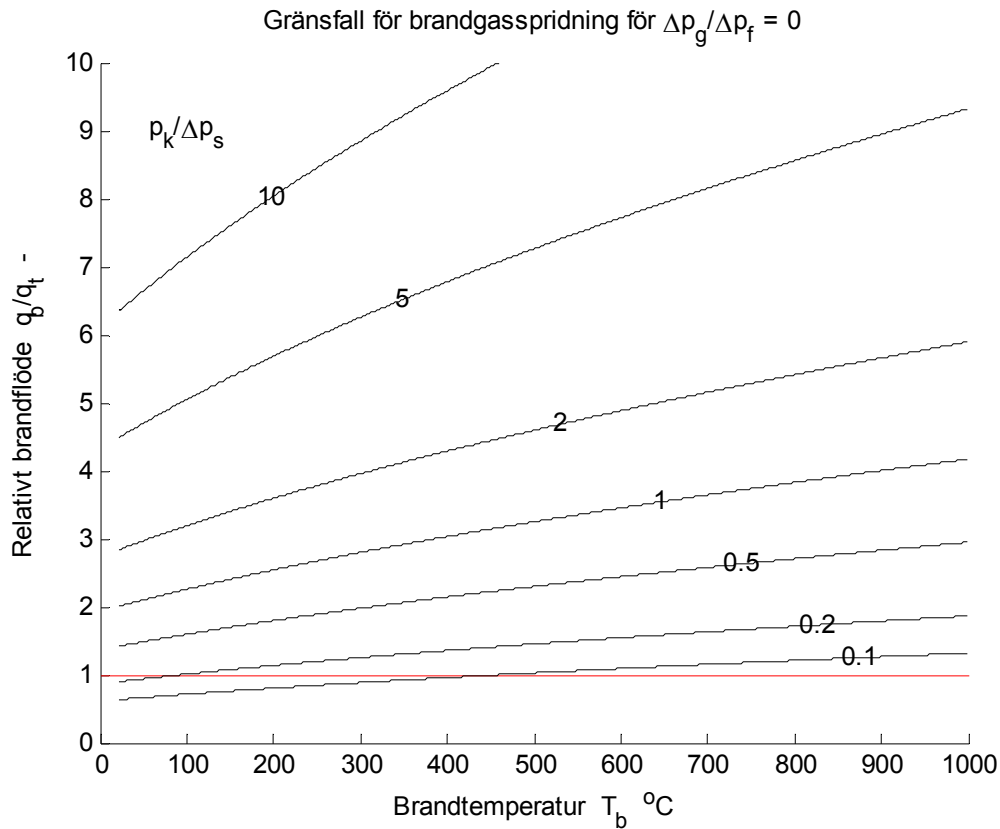
Notera att för beräkning av gränsfallet för ett F-system med fläktar i drift fås alltid ett mycket större fasadbrandflöde än kanalbrandflöde, eftersom fasadtryckfallet gäller för en fasad med uteluftsdon. Vid konvertering av FT-system finns det inte uteluftsdon i fasaden och det nominella fasadtryckfallet här kan vara av samma storleksordning som grentryckfallet för samma flöde. Detta gäller bara lokaler med begränsad ventilation som bostäder.

Ett sifferexempel för bostäder är grentryckfall 50 Pa och ventilationsflöde 0.35 l/sm^2 golvyta, en fasadyta som är hälften av golvytan och ett läckage på 0.70 l/sm^2 fasadyta och omräknat till 0.35 l/sm^2 golvyta. Detta fall har samma grentryckfall och fasadtryckfall vid samma flöde. Fasadbrandflödet blir därför lika med hälften av det totala kanalbrandflödet för två system.

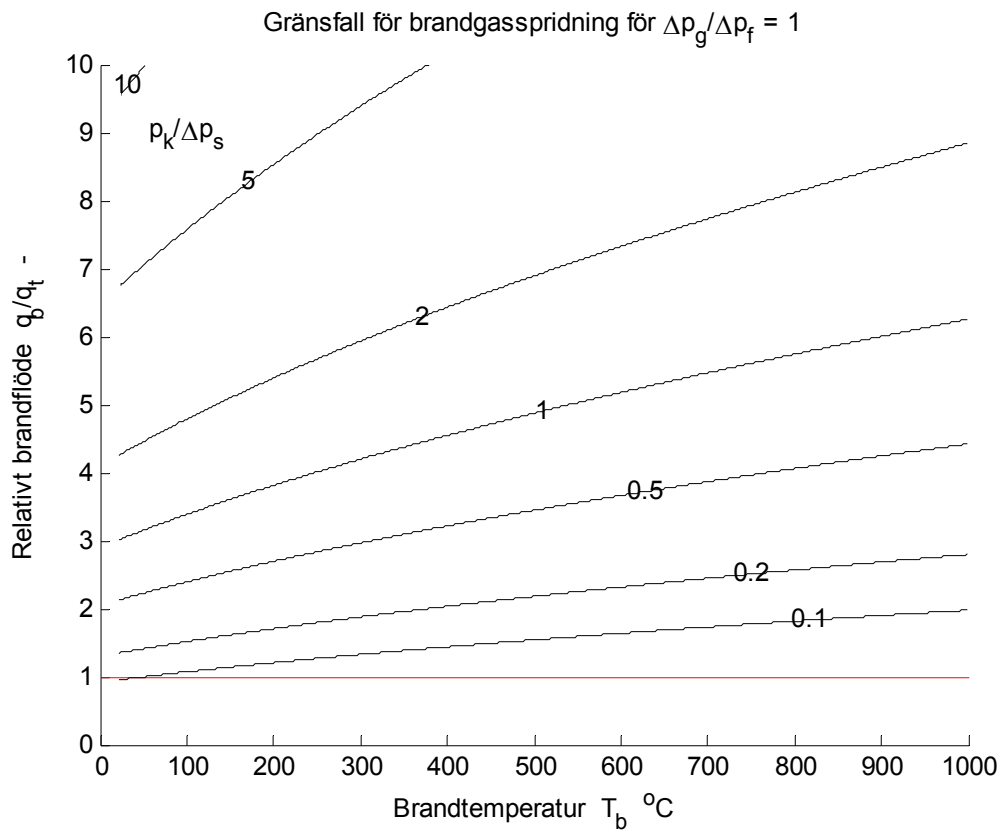
Ett sifferexempel för lokaler med ventilationsflödet 1.4 l/sm^2 eller 2 oms/h och samma fasaddata resulterar i att fasadbrandflödet blir en åttondedel av det totala kanalbrandflödet.



Figur 3.7 Relativt brandtryck som funktion av relativt ventilationsflöde och olika $\Delta p_g / \Delta p_s$.



Figur 3.8 Relativt brandflöde för gränsfallet som funktion av brandtemperatur.



Figur 3.9 Relativt brandflöde för gränsfallet som funktion av brandtemperatur.

Konverteringsflöde vid brand

Det nominella konverteringsflödet enligt (3.1) anger en undre gräns för konverteringsflödet och gäller för ett fall utan en brand. Hur mycket konverteringsflödet måste öka vid en brand skall undersökas i detta underavsnitt för förenklade modeller enligt Figur 1.1-2.

Konverteringsflödet relativt det normala totalflödet, brandtrycket relativt konverteringstrycket och brandtemperaturen redovisas som funktion av ventilationsflödet relativt det normala totalflödet som x-axel och brandflödet relativt det normala totalflödet som y-axel.

Åtta beräkningsfall för två olika brandtemperaturer 20 och 300 °C kombinerat med fyra olika fall med olika tryck-fall för stamkanaler, grenkanaler och fasader allt enligt sammanställningen i Tabell 3.1 och i Figur 3.10-17.

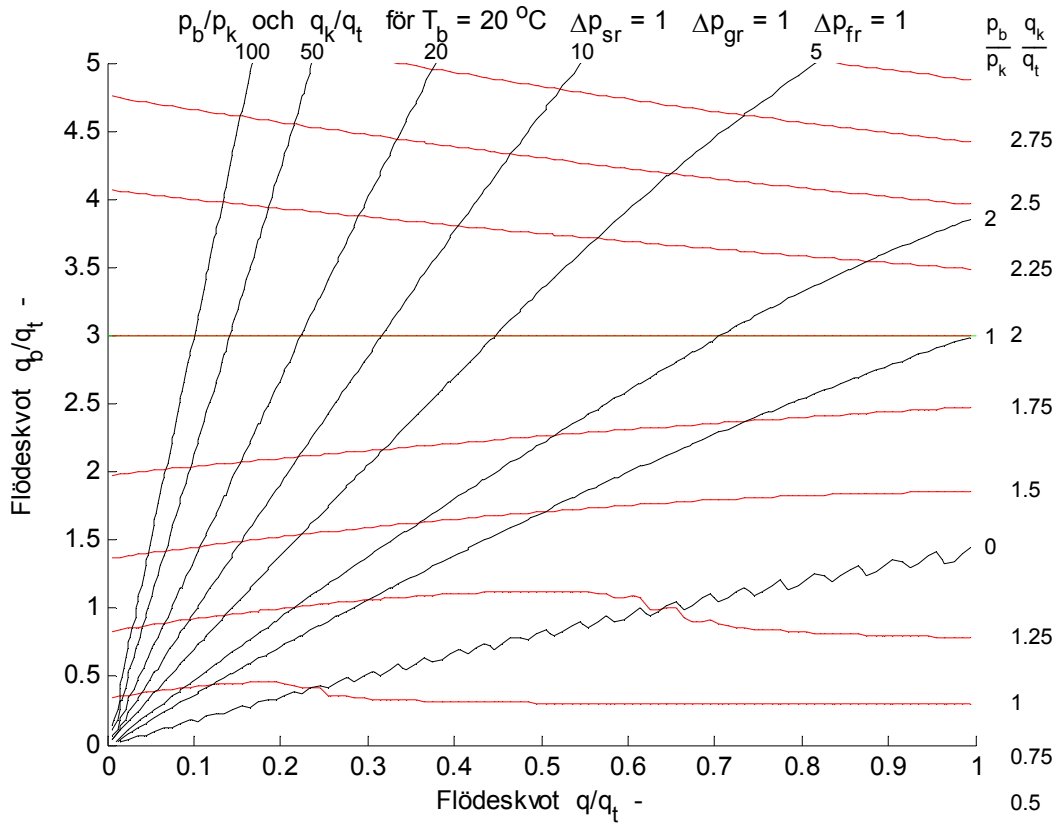
Det kritiska brandflödet relativt totalflödet har beräknas enligt (3.10) och sammanställs i Tabell 3.1 och har ritats in i Figur 3.10-17. Brandflöden högre än dessa gränsvärden innebär att brandgasspridning sker utan tvärströmning och med inflöden från de två kanalsystemen för tilluft och frånluft. Detta gränsvärde gäller oberoende av det relativa ventilationsflödet och kan ritas in som en horisontell linje i samtliga diagram i Figur 3.10-17. Isolinjerna över och under denna gränslinje kröker sig mot den samma.

Isolinjer för brandtryck relativt konverteringstryck lika med 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50 och 100 finns inritade i Figur 3.10-17. Den något osäkra isolinjen för det relativa brandtrycket 0 innebär att brandflödet är obetydligt större än det normala ventilationsflödet. Osäkerheten beror på den valda numeriska lösningen. En exakt lösning hade gett en jämn linje. Isolinjer för konverteringsflödet relativt totalflödet har ekvidistansen 0.25.

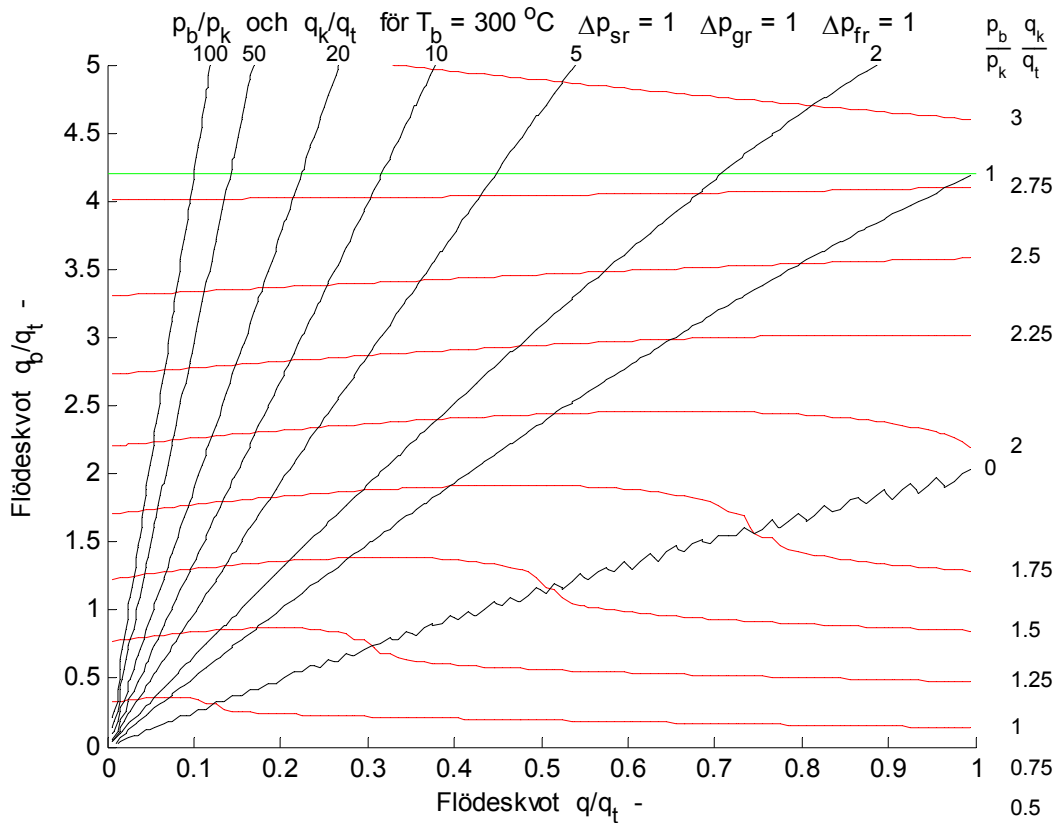
Konverteringsflödet ökar med brandtemperaturen. Brandtrycket avtar med brandtemperaturen. Konverteringsflödet påverkas inte mycket av det relativa ventilationsflödet. En genomgång av de åtta fallen kan summeras med vad som ökar det kritiska relativa brandflödet är följande lägre stamtryckfall Δp_s , högre grentryckfall Δp_g , lägre fasadtryckfall Δp_f , högre undertryck p_k samt högre temperatur T_b .

Tabell 3.1 Parametrar för åtta beräkningsfall för kontroll av konverteringsflöde

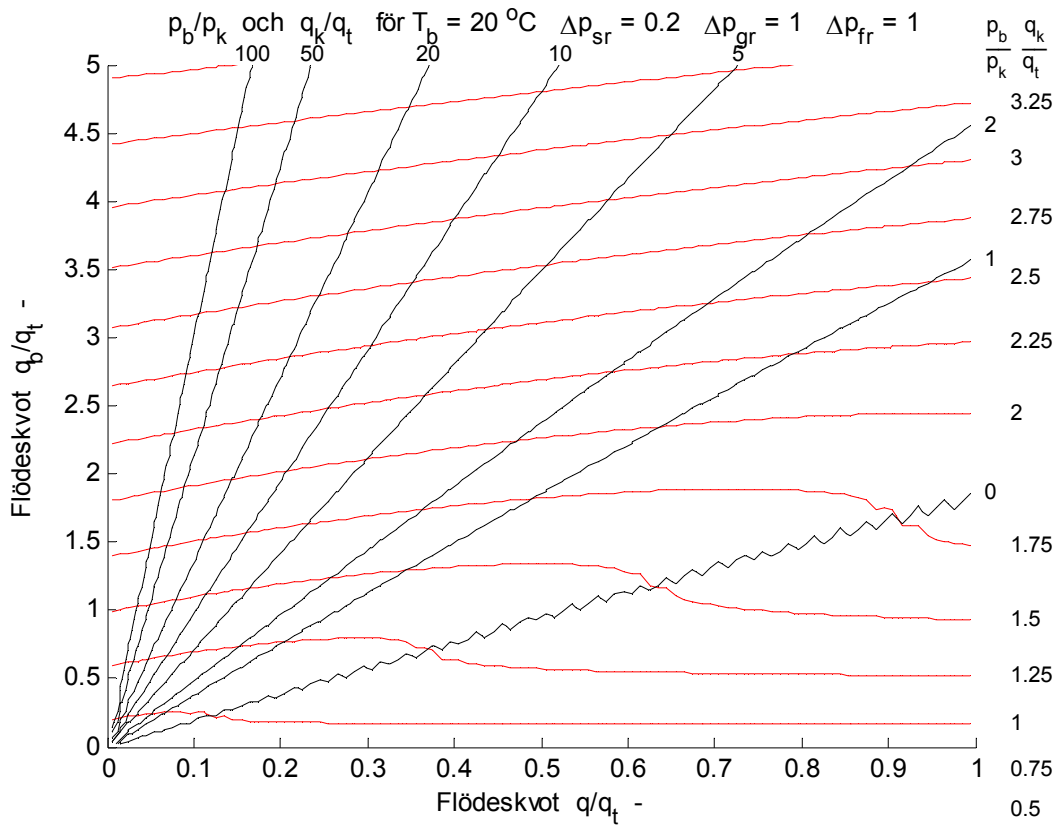
Fall	T_b °C	$\Delta p_s / p_k$ -	$\Delta p_g / p_k$ -	$\Delta p_f / p_k$ -	Figur	q_b / q_t -
1	20	1.0	1.0	1.0	3.10	3.0
2	300	1.0	1.0	1.0	3.11	4.2
3	20	0.2	1.0	1.0	3.12	6.7
4	300	0.2	1.0	1.0	3.13	9.3
5	20	1.0	5.0	1.0	3.14	4.2
6	300	1.0	5.0	1.0	3.15	5.9
7	20	1.0	1.0	5.0	3.16	2.4
8	300	1.0	1.0	5.0	3.17	3.4



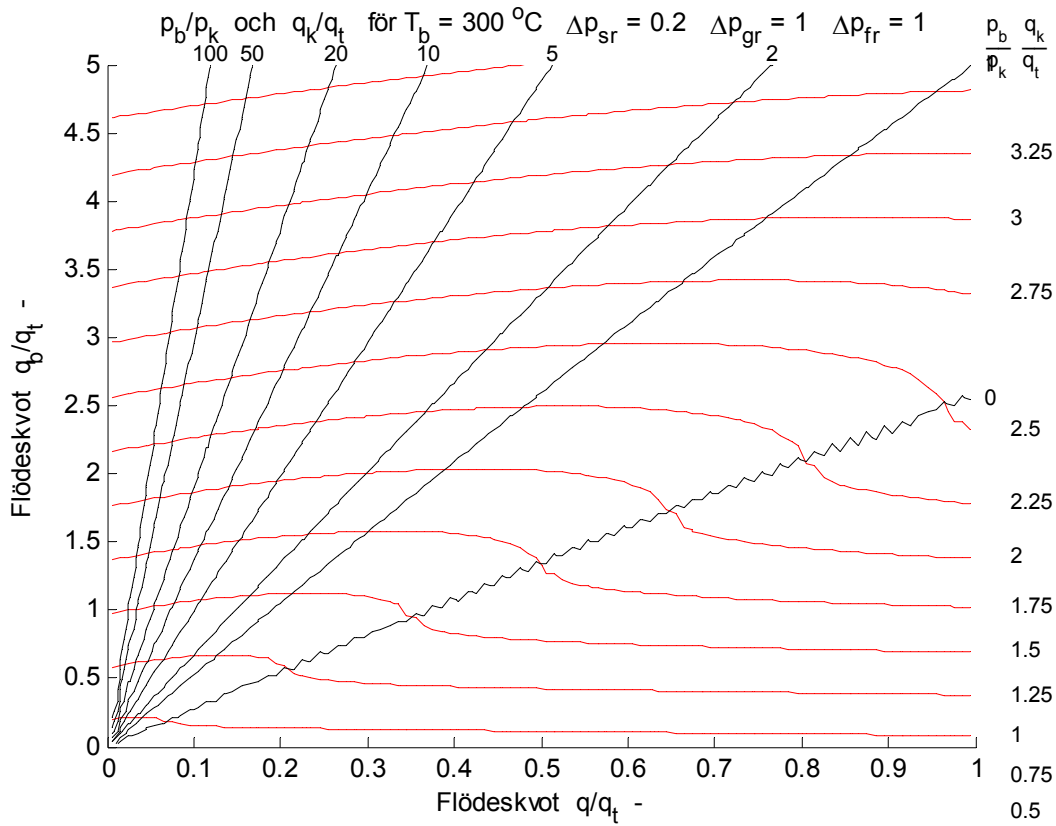
Figur 3.10 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 1.



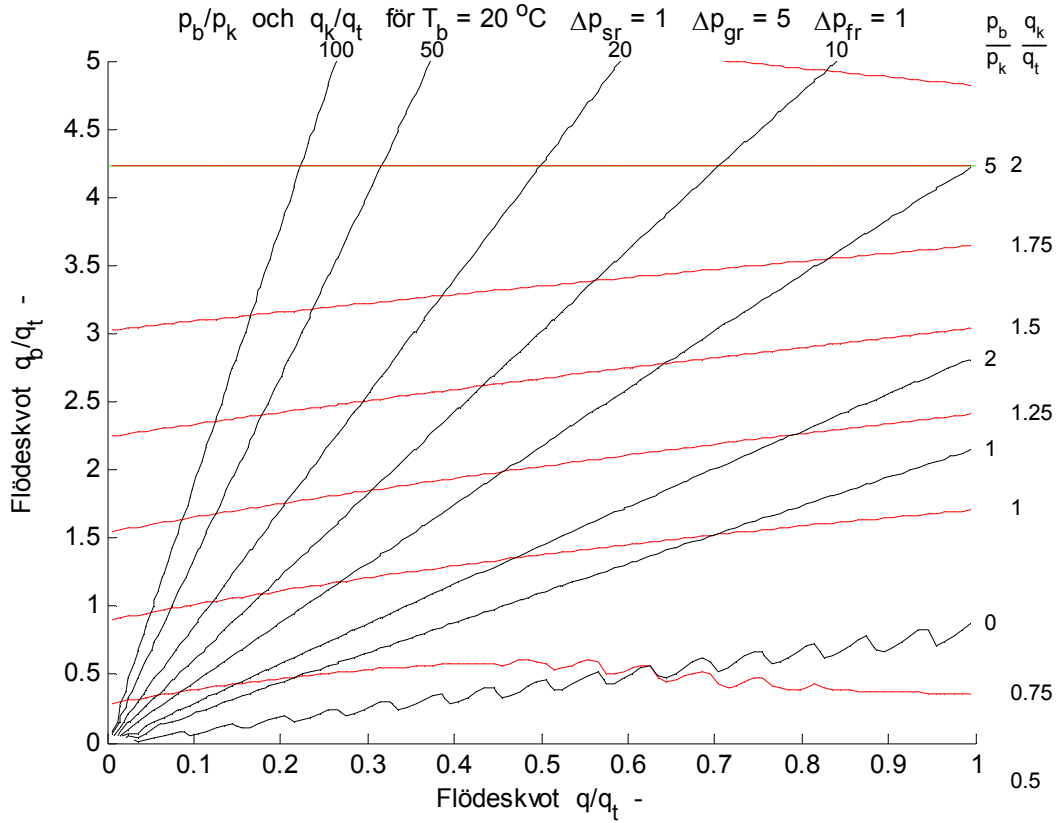
Figur 3.11 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 2.



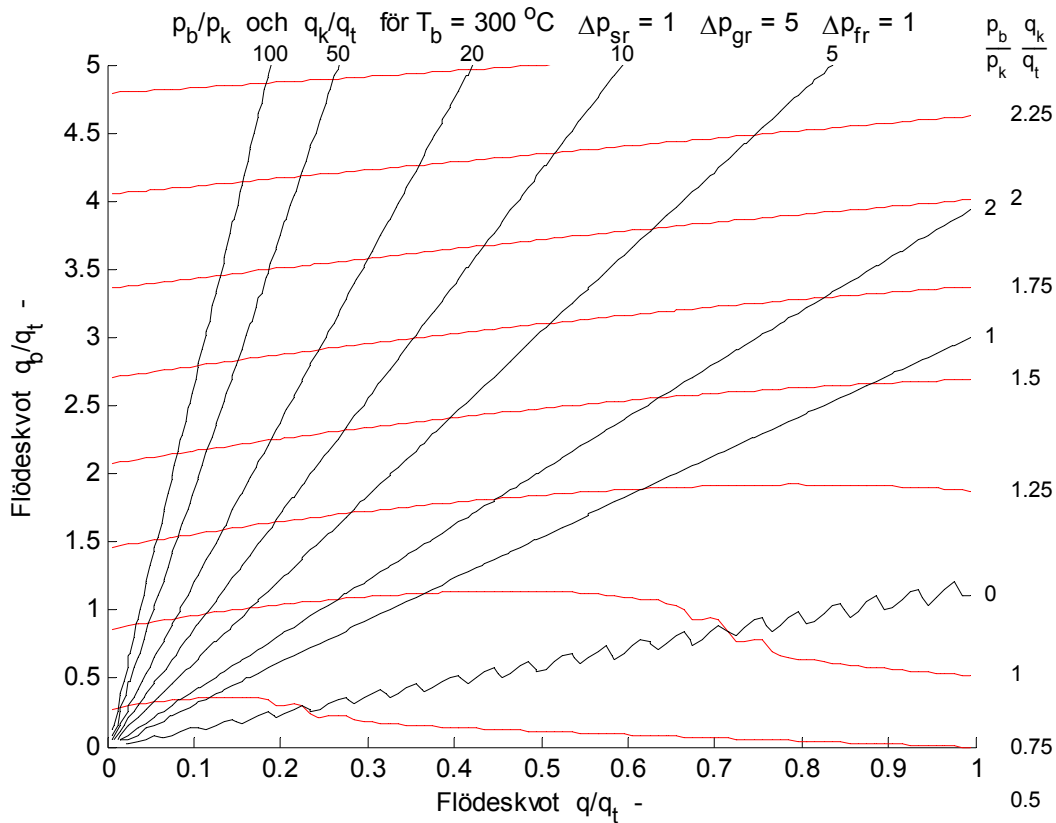
Figur 3.12 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 3.



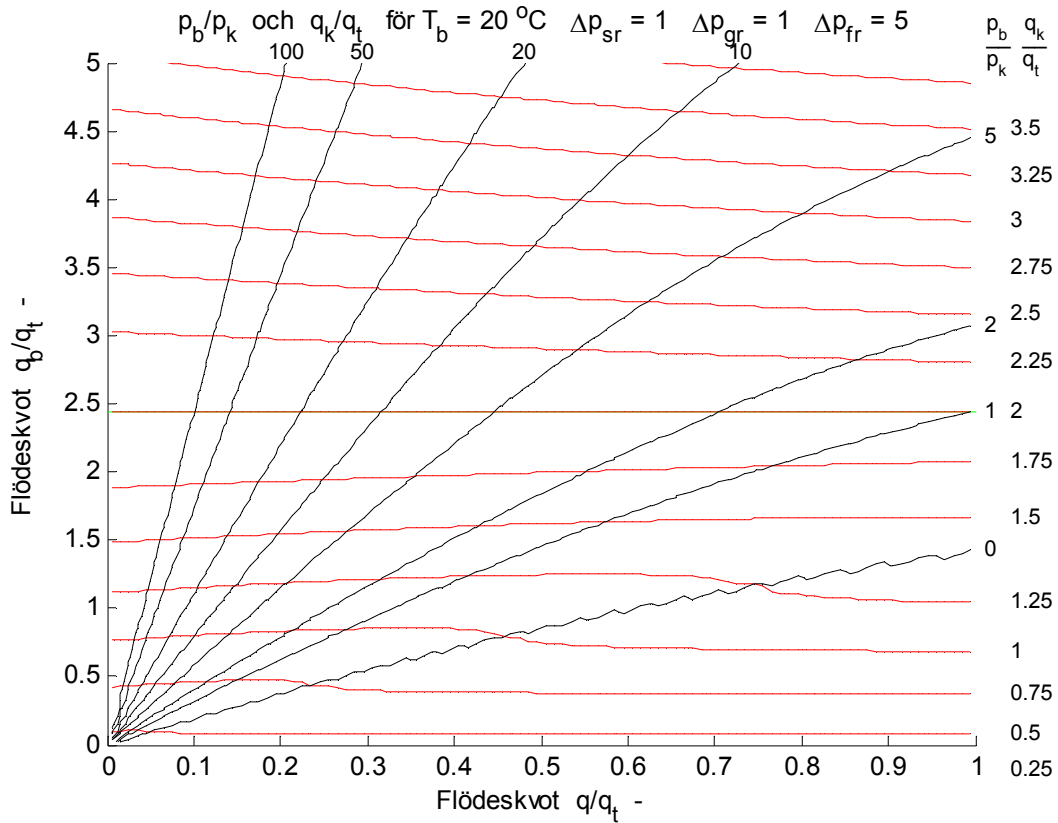
Figur 3.13 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 4.



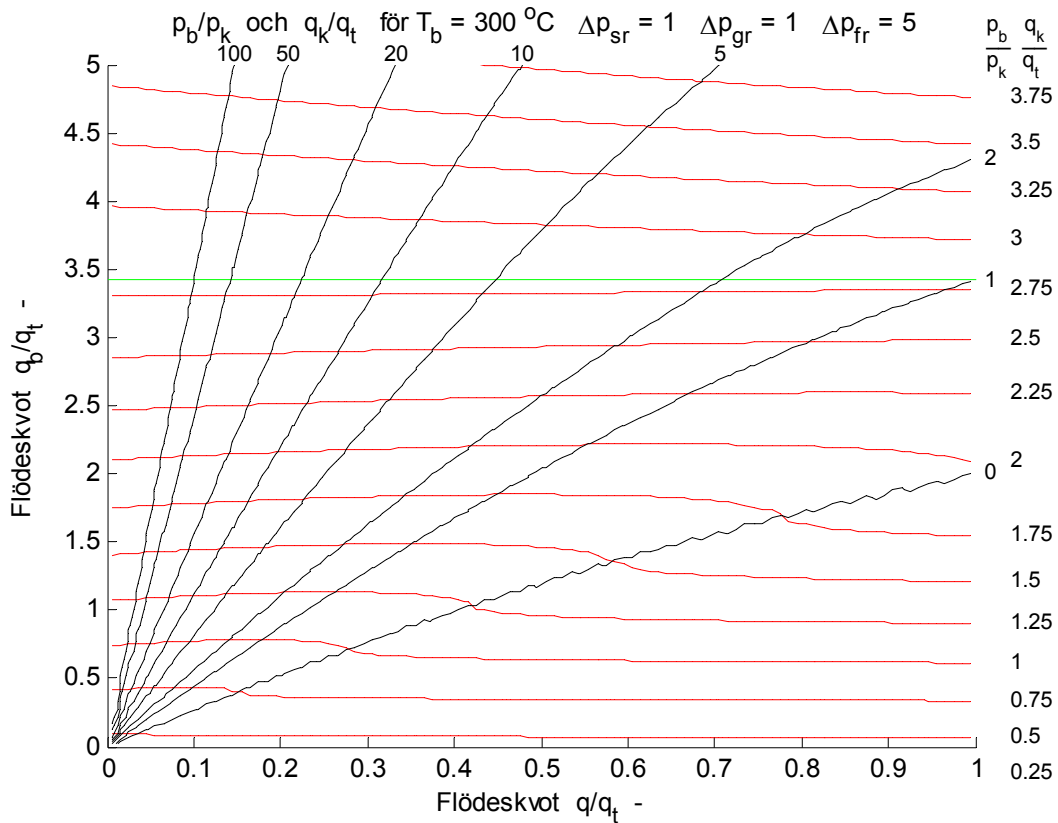
Figur 3.14 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 5.



Figur 3.15 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 6.



Figur 3.16 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 7.



Figur 3.17 Konverteringsflöde och brandtryck för brand- och ventilationsflöde för fall 8.

4 Utspädning vid brandgasspridning

Utspädningen vid brandgasspridning har beräknats som funktion av det relativa ventilationsflödet q/q_t som x-axel och det relativa brandflödet q_b/q_t som y-axel för modellen i Figur 1.1-2. Utspädningen u beräknas som $s_q s_t s_V V/V_s$ med de fem parametrarna flödesandel s_q , spridningsandel s_t , volymandel s_V , volym för brandrum V och spridningsutsatt rum V_s .

Åtta olika fall enligt Tabell 4.1 redovisas i Figur 4.1-8 där alla volymer är proportionella mot ventilationsflödet. Detta innebär att luftomsättningstiden är lika för alla lokaler. Omräkning av utspädningen till andra volymfall görs med faktorn $(1-q)V/qV_s$. Den redovisade utspädningen är inte fullständig utan volymandelen s_V oftast mindre 0.5 tillkommer. Fallen i Tabell 4.1 är identiska med fallen i Tabell 3.1.

Det relativa brandtrycket är mycket högt för små lokaler om brandgasspridning skall inträffa. Brandgasspridning sker genom inströmning från båda kanalsystemen. Det sker ingen tvärströmning, eftersom beräkningsmodellen är symmetrisk.

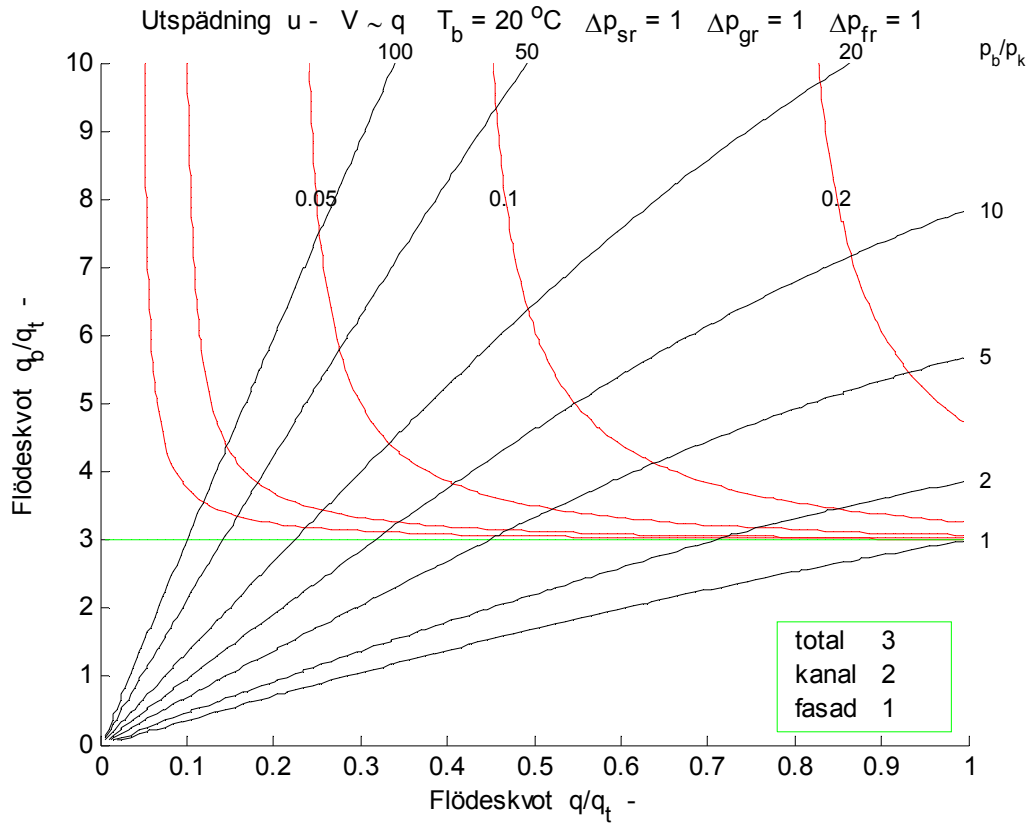
Det kritiska brandflödet relativt totalflödet som motsvarar gränsfallet för brandgasspridning redovisas i samtliga diagram med posterna total, kanal och fasad samt med totalvärdet i Tabell 4.1. Detta brandflöde är flera gånger större än det nominella totalflödet.

En genomgång av de åtta fallen kan summeras med vad som ökar det kritiska relativa brandflödet är följande lägre stamtryckfall Δp_s , högre grentryckfall Δp_g , lägre fasadtryckfall Δp_f , högre undertryck p_k samt högre temperatur T_b .

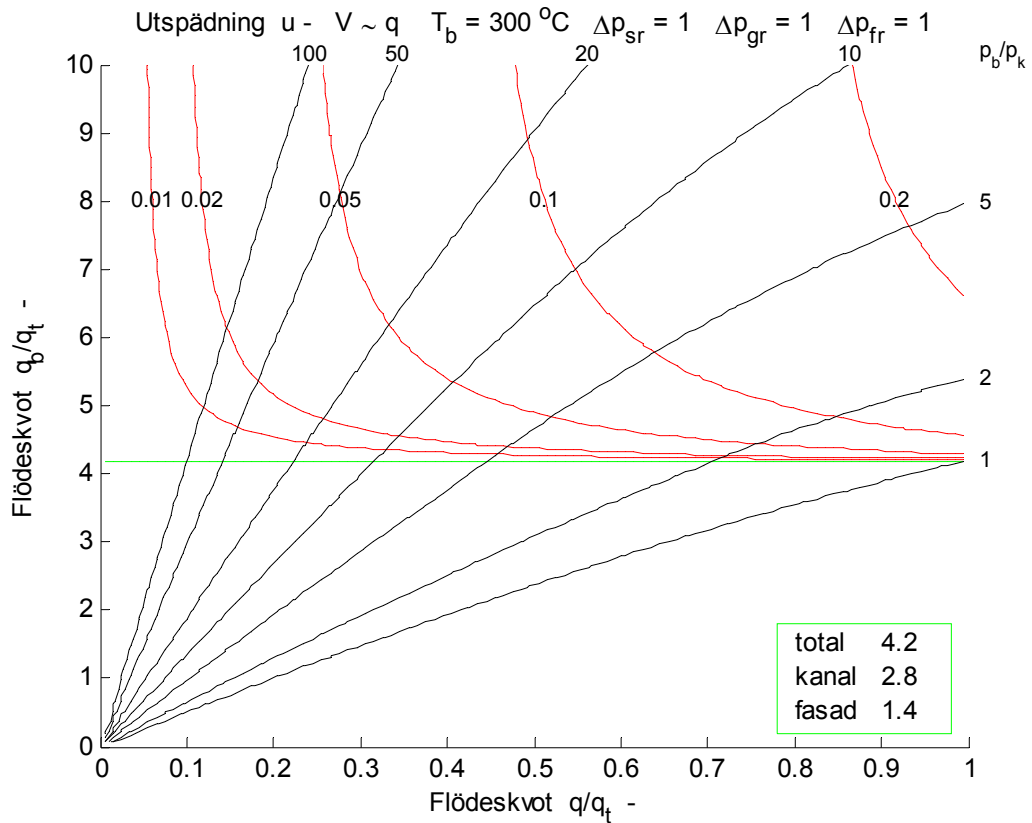
En granskning av utspädningen visar att utspädningen är bättre än 0.05 och 0.02 för ett relativt ventilationsflödet om 0.2 respektive 0.1 för alla fall. En utspädning bättre än 0.01 borde därför gå att uppnå för ett relativt ventilationsflöde om q 0.1 och en volymandel s_V om 0.5.

Tabell 4.1 Parametrar för åtta beräkningsfall för kontroll av utspädning

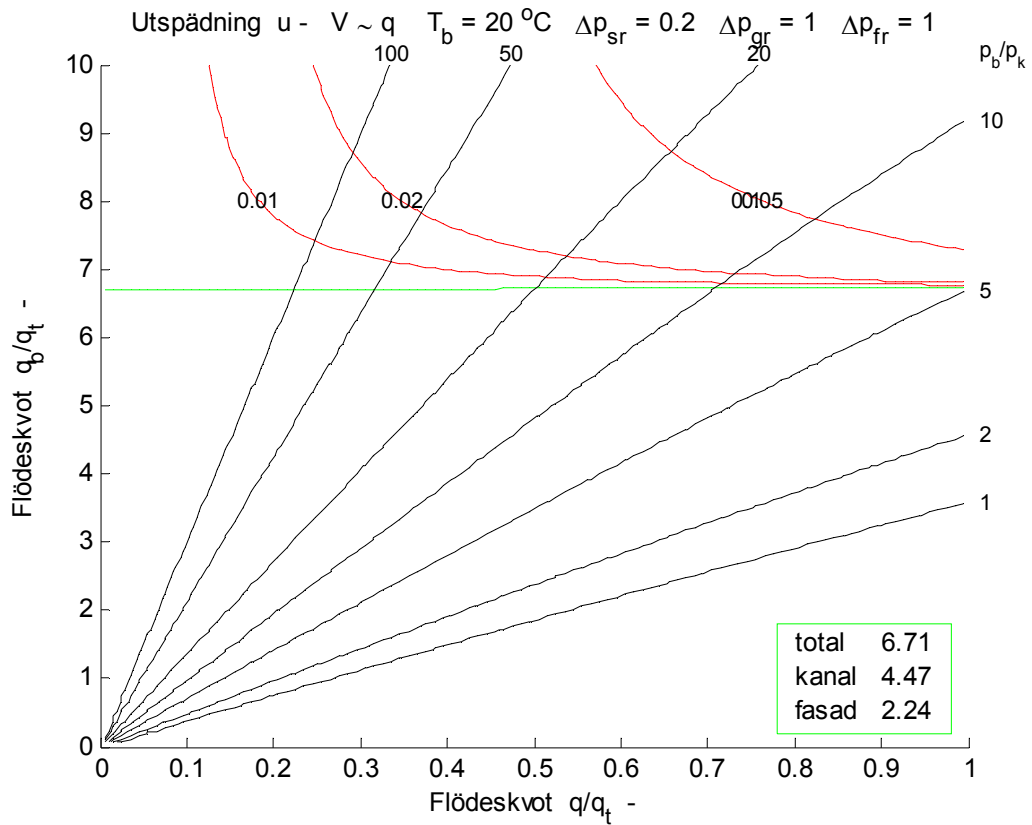
Fall	T_b °C	$\Delta p_s / p_k$ -	$\Delta p_g / p_k$ -	$\Delta p_f / p_k$ -	Figur
1	20	1.0	1.0	1.0	4.1
2	300	1.0	1.0	1.0	4.2
3	20	0.2	1.0	1.0	4.3
4	300	0.2	1.0	1.0	4.4
5	20	1.0	5.0	1.0	4.5
6	300	1.0	5.0	1.0	4.6
7	20	1.0	1.0	5.0	4.7
8	300	1.0	1.0	5.0	4.8



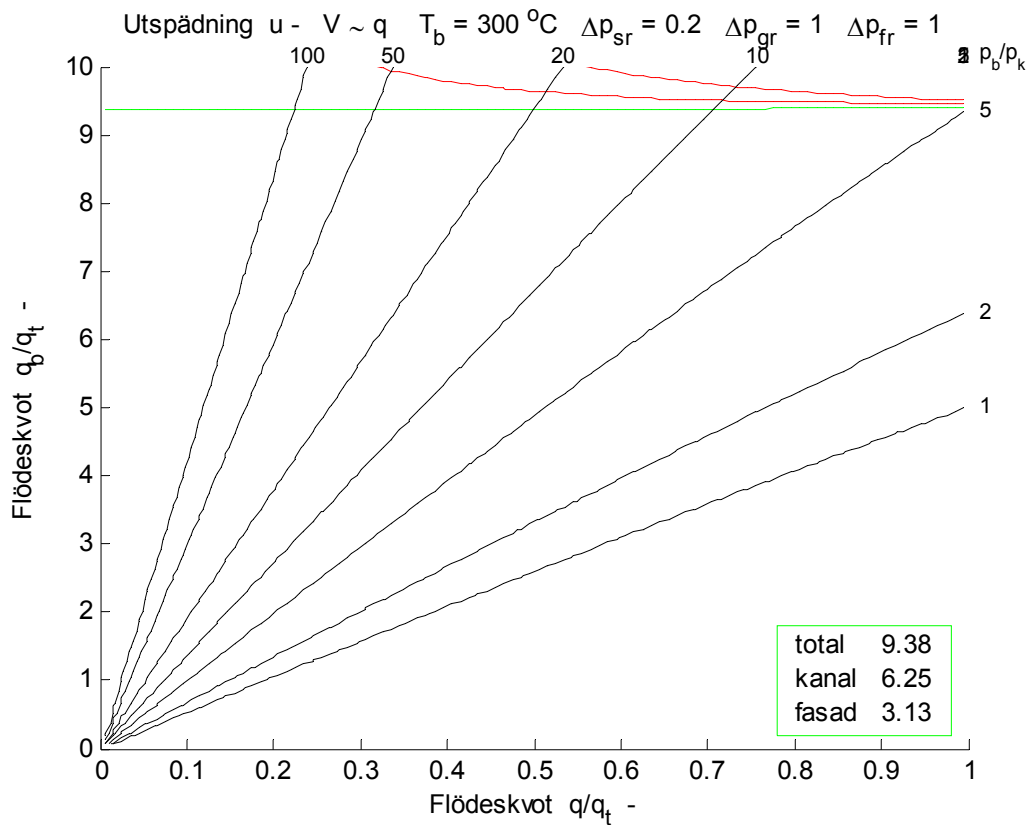
Figur 4.1 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 1 $V \sim q$.



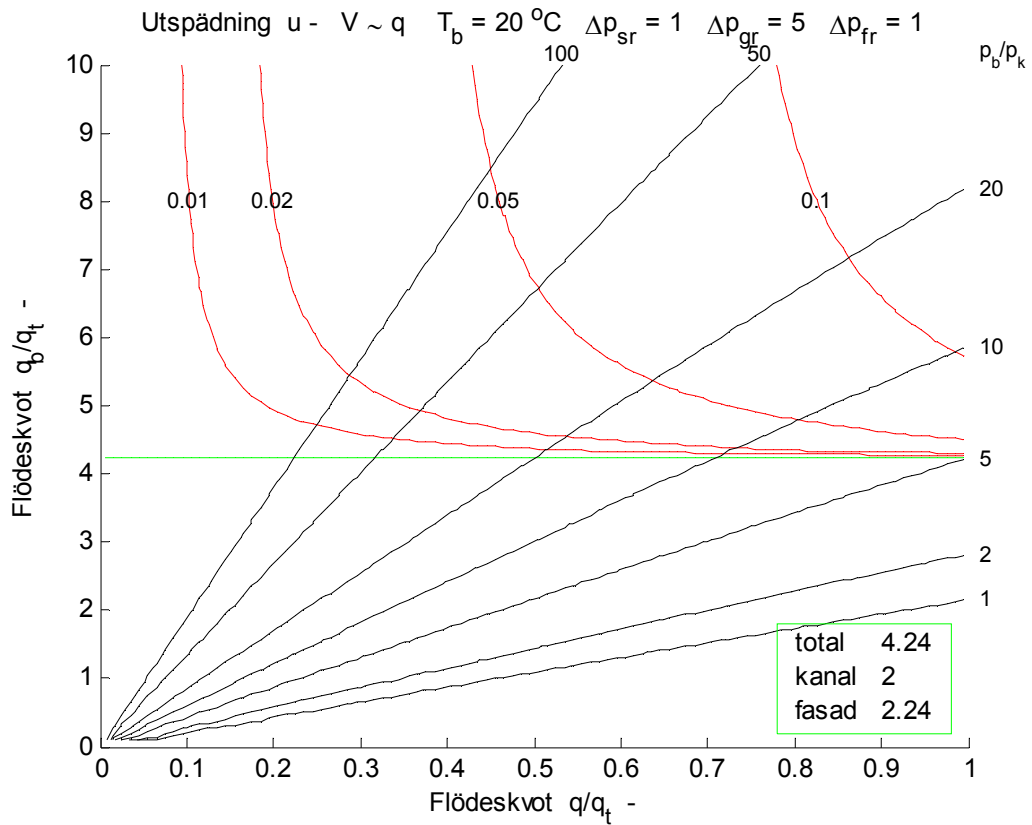
Figur 4.2 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 2 $V \sim q$.



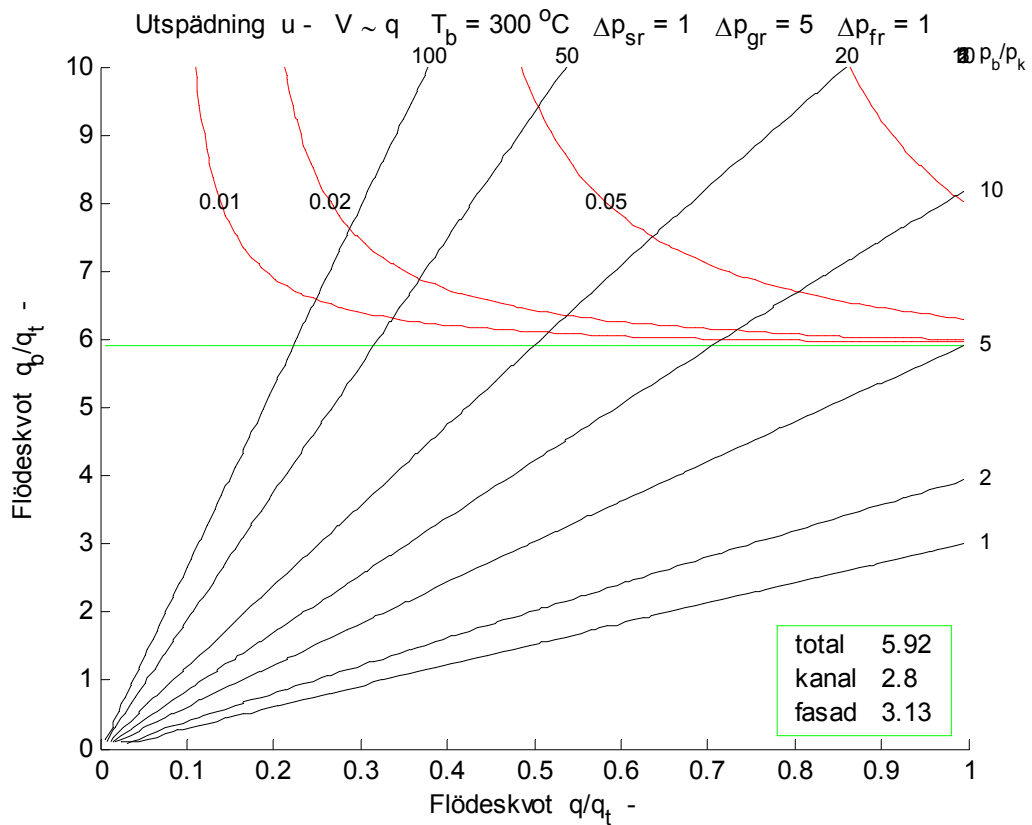
Figur 4.3 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 3 $V \sim q$.



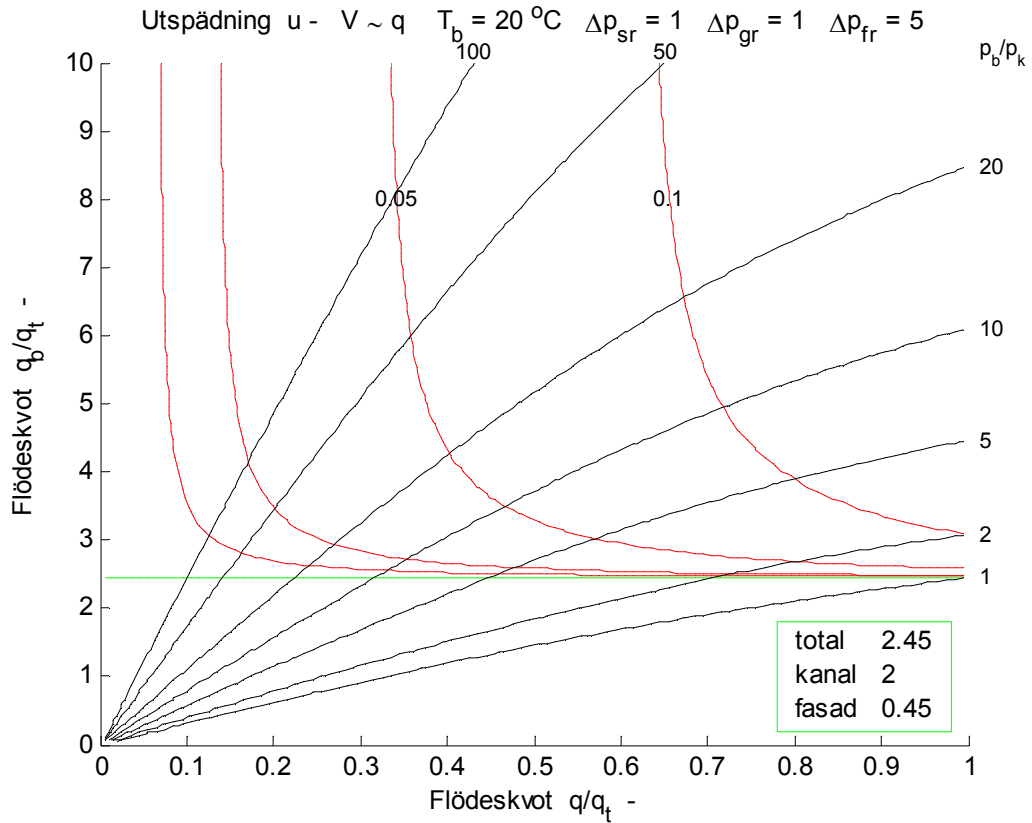
Figur 4.4 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 4 $V \sim q$.



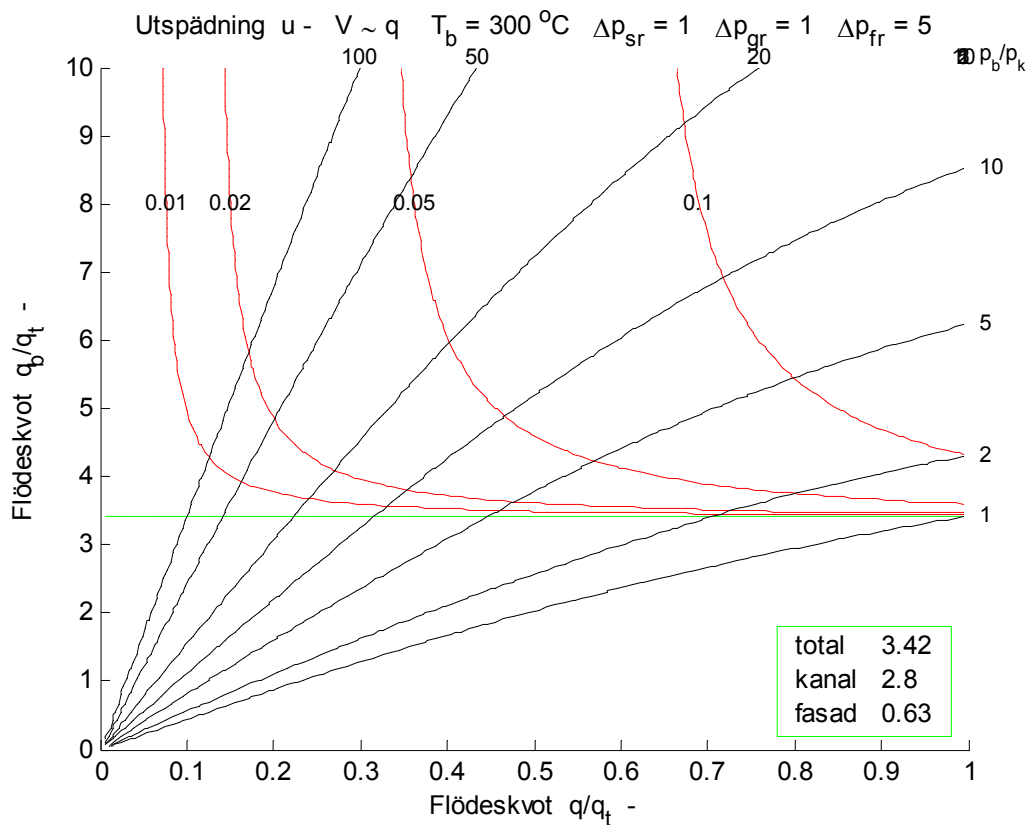
Figur 4.5 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 5 $V \sim q$.



Figur 4.6 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 6 $V \sim q$.



Figur 4.7 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 7 $V \sim q$.



Figur 4.8 Utspädning och brandtryck för brandflöde och ventilationsflöde för fall 8 $V \sim q$.

5 Avslutning och svar

Ett antal frågor formulerades i början av denna arbetsrapport och de har besvarat till en del direkt eller indirekt i de tre avsnitten om dimensionerande begränsningar, dimensionering av konverteringsfläkt och utspädning vid brandgasspridning.

Vilket undertryck kan tillåtas för att kunna öppna dörrar för att utrymma?

Tryckskillnaden bör inte överstiga 80 Pa vid mottryck. Högre tryckskillnad kan tillåtas vid medtryck, eftersom hela kraften används för att få bort låskolven.

Hur påverkas förutsättningar för konvertering av vind?

Vinden kan skapa höga övertryck och undertryck kring en byggnad. Tryckskillnaden mellan lovartsida och läsida är minst lika med vindens dynamiska tryck. En vindhastighet om 10 m/s har det dynamiska trycket 60 Pa för lufttemperaturen 20 °C. Höga vindhastigheter kan medföra att tryckskillnaden mellan lovartsida och undertryck i en byggnad, som lägre än på läsidan, blir högre än den tillåtna om 80 Pa om en dörr skall kunna öppnas på lovartsidan.

Hur påverkas förutsättningar för konvertering av temperaturskillnad inne-ute?

En innetemperatur på 20 °C och en utetemperatur på -3 °C skapar en termisk vertikal tryckgradient på 1 Pa/m. Detta medför att tryckskillnaden mellan lovartsida och lägsta undertryck i en byggnad ökar ytterligare, eftersom undertrycket i byggnaden inte är konstant utan ändras med nivån. Figur 2.2 visar hur stor skillnaden kan bli i tryck för en byggnad med en given höjd och temperatur 20 °C och en godtycklig utetemperatur. Det antas att luftflödena i ventilationssystemet är lägre än vid normal drift. Figur 2.3 visar hur vind, temperaturskillnad inne-ute och krav på undertryck i en byggnad bestämmer undertrycket i en byggnad.

Vilket luftflöde krävs som minst för ett givet undertryck?

Det går att beräkna med uppgifter om fasadens täthet och de två kanalsystemens tryckfall. Uttryck (3.1) kan användas. Detta flöde kan kontrolleras genom provkörning och uppmätning av totalflöde och undertryck i byggnaden.

Vilket luftflöde krävs som mest för ett givet undertryck?

Detta flöde är dimensionerande och avser ett fall med mycket öppna fönster och fallet med alla fönster är öppna beräknas enligt (3.2). Hur mycket flödet ökar jämfört med minsta konverteringsflöde kan uppskattas med antagande om att tryckfallet för varje kanalsystem är 200 Pa vid nominellt totalflödet, vilket vid sammankoppling blir 50 Pa för samma nominella totalflöde.

Antag vidare att fasadens tryckfall är 50 Pa för läckflödet 0.7 l/sm^2 omslutande ytan. Detta kan räknas om till omkring 0.35 l/sm^2 golvyta under förutsättning att fasadytan är hälften av golvytan. Flödet 0.35 l/sm^2 är lika med det normenliga luftflödet för ventilation av bostäder. Om fläkten konstanthåller undertrycket 100 Pa vid sammankopplingen av de två kanalsystemen kommer flödet att öka en faktor $2^{0.5}$, när alla fönster är öppna. Tryckfallet halveras för systemet fasad och kanalsystem från 100 Pa till 50 Pa.

Vilken temperatur kan fläkten utsättas för innan brandrummet tryckavlastas?

Ett enkelt överslag är att beräkna inträngande brandflödet för ett högsta brandtryck 1000 Pa jämfört med gentryckfall omkring 100 Pa. Detta ger ett kallt massflöde som är en faktor 3 högre än det för normal ventilation. Detta är en överskattning, eftersom det varma massflödet är lägre. Antag att konverteringsflödet är omkring det normala totalflödet och brandrummets normala relativa flöde q . Temperaturökningen vid fläkten skattas som en faktor $3q/(1+2q)$ av temperaturökningen i brandrum. Denna temperaturökning råder under några minuter tills att tryckavlastning sker, sprinklersystem löser ut eller att branden kvävs eller upphör. Den relativa temperaturökningen blir 0.25 om det relativa flödet q är 0.1.

En direkt driven fläkt klarar mycket höga temperaturer under kort tid. Egna försök med tre motorer utan någon axelbelastning en omgivningstemperatur av $200 \text{ }^\circ\text{C}$ resulterade i haveri efter tio timmars drift med lindningstemperaturer uppemot $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Lindningstemperaturen är över $100 \text{ }^\circ\text{C}$ under drift vid en omgivningstemperatur om $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Försöken finns beskrivna i arbetsrapporten TABK—99/7056. Den termiska trögheten är stor och tidskonstanten skattas till minst 30 min. Detta innebär att en konstant högre omgivningstemperatur under 15 min ökar motorns temperatur med högst halva temperaturändringen.

Vilken temperatur kan fläkten utsättas för efter brandrummet tryckavlastas?

En överskattning är att anta att massflödena är lika som för fallet med normal drift. Detta innebär att den relativa temperaturökningen vid fläkt blir lika stor som det relativa flödet för brandrummet.

Kan den befintliga frånluftsfläkten användas?

Om frånluftaggregatet inte förbikopplas kan det vara möjligt för bostäder med en lufttäthet om 0.7 l/sm^2 omslutande ytan vid 50 Pa omräknad till golvyta omkring 0.35 l/sm^2 är lika med den ventilationens luftflöde omkring 0.35 l/sm^2 .

Ett sifferexempel med 300 Pa tryckfall för aggregat, 200 Pa tryckfall för kanalsystem och 50 Pa tryckfall för fasad för samma totalflöde. De dubbla sammankopplade kanalsystemen kan omräknas till ett enkelt med 50 Pa tryckfall för totalflödet. Frånluftsfläktens nominella tryckstegring är 500 Pa. Tryckfallet för det konverterade systemet med byggnad är 400 Pa. Konverteringsflödet kommer att öka något och trycket i byggnaden blir lägre än -50 Pa . Utan förbigång kommer frånluftsfiler att belastas, men utspädningen kan vara stor.

Samma exempel med förbigång med ett tryckfall om 25 Pa ger ett konverterat totaltryckfall om 125 Pa. Om fläktens tryckstegring är 500 Pa oreglerad och oberoende av flödet kommer konverteringsflödet att vara lika med dubbla totalflödet. Trycket i byggnaden blir därför omkring -200 Pa. Den befintliga frånluftsfläkten måste varvas ner betydligt, om förbigång används eller ersätts med en separat passande fläkt.

Vilken tryckstegring krävs för fläkten?

Siffror i föregående frågas svar kan användas. Tryckfall för fasad och dubbla kanalsystem är endast 100 Pa för det nominella totalflödet. Tryckfall för förbigång på minst 25 Pa tillkommer. Tryckstegringen blir därför 125 Pa för det nominella totalflödet. Undertrycket blir -50 Pa.

Vad blir utspädningen av brandgaser vid tvärströmning?

Utspädning kan bli stor vid tvärströmning för asymmetriska kanalsystem (se TVIT—11/7056).

Finns det byggnadsfall där konvertering inte är en bra skyddsåtgärd?

Byggnader med ett fåtal lokaler med lika stora ventilationsflöden eller byggnader med en lokal med ett stort ventilationsflöde i förhållande till totalflödet.

Mycket täta byggnader till exempel bergrumsanläggningar innebär att i stort sett hela brandflödet måste passera genom det konverterade kanalsystemet med risk för tvärströmning. Detta gäller särskilt grenade och asymmetriska kanalsystem. Risken för tvärströmning i ogrenade kanalsystem med fördelningslåda och samlingslåda är mindre. Grenade stamkanaler kan göras snarlika fördelningslådor och samlingslådor genom att använda samma dimension för hela stamkanalen.

Kräver brandgasspridning orimligt högt brandtryck och brandflöde?

Uttrycket (3.11) för brandtrycket och gränsvärdet för brandgasspridning visar att om det relativa ventilationsflödet är litet (många lika lokaler) och om stamkanalsystemen har låga tryckfall (gärna med samma dimension för hela stamkanalen) blir brandtrycket orimligt högt för att nå gränsvärdet för brandgasspridning.

Brandflödet relativt totalflödet för gränsvärdet för brandgasspridning beräknas enligt (3.10). Brandflödet enligt (3.10) är i regel flera gånger större än det normala totalflödet.

Ett sifferexempel med lika stamtryckfall, grentryckfall och konverteringstryck om 100 Pa och relativt ventilationsflöde om 0.1 ger brandtrycket 10000 Pa, vilket fönster, dörrar och lätta väggkonstruktioner inte klara utan skador med ökat läckage som följd. Det relativa brandflöde blir 3 för samma siffror som tidigare med tillägget att fasadtryckfallet är 100 Pa. Ett bostadshus med tjugofem lägenheter med ventilationsflödet om 40 l/s per lägenhet har totalflödet 1 m³/s. Ett brandflöde om 3 m³/s motsvarar en brandeffekt omkring 3 MW.

En avslutande anmärkning är att undersökningen här har genomförts med en ytterst enkel modell för att på ett enkelt sätt kunna visas principen för konvertering med ett konstant undertryck. Det är inte praktiskt möjligt att undersöka mer detaljerade modeller, eftersom antalet varianter blir stort. Det går alltid att undersöka ett konkret fall med en fullständig modell.

Tillämpning av konvertering bör genomräknas med en rimligt detaljerad modell. Modellen behöver inte beskriva hela byggnaden och dess kanalsystem i detalj utan endast de delar som finns närmast det brandutsatta rummet och med störst risk för tvärströmning. Ett enkelt exempel är ett FT-system för ett bostadshus med flera trapphus. Varje trapphus har vertikala stamkanaler för tilluft och frånluft. Lösningen är att modellera ett trapphus i detalj och de övriga trapphusen förenklat som en enda lägenhet med samma ventilationsflöde fasadläckage som för trapphusets alla lägenheter. Tvärströmning kan vara olika inom det brandutsatta trapphuset, men den samma för alla lägenheter för ett icke brandutsatt trapphus.

En annan anmärkning är att väder och vind kan begränsa möjligheterna att använda konvertering, eftersom tryckskillnaden mellan lägsta undertryck i byggnaden och högsta övertryck utanför byggnaden kan överskrida den dimensionerande tryckskillnaden för att öppna en dörr.

Konvertering lämpar sig bäst för en byggnad med ett stort antal lokaler med lika ventilationsflöden. Brandtrycket för att nå gränsfallet för brandgasspridning blir orimligt högt om kanalsystemet nästan motsvarar en lösning med fördelningslåda och samlingslåda.

Konvertering av otäta byggnader har en mycket mindre risk för tvärströmning än täta byggnader. Detta behöver inte innebära att konvertering av täta byggnader är olämpligt, eftersom hela det dubbla kanalsystemet i huvudsak belastas med ett läckflöde betydligt mindre än det normala ventilationsflödet. Tryckfallet i det dubbla kanalsystemet blir därför litet. De två kanalsystemet börjar till funktionen likna var sin samlingslåda.

En nackdel med konvertering av täta byggnader särskilt täta bostäder med konverteringsflöden mindre än det normala ventilationsflödet är att det kan ta flera timmar att vädra ut om inte fönster öppnas eller återgång sker till normal drift.

Enkla överslagsberäkningar för att bestämma minsta och största konverteringsflöde, gränsfallets brandflöde och brandtryck görs med (3.1), (3.2), 3.(10) respektive (3.11).

Konvertering är en skyddsåtgärd som tillämpats ett flertal år. Det finns dock risk för tvärströmning mellan tillufts- och frånluftskanalsystem som ökar med ökande lufttäthet hos byggnaden. Detta har begränsat möjligheterna att använda konvertering, men med nya krav på tillräcklig utspädning kan konvertering användas. Något som motverkar användandet av konvertering är att lufttätheten för nya byggnader har förbättrats betydligt, vilket ökar risken för tvärströmning. Risken för tvärströmning kan minskas om kanalsystemen för tilluft och frånluft görs med symmetriska tryckfall och låga tryckfall för stamkanal delar. Alternativ till konvertering med tillräcklig utspädning redovisas i arbetsrapporten TVIT—10/7056.

Ett viktigt påpekande att denna arbetsrapport inte behandlar fallet med tryckavlastad brand. Denna brandfas har nästan en obegränsad brandvolym, men tvärströmningen är nästan obefintligt eller i bästa fall lika med noll. En viss försiktighet krävs. Ett utspädningskrav kan vara att tvärflödet under 60 min skall vara mindre än rumsvolymen/100. Ett tvärflöde på 1 l/s kräver en rumsvolym på 360 m³. Detta kan vara ett svårt krav att uppfylla.