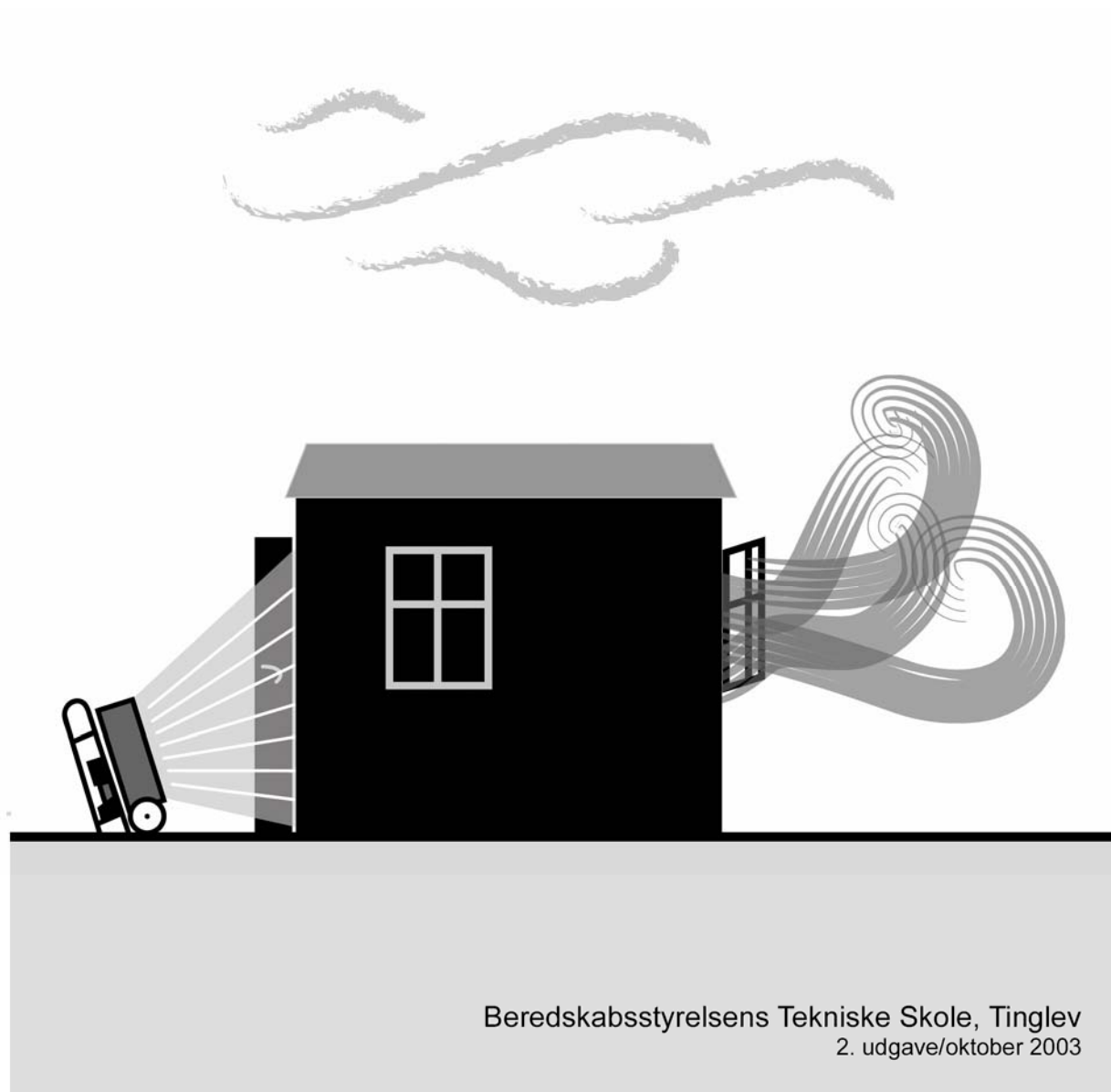


Kompendium i
TAKTISK BRANDVENTILATION



Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole, Tinglev
2. udgave/oktober 2003

Bemærkninger til 2. udgave

Siden sommeren 2002, hvor jeg begyndte at uddele kompendiet i taktisk brandventilation, har jeg oplevet en overvældende interesse og positiv respons fra alle dele af redningsberedskabet.

Denne interesse kan ligeledes spores i den store søgning til vores kursus i taktisk brandventilation. Derfor synes det nu at være det rette tidspunkt for udsendelse af en revideret udgave, hvor de erfaringer vi har gjort os siden førsteudgaven er medtaget.

Denne udgave er blevet mere overskuelig, idet der er blevet plads til en indholdsfortegnelse, en ordliste samt et mere omfattende afsnit omhandlende undervisningsmateriel.

Det er mit håb at man vil tage lige så godt imod denne udgave som det var tilfældet med den første.

Martin A. Sørensen
Tinglev, oktober 2003

Indholdsfortegnelse:

Indholdsfortegnelse:	3
Forord	5
Formål	6
Lidt elementært fysik	7
Forbrændingsteori	8
Diffusionsflammer	8
Forblandede flammer	9
Antændelsesgrænser.....	9
Overtænding.....	10
Backdraft.....	10
Røggasekspllosion.....	10
Brandrummet.....	11
Brændstofstyret brand	12
Ventilationsstyret brand	12
Brandventilation	13
Naturlig ventilation.....	13
Termisk ventilation	13
Aerodynamisk ventilation	15
Mekanisk ventilation	17
Undertryk	17
Overtryk og overtryksventilation	18
Fordele ved overtryksventilation	18
Ulemper ved overtryksventilation.....	18
Anvendelsesmuligheder for overtryksventilation	19
Offensivt.....	19
Kontrolleret offensiv brug	19
Defensivt – til begrænsning.....	21
Efterslukning – reducerer følgeskader	21
Ventilation af kælder ved hjælp af overtryksventilator	22
Serieventilation – kræver at man råder over flere ventilatorer.....	22
Parallelopstilling.....	23
Huskeliste ved brug af overtryksventilator:	24
Ventilatorer	25
Forslag til øvelser:	26
Øvelse nr. 1	26
Øvelse nr. 2	27
Øvelse nr. 3	27
Implementering af overtryksventilation i eget beredskab	28
Fasedelt implementering	28

Teoriundervisning	29
Ventilationsmodeller	29
Praktikundervisning.....	31
Brandhuse.....	31
Ordliste	32
Litteraturliste	36
Video	37
CD ROM	37
Forslag til ændringer til dette kompendium	37

Førord

At brandventilation har været et fast element i de danske redningsberedskaber's opgavesæt i mange år, hersker der ingen tvivl om.

Men der er med tiden blevet udviklet nye teorier baseret på erfaringer samlet fra redningsberedskaber verden over. I takt hermed har nye metoder og udstyr vundet frem. Metoder og udstyr med klare fordele som vi med stor gavn kan gøre brug af - her tænkes specielt på overtryksventilering.

Med nytænkning følger der også gerne mystik og skepsis. Dette kan virke hæmmende i vores bestræbelser for hele tiden at udvikle os, til at blive bedre og mere effektive i vores arbejde, ligeledes vil det altid være vores opgave at højne sikkerheden for vores brandmandskab, samt reducere de stressfaktorer, der uvilkårligt påvirker især vores røgdykkere. Brandventilation er et effektivt; men desværre til tider overset stykke værktøj.

Jeg håber med dette kompendium at kaste lys over emnet brandventilation og herunder især overtryksventilering, samt at bidrage med dansk litteratur, der i forvejen synes langt imellem.

Specifikt vil det blive brugt i forbindelse med undervisning på Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole, men det er ligeledes mit håb, at det kan tjene som inspiration for andre emnet måtte interessere.

Kompendiet er en sammenskrivning af eksisterende såvel dansk som udenlandsk litteratur, som jeg har fundet interessant og brugbart i uddannelsen af brandmænd/ledere i det danske redningsberedskab.

Formål

Indledningsvis skal vi først have defineret begrebet **brandventilation**, idet der på området (primært afhængigt af land) arbejdes med flere udlægninger. Den definition som vi finder mest anvendelig, for den taktiske opgave som lederen iværksætter, når han vælger at ventilere, er som følgende:

”En planlagt og systematisk fjernelse af varm luft, røggasser eller andre forurenende luftformige stoffer og erstatning med frisk luft”

Formålet med ventilation er:

- at reducere røgfaren for indespærrede og øge flugtmulighederne
- at øge røgdykkerens sikkerhed ved:
 - reduktion i faren for overtænding
 - nedsat stressfaktor
- at sænke temperaturen samt øge sigtbarheden for at lette røgdykkerens arbejde
- hurtigere lokalisering af branden
- at hindre eller reducere brandudbredelsen som følge af varme- og røgspredning
- at reducere følgeskaderne efter brand eller forurening på såvel løsøre (indbo, inventar) som bygning

I hvor høj grad ovennævnte formål bliver opfyldt, afhænger af hvilke metoder, der benyttes, og hvornår i indsatsen de iværksættes.

Generelt kan man sige, at ventilation skal iværksættes så tidligt som muligt.

Lidt elementært fysik

Tryk:

Tryk måles i forskellige enheder.

$1 \text{ atm.} \approx 1 \text{ bar} \approx 10 \text{ m.v.s.} \approx 100\,000 \text{ pa.}$

Begreber:

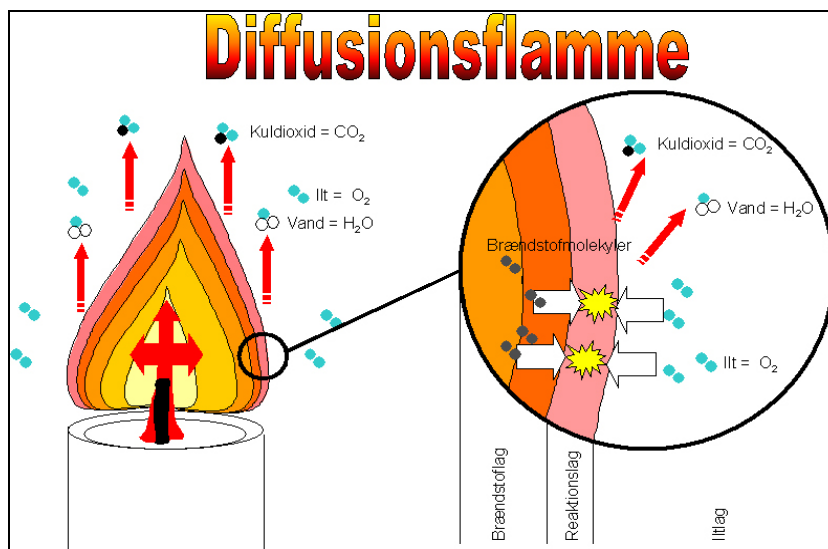
Flow	Luftmængde der passerer igennem det rum, der ønskes ventileret
Normaltryk	Daglig barometerstand (i Danmark typisk 1013 mbar)
Overtryk	Over daglig barometerstand
Undertryk	Under daglig barometerstand
Kelvin	Temperatur skala hvor $273 \text{ °K} \approx 0 \text{ °C}$.
Tilluftsåbning	Åbning for tilførelse af frisk luft også kaldet erstatningsåbning
Fraluftsåbning	Åbning for afgang af ventilationsgasser
Densitet/Massefylde	Kg/m^3
Ejektor princip	Undertryk skabt af en luftmængde i bevægelse
Nulplan	Nulplan angiver den adskillende grænse mellem undertryk og overtryk. Nulplanet angiver hvor i rummet der er normaltryk
Pyrolyse	Afgasning fra materialer under varmepåvirkning, indtræffer normalt ved $100\text{-}250\text{°C}$

Forbrændingsteori

Diffusionsflammer

Betingelsen for at en brand kan forløbe er tilstedeværelsen af brændstof, varme og ilt. På et brandsted eksisterer brændstoffet typisk som inventar og bygningsdele. Ilt forefindes i form af atmosfærisk luft. Brændstof og ilt blandes først umiddelbart i forbindelse med selve forbrændingen. Den type flamme, der opstår i den forbindelse kaldes for en diffusionsflamme.

Et godt eksempel på det, er flammen i et almindeligt stearinlys. Brændstoffet (stearinen) smelter og transporteres via vægen op og fordampner. Luft trænger ind fra siderne og diffunderer sammen med stearindampene ind i forbrændingszonen.



Figur 1 eksempel på en laminær diffusionsflamme

Diffusionsflammer kan deles i to forskellige typer, nemlig laminære diffusionsflammer og turbulente diffusionsflammer. En laminær diffusionsflamme er et udtryk for at forbrændingen foregår roligt og velordnet, præcis som det er tilfældet i ovenstående eksempel med stearinlyset.

Turbulente flammer er karakteriseret ved at være uregelmæssige og hvirvlende. Disse flammer kan opstå i alle udstrømmende gaslag og ses i forbindelse med alle brande.

Årsagen til at de bliver uregelmæssige og hvirvlende er at tilgangen af brændstof er større end tilgangen af luft.



Figur 2 Backdraftcontainer, Fire Service College

Da diffusionsflammer altid opstår i grænselaget imellem brændstof og luft er det ikke relevant at anvende antændelsesgrænser til at beskrive processen. Termer som mager og fed kan ikke bruges i denne sammenhæng da de alene er gældende i de tilfælde, hvor vi har forblandede flammer.

Forblandede flammer

I dette tilfælde er brændstoffet jævnt fordelt og blandet med luften. Når gassen antændes ligger koncentrationen allerede indenfor antændelsesgrænserne. Vi kender princippet fra gasskabet til demonstration antændelsesgrænser i forbindelse med undervisning i brandforløb og overtænding. Som et mere håndgribeligt eksempel kan nævnes brandudbredelse hvor røggasser strømmer fra et rum til et andet. Her har gasserne mulighed for at blive blandet med luft inden antændelse.

Forbrændingshastigheden i forblandede gasser er ofte væsentligt højere, end det er tilfældet for diffusionsflammer.

Antændelsesgrænser

For at de forblandede gasser skal kunne antændes er det nødvendigt at koncentrationen af gasser befinder sig inden for antændelsesgrænserne.

Den pågældende luftarts koncentration i den atmosfæriske luft har betydning for om en luftart kan antændes. Luftarter har en nedre og en øvre antændelsesgrænse. Den nedre

angiver den magreste blanding og den øvre angiver den fedeste blanding – kun imellem de to grænser er antændelse mulig.

Antændelsesgrænser varierer meget afhængigt af hvilket stof det drejer sig om, men temperaturen kan også påvirke antændelsesgrænserne i betydelig grad. Såfremt man hæver temperaturen vil nedre antændelsesgrænse falde.

Overtænding

Fasen hvor energiniveauet i branden er så højt at samtlige overflader i rummet pyrolyserer og branden overgår til at være en fuldt udviklet rumbrand.

Dette indtræffer normalt ved temperaturer imellem 450 og 770 °C og energiniveauet vil da være imellem 15 og 33 KW/m². I praksis siger man at såfremt røggassen når en temperatur på 600 °C eller et energiniveau svarende til 20 KW/m² så antændes det. Bemærk at rummets størrelse, brandens placering, det brændbare materiale og ventilationsmulighederne har afgørende indflydelse på ovennævnte.

Backdraft

I situationer, hvor branden er underventileret og røggasserne har høj temperatur er der ved tilgang af luft, risiko for at branden udvikler sig til en backdraft. Forudsætningen for, at dette fænomen kan opstå er at en vis del af gasserne forblendes med luft. Antændelse af røggasserne sker ofte med eksplosionsagtig hastighed.

Røggasekspllosion

Når uforbrændte røggasser spreder sig til tilstødende rum er der risiko for disse blandes med luft og tilsammen udgør en brandbar blanding. Såfremt denne blanding tilføres en tændkilde kan det lede til en antændelse med meget høj intensitet og trykstigning. Dette fænomen er heldigvis relativt sjældent idet forudsætningen for antændelse er, at vi har tændkilden og det rigtige blandingsforhold samtidigt. Vi ved fra svenske registreringer at fænomenet kun indtræffer ganske få gange om året, men til gengæld ved vi også at det kan have meget farlige konsekvenser.

Hvordan skelner man i praksis?

I praksis kan det være meget svært at skelne imellem eksempelvis røggasekspllosion og backdraft, idet de trykstigningsmæssigt ser ens ud. Men en væsentlig forskel er at en backdraft opstår i rum med dårlige ventilationsmuligheder hvilket gør at forbrændingen

må foregå med begrænset ilttilførelse, dette gør at der opbygges en stor mængde uforbrændte gasser.

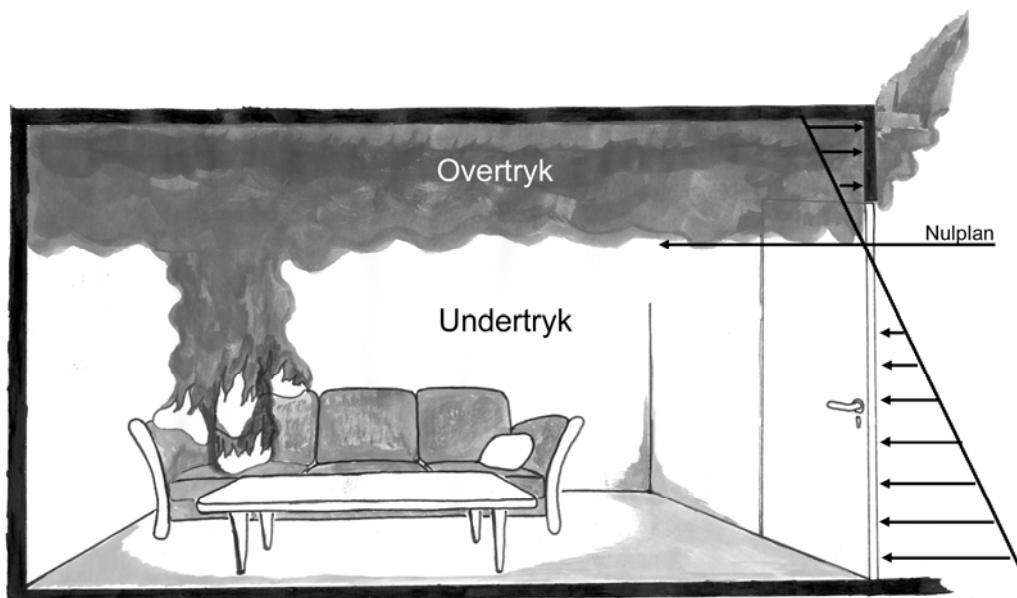
Disse gasser kan senere antændes, hvis der sker en ændring af ventilationsforholdene og dermed tilgangen til ilt. Hvorimod det er karakteristisk for røggasekspllosionen at røggasserne allerede er forblandede med luft når antændelsen sker og såfremt blandingen ligger tæt på idealblandingen, vil forbrændingen ske med en meget høj trykstigning. En overtænding er derimod lettere at skelne fra de øvrige idet der jo er tale om en diffusionsproces hvor luft og røggas blandes umiddelbart før antændelse, forbrændingens intensitet bliver derfor lavere og dermed også trykstigningen.

Derfor er en dybere forståelse af betingelserne for henholdsvis overtænding, backdraft og røggasekspllosion absolut nødvendig for at kunne skelne sikkert imellem disse og samtidigt handle korrekt i de situationer hvor fænomenerne opstår.

Brandrummet

Som optakt til de egentlige kapitler omhandlende ventilationsmetoder er det nødvendigt, at beskrive de forhold, der gør sig gældende i et brandrum.

Over nulplanet har vi de varme røggasser, der som følge af deres temperatur skaber et lille overtryk.



Grunden til at dette overtryk ikke udlignes nedad, skyldes de varme røggassers termiske opdrift.

At ovenstående er tilfældet ses tydeligt ved indgangsdøren til et brandrum, hvor der eksempelvis trænger røg ud fra den øverste del af døren, samtidig med at man fornemmer et sug ind i rummet fra den nederste del af døren.

Størrelsen på sådanne overtryk ligger i omegnen af 0,1 mbar afhængig af røggassernes temperatur. Til sammenligning kan nævnes at det overtryk, der skal til for at en tynd glasrude revner er ca. 50 mbar.

Der vil altid være varmest over branden, og i forbindelse med at røgen breder sig med en hastighed på 1 – 2 m/s og faldende, vil omgivelserne optage varmen fra røgen og evt. derved bidrage med pyrolysegasser. Ligeledes vil strålevarmen påvirke omsætningen af røggas.

Brændstoffstyret brand

Mængden og formen af det brændbare materiale er begrænsningsfaktoren. I en brands opstartsfase er branden brændstoffstyret, idet branden er lille i forhold til lufttilgangen.

Ventilationsstyret brand

Tilgangen af luft er den begrænsende faktor.
Brande i lukkede rum bliver hurtigt ventilationsstyrede.

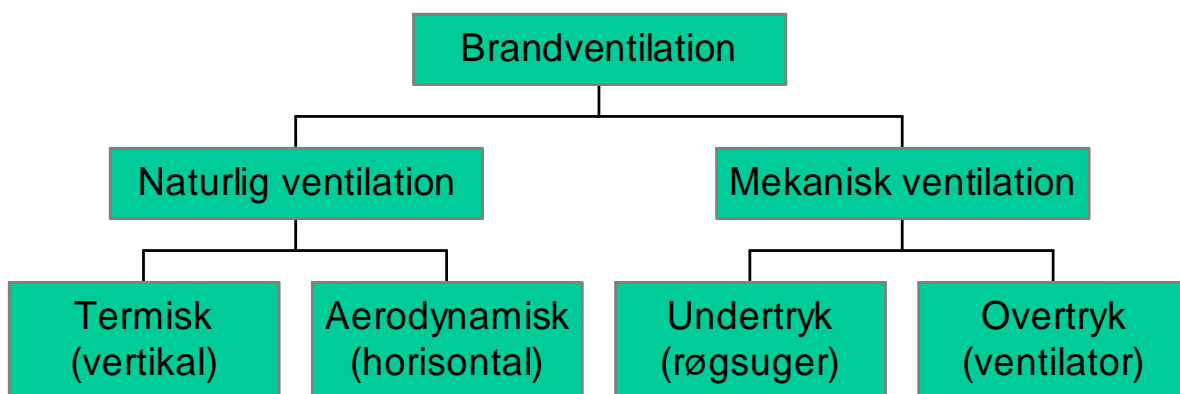
Vi skal i denne forbindelse være opmærksom på, at branden i de fleste tilfælde ved redningsberedskabets ankomst vil være en ventilationsstyret brand, og vi derfor ved ventilation påvirker brandens intensitet.

Brandventilation

Al ventilation bygger på forskelle i tryk. Trykforskellen kan i princippet skabes på to forskellige måder: Naturlig og mekanisk.

Ved naturlig ventilation har vi følgende muligheder: Termisk (vertikalt) og aerodynamisk (horisontalt)

Ved mekanisk ventilation har vi ligeledes to muligheder: Undertryk og overtryk.



Naturlig ventilation

Termisk ventilation

Termisk ventilation kaldes også for vertikal ventilation eller topventilation, og går ud på, at man laver en eller flere åbninger højt i bygningen (ofte i taget). Således kan de varme røggassers termiske opdrift bevirke, at de kan ventileres vertikalt ud ad bygningen (samme princip som når en varmluftsballon stiger til vejrs).

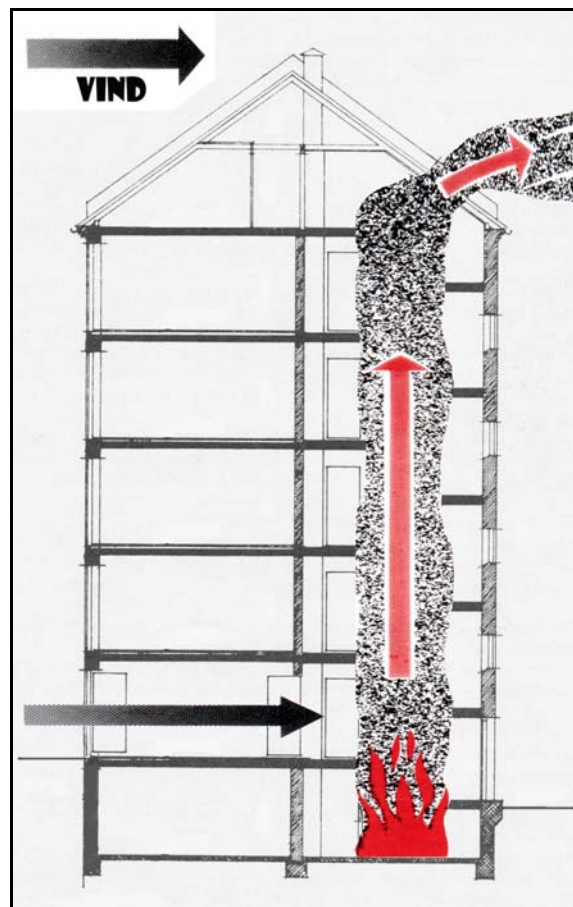
Størrelsen af gassers termiske opdrift afhænger af deres temperatur:

- ved 20°C (ca. 300 K) har luft en densitet på ca. 1.2 kg/m³
- ved 320°C (ca. 600 K) har luft en densitet på ca. 0,6 kg/m³
- ved 920°C (ca. 1200 K) har luft en densitet på ca. 0,3 kg/m³

Fordobler man den absolutte temperatur, halveres luftens densitet. Det samme gør sig gældende for røggasser.

For optimal ventilation bør det tilstræbes, at fraluftsåbningen har en størrelse på 2-4 m² samtidigt med at tilluftsåbningen gøres 1-1,5 gange større. I praksis kan man ved ventilation af en fleretages beboelsejendom lave et hul i taget svarende til ca. 1-4 tagplader, og samtidigt lade indgangsdøren stå åben.

Ved industribygninger og fabrikshaller kan man som fraluftsåbninger benytte ovenlysvinduer eller tilsvarende ventilationsåbninger (svarende til 2-4 m²)



Figur 3 eksempel på termisk ventilation

Det bør tilstræbes, at der ventileres lige over branden samt i tagets læside.

Generelt er det forholdsvis nemt at skabe fraluftsåbninger i tage med trækonstruktioner med tagplader eller tegl. Det er mere vanskeligt når det drejer sig om tagpap eller ovennævnte kombineret med nok et ydertag for eksempel et renoveringstag.

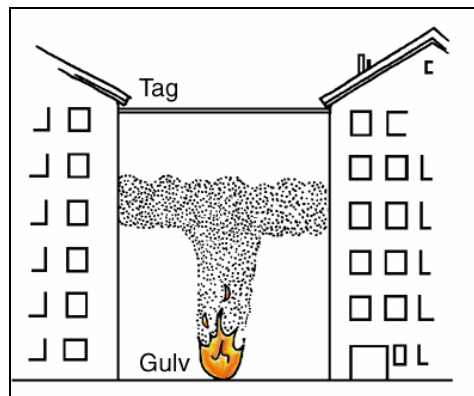
Ved termisk ventilation er det vigtigt at fokusere på følgende:

- nøje vurdering af sikkerhedsforhold for færdene på taget
- overvej brug af udstyr (motorsav/skæreskive)
- faldsikring af udstyr og personer
- placering af sikringslange (risiko for brandspredning eller overtænding)
- koordinering af ventilationshold og røgdykkerhold

Taktisk er termisk ventilation anvendelig i følgende situationer:

- brand eller røg i tagetage eller loftsrum
- røg i opgange eller skakte
- fabrikshaller (en etage eller øverste etage).
- butikcentre (ved røg under taget)

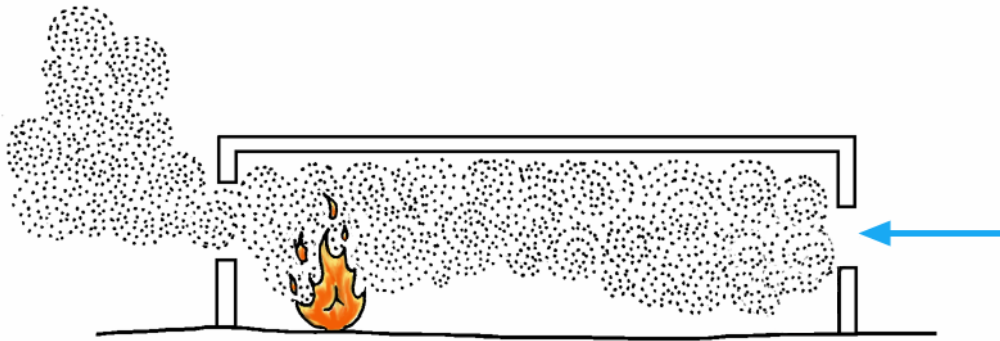
I høje bygninger kan man opleve, at røggasser ikke samler sig lige under taget, men f.eks. halvvejs oppe i bygningen. Dette skyldes at røggasserne under transporten har afgivet deres varme til omgivelserne, hvilket medfører at røggasserne mister deres termiske opdrift.



Figur 4 røggasserne er for kolde til at trække helt op under taget

Aerodynamisk ventilation

Aerodynamisk ventilation (horisontal ventilation), kaldes i det daglige blot for udluftning, og er den mest almindelige form for ventilation. Som en del af slukningsarbejdet åbnes døre og vinduer i brandrummet eller røgfylde lokaler for at opnå gennemtræk. Dette kaldes også for passiv ventilation (udluftning), idet man ikke benytter sig af mekanisk udstyr, eller på anden vis aktivt påvirker ventilationen.



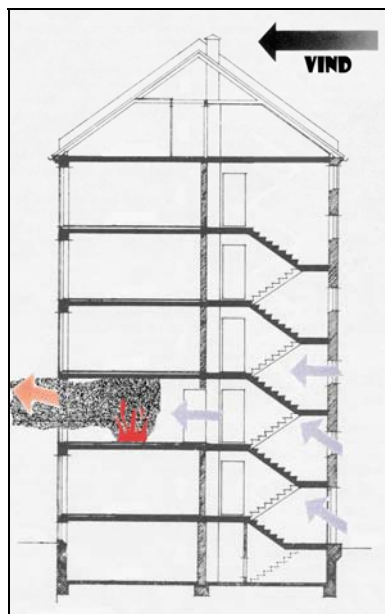
Figur 5 aerodynamisk ventilation

Når vinden rammer en bygning skabes der i vindsiden et overtryk og i læsiden et undertryk.

Størrelsen af overtrykket afhænger af vindhastigheden og varierer typisk fra 0 – 0,15 mbar (vindhastighed 1-5 m/s). Ved storm og orkan kan der opstå trykforskelle på op til 2 mbar.

Undertrykket vil under normale forhold udgøre ca. 50 % af overtrykket.

Når der på et brandsted foretages udluftning, er vinden afgørende for effekten, og man skal derfor tage hensyn til vindretningen, når der etableres tilluftsåbninger og fraluftsåbninger.



Figur 6 ventilation via trappeopgang

Mekanisk ventilation

Undertryk

Undertryksventilation opnås ved hjælp af en røgsuger. Undertrykket skabes ved at sætte en røgsuger op ved en åbning til brandrummet, og derved suge røgen ud. En røgsuger forsynes normalt med slanger, således at man dels kan placere en sugeslange i bygningen, og dels have en slange til at lede røgen fra røgsugeren og ud i det fri. Undertryksventilation kan anvendes taktisk under indsats, men anvendes fortrinsvis i forbindelse med efterslukning og oprydning.

Undertryksventilation medfører stort set ingen risiko for mandskabet. Røgsugeren er særdeles velegnet i forbindelse med ventilation af kældre, hvor der ikke er direkte forbindelse ud i det fri. Endvidere er røgsugeren brugbar i brandsituationer, hvor det er nødvendigt at lede røgen igennem rum og passager, der ikke er påvirket af branden for eksempel en trappeopgang.

Desuden er røgsugeren at foretrække i de tilfælde hvor tilluftsåbningen og fraluftsåbningen er sammenfaldende. Sædvanligvis anvendes elektriske røgsugere og ydeevnen for disse ligger normalt imellem 2000 – 8000 m³ i timen.



Figur 7 røgsuger anvendt under indsatsøvelse i Tinglev

Ved brug af røgsuger bør følgende iagttages:

- røgsugeren placeres højt i åbningen eller forsynes med slanger
- den slange der anvendes på sugesiden, skal være forsynet med en indvendig spiral, således at den holder sin form, slangen på tryksiden kan udmærket være af blød plast
- vær opmærksom på at såvel slanger som røgsuger skal kunne modstå en vis varmebelastning som følge af varme røggasser

Overtryk og overtryksventilation

Overtryksventilation er en metode, hvor der tilføres store mængder luft til brandrummet, samtidig med at røggasserne presses ud. Metoden har med succes været anvendt i udlandet i mange år og har i løbet af de sidste par år bredt sig til Danmark.

Fordelene er, at man hurtigt får skabt god sigt og sænket temperaturen markant. Dette vil først og fremmest forbedre arbejdsbetingelserne samt sikkerheden for røgdykkerne i en grad, som vi ikke tidligere har oplevet ved andre former for ventilation. Overtryksventilatorer fås med ydelser fra ca. 8000 – 50.000 m³ pr time. Det overtryk der reelt skabes vil ligge imellem 0,1 – 0,3 mbar.

Fordele ved overtryksventilation

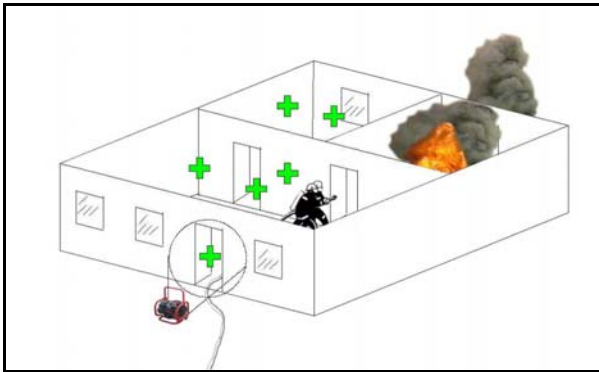
- hurtig sænkning af temperatur
- forbedret arbejdsmiljø for røgdykkerne
- mulighed for hurtigere redning af personer
- hurtig lokalisering af brand
- hurtigere slukningsindsats
- begrænsning af brandudbredelse

Ulemper ved overtryksventilation

- tilfører ilt til brandrummet, hvilket altid medfører risiko for at øge brandens intensitet
- risiko for brandspredning, evt. via fraluftsåbning
- risiko for uhensigtsmæssig røgspredning, her kan evt. indespærrede personer også komme i fare via eksempelvis andre ikke kontrollerede åbninger
- tilskadekomne, der befinder sig imellem initialbrand og fraluftsåbning kan komme i fare
- benzindrevne ventilatorer støjer meget

Anvendelsesmuligheder for overtryksventilation

Offensivt



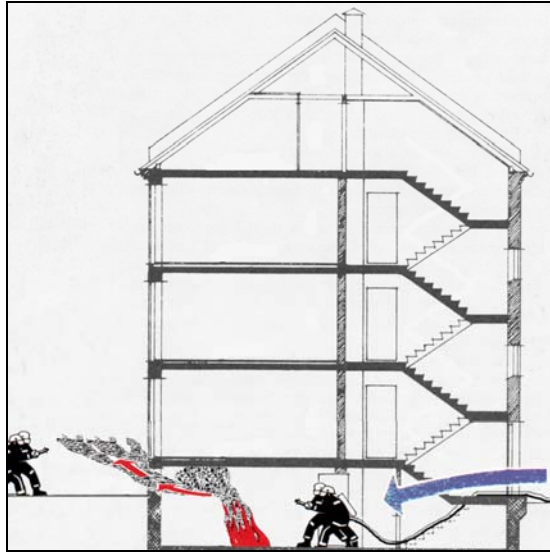
Figur 8 offensiv indsats med overtryksventilation

Ved offensiv brug af overtryksventilation trænger røgdykkerne ind med overtrykket og får derfor straks fordel af temperaturfald og øget sigt. Denne metode er ret udbredt i England og USA. Det er af stor vigtighed at holdleder og mandskab er fortrolige med teknikken og at luftens vej er veldefineret, da man ellers risikerer at forværre brandsituationen.

Kontrolleret offensiv brug

Ved denne metode sikrer røgdykkerne sig imod ubehagelige overraskelser ved at de inden der sættes overtryk på gør følgende:

- temperaturkontrol og køling af røggasser
- lokalisering af initialbrand
- valg af fraluftsåbning
- sikrer sig, at der ikke er personer imellem brand og fraluftsåbning



Figur 9 kontrolleret offensiv brug ved kælderbrand

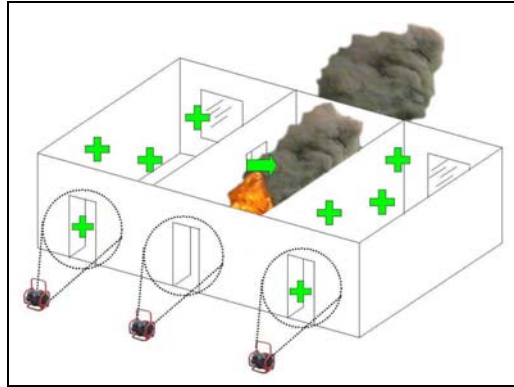
Bemærk! Sikringsslangen ved fraluftsåbningen. Denne slange kan udmærket betjenes af kun en mand. Man må aldrig sprøjte direkte ind igennem fraluftsåbningen. Dette kan ødelægge gennemstrømningen og samtidig udsætte røgdykkerne for fare, idet man risikerer at føre frisk luft direkte ind i de varme røggasser med overtænding til følge.

Forslag til brug af mandskab ved kontrolleret offensiv brug i forbindelse med HT-udlægning:

- | | |
|-----|--|
| 1+2 | Indsættes som røgdykkere |
| 3 | Fremtager ventilatoren, placerer den ved tilluftsåbningen, starter motoren, lader den køre i tomgang med luftkeglen drejet væk fra døren.
Udlægger herefter sikringsslange (HT) til fraluftsåbningen. Nr. 3 betjener sikringsslangen evt. med hjælp fra nr. 4 |
| 4 | Vandforsyning |
| MP | Normal opgave |
| HL | Når 1+2 melder klar til ventilation – drejer HL ventilatoren og sætter tryk på. |

Defensivt – til begrænsning

For at hindre brandens udbredelse sættes tilstødende lokaler under tryk og på den måde undgår man en spredning af røgen.



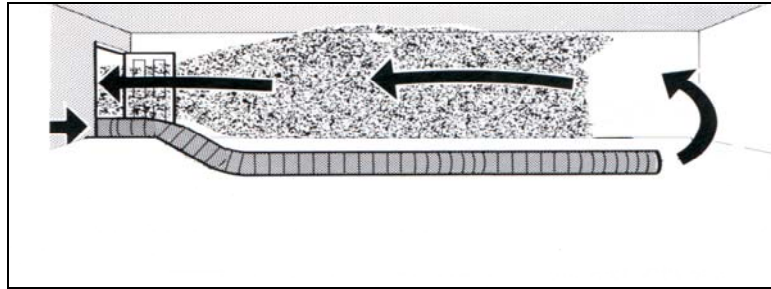
Figur 10 defensiv anvendelse

Efterslukning – reducerer følgeskader

Her bruges overtryksventilatoren som et supplement til den almindelige udluftning i forbindelse med efterslukningen, hvor man blandt andet kan reducere følgeskadevirkninger fra røggassernes indhold af syre m.v.

Ventilation af kældre ved hjælp af overtryksventilator

Ventilation af kældre er ofte vanskelig og man vil sædvanligvis foretrække at anvende en røgsuger frem for en overtryksventilator; men nedenstående eksempel viser hvorledes man kan benytte den samme dør som både tillufts- og fraluftsåbning (kaldes også for delt dør).



Figur 11 Kælder ventilation med kun en åbning

Metoden anvendes ofte i England i forbindelse med ventilering af mindre kælderrum og lignende lokaler som ellers vil være vanskelige at ventilere. Man skal dog sikre sig at luftstrømmen ensrettes igennem slangen, således at man ikke ødelægger flowet øverst i døren. Desuden er det vigtigt, at man ikke får sat røggasserne i cirkulation og på den måde føder branden med iltede røggasser. Det sidste sikres ved at man ikke placerer ventilatoren for tæt på døråbningen.

Serieventilation – kræver at man råder over flere ventilatorer



Figur 12 serieventilation

I visse situationer vil det være en fordel at anvende to ventilatorer i serie. Det kunne eks. være fordi luftens vej igennem bygningen er lang eller fordi man vil ventilere 1. sal eller højere.

Såfremt man opererer med ventilatorer med uens ydelse bør den ventilator med størst ydelse placeres langt fremme ved bygningen, evt. i bygningen således at man sikrer den bedst mulige luftstrøm inde i bygningen.

Af figur 12 fremgår at den bageste ventilator med sin luftkegle dækker hele åbningen og forreste ventilator skal derfor udelukkende bruges til at sikre bedst mulig luftstrøm i bygningen.

Parallelopstilling

Såfremt at tilluftsåbningen er så stor at den ikke eller kun vanskeligt kan dækkes med en ventilator, er det muligt at benytte sig af parallelopstilling.



Figur 13 parallelventilation

Huskeliste ved brug af overtryksventilator:

- husk altid at lave fraluftsåbninger
- bemand sikringsslangen ved fraluftsåbningen
- fraluftsåbningens størrelse bør være 0,75-1,5 gange tilluftsåbningen
- afstanden imellem ventilator og dør skal som hovedregel svare til dørens højde
- luftens vej skal være veldefineret, undgå at der presses brand og røggasser ind i tilstødende rum og bygninger
- pres ikke brand og røggasser imod indespærrede personer samt røgdykkere
- overtryksventiler aldrig uden at have sikrings- og angrebslanger fremme og klar til indsats

Ventilatorer

Kort beskrivelse af forskellen på kegleprincippet og turboprincippet.

Der findes i princippet to forskellige hovedgrupper af ventilatorer. De ventilatorer der fungerer efter kegleprincippet (se figur 14) og de ventilatorer der anvender ejektorprincippet (se figur 15). Den første gruppe fungerer ved at de frembringer en luftkegle og her er det vigtigt at tilluftsåbningen forsegles helt af luftkeglen.

I dette tilfælde er den reelle ydelse udelukkende den luftstrøm, der direkte produceres af ventilatoren. Placeringen af ventilatoren er meget afgørende for ydelsen, idet en for stor dækning af tilluftsåbningen, vil kunne reducere effekten.

Turboventilatorerne som arbejder efter ejektorprincippet, fungerer således at de trækker en større luftstrøm med ind igennem tilluftsåbningen i forhold til den af ventilatoren skabte luftmængde.

I praksis kan en turboventilator eksempelvis reelt yde 10.000 m³/h men på grund af ejektorvirkningen øges denne ydelse til ca. 30.000 m³/h. det vil sige at ydelsen øges op til 3 gange den reelle ydelse.

Meningerne om hvad der fungerer bedst er meget delte. Fakta er at begge metoder fungerer om end principperne er forskellige.



Figur 14 kegleprincip



Figur 15 ejektorprincip

Forslag til øvelser:

Øvelse nr. 1

Formålet med denne øvelse er at træne placering og drift af ventilatoren samt at give deltagerne en forståelse af luftens vej igennem bygningen

Øvelsen har den fordel, at man på en simpel og let overskuelig måde kan illustrere luftens vej igennem bygningen ved overtryksventilation. Man har endvidere en god mulighed for at se, hvilken påvirkning ventilationen har på tilstødende lokaler, hvad angår risiko for brandspredning eller i situationer, hvor der er brand i flere lokaler.

Øvelsen udføres helt uden brand og røgmarkeringer og kan således udføres hvor som helst.



Figur 16 uden fraluftsåbning



Figur 17 med fraluftsåbning

Man fastgør nogle plastikstrimler i døråbninger og i loftet, alt efter i hvilket omfang man ønsker at følge luftens vej igennem bygningen. Herefter kan man så ved at vælge forskellige fraluftsåbninger, se hvilke rum der bliver påvirket. Det er alene de rum, der har en etableret fraluftsåbning, som vil blive påvirket af ventilationen. Dette giver (ved brand) mulighed for en sektionsvis ventilation og det vil således være let for røgdykkerne at styre forløbet. Som det fremgår af illustrationerne vil strimlerne hænge lodret i de rum der ikke påvirkes af overtrykket og vandret i de rum der påvirkes.

Øvelse nr. 2

I denne øvelse fyldes bygningen med kold røg, eksempelvis røgpulver eller lignende. Herefter indøves placering af ventilator samt valg af fraluftsåbning. Det er nemt at se ved hvilken placering og ved hvilket valg af fraluftsåbning man får det bedste flow. Denne øvelse egner sig ligeledes fortrinligt til indøvning af sektionsvis ventilation.

Øvelse nr. 3

Formålet med denne øvelse er at vise røgdykkeren hvilke fordele der er ved overtryksventilation. Der anvendes en brandmarkering af halm, og der tændes op i 2-3 rum, der har forbindelse med hinanden.

Forslag til gennemførelse af øvelse nr. 3

- alle bål tændes, der anvendes evt. lidt væske til optænding således at man får en hurtig temperaturstigning
- deltagerne går nu rundt og kigger på alle bålene, således at brandsituationen er kendt for alle
- alle aftager en handske for at få en fornemmelse af temperaturen
- herefter etableres en fraluftsåbning og temperaturen kontrolleres igen uden handske
- nu etableres overtrykket og temperaturen kontrolleres endnu en gang, og der bør nu ske et markant fald i temperaturen samt øget sigtbarhed
- hvis man bevæger sig rundt til de andre lokaler i bygningen, vil man opleve, at bålene her stort set ikke er påvirket af ventilationen
- herefter arbejdes med slukning og sektionsvis ventilation

Implementering af overtryksventilation i eget beredskab

For de beredskaber, der har indkøbt en overtryksventilator og gerne vil i gang melder spørgsmålet sig – hvordan kommer vi videre?

Her er det vigtigt at man får uddannet og trænet sit mandskab grundigt inden man begynder at benytte ventilatoren under indsats.

Følgende skal være helt på plads inden anvendelse:

- teorien vedrørende brandforløb og overtænding er en væsentlig forudsætning for forståelsen af de forhold der hersker på brandstedet
- fuld forståelse af sammenhængen imellem ventilation og brandudbredelse
- teoretisk såvel som praktisk forståelse for ventilatorens placering, luftens vej igennem bygningen samt størrelse og valg af fraluftsåbning

Fasedelt implementering

Implementeringen kan med fordel deles i tre faser

Fase I: Ventilatoren bruges udelukkende i forbindelse med efterslukning og oprydning. Man minimerer herved risikoen for at miste kontrollen over branden som følge af eventuel fejlbetjening og samtidig får man erfaring med placering samt luftens vej igennem bygningen.

Fase II: Kontrolleret offensiv indsats – ventilatoren indsættes når branden er under kontrol, men ikke slukket.

Fase III: Når de to første trin i implementeringen er gennemført med succes, vil det være naturligt, at udvide brugen af overtryksventilation til også at indbefatte de mere avancerede opgaver og teknikker i forhold til taktisk brandventilation.

Fase III går således ud på at træne i brugen af ventilatoren i forbindelse med offensiv ventilering (kontrolleret offensiv ventilering ligger under fase II), defensiv ventilering, serieventilation og parallelventilation (to eller flere ventilatorer), delt dør mv.

Her kan man eksempelvis arbejde med ventilering af mere komplicerede objekter. Det kunne være lagerhaller, høje bygninger og kælderrum.

Teoriundervisning

Ventilationsmodeller

I forbindelse med undervisningen melder der sig hurtigt et behov for at kunne anskueliggøre de grundlæggende ventilationsprincipper før man påbegynder de egentlige øvelser i brandhuse og lignende.

Til dette formål har Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole udviklet to modeller der adskiller sig fra hinanden såvel hvad angår pris som muligheder. I det følgende afsnit vil disse to modeller blive gennemgået og det er målet at dette vil kunne tjene som inspiration til andre, der måtte have interesse i at fremstille lignende modeller.

Lille ventilationsmodel



Figur 18 Lille ventilationsmodel

Dette er en simpel og ikke mindst billig løsning, som kan fremstilles for få hundrede kroner. Den er meget enkelt opbygget med fire rum og et gangareal. Taget består af en plexiglasplade. Røgmarkeringen laves med små røgpatroner, indkøbt hos en forhandler af udstyr til modelbygning.

Ved hjælp af små elektriske ventilatorer fra eksempelvis en kasseret computer, er det muligt at demonstrere de grundlæggende principper for overtryksventilation.

Stor ventilationsmodel

Til mere avancerede demonstrationer af ventilationsprincipper, har Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole i samarbejde med



Bjerndrup Produktionsskole, udviklet en model med flere muligheder.

Modellen er i tre etager med trapperum. I stueetagen og på første sal er der 3 rum pr etage. Der i alt tre arnesteder (et pr etage). Arnestederne består af et varmelegeme, i princippet en brødrister. På varmelegemet placeres små træstykker (eks. træpiller) og evt. savsmuld, der ved opvarmning afgiver røg. Man er ikke interesseret i flammer, men udelukkende røg.

I alle rum er der monteret en temperaturføler og på et display placeret øverst på modellen er det muligt at følge temperaturstigningen i modellen.

Ventilatorerne er ligeledes i dette tilfælde, små elektriske ventilatorer fra en kasseret computer.

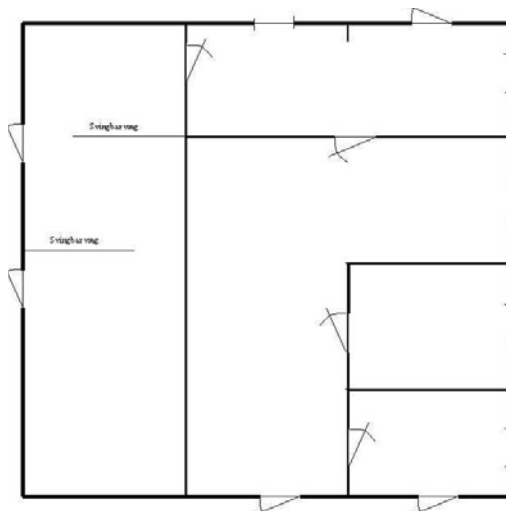
Den viste model vil kunne erhverves for ca. 16.000,- kr. afhængigt af hvilke ønsker og krav man måtte stille til måleudstyr og funktioner.



Praktikundervisning

Brandhuse

Det er naturligvis muligt at indøve brug af overtryksventilation i alle typer af brandhuse man måtte have til rådighed. Ved Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole har vi, på baggrund af vores undervisningserfaringer inden for ventilation, bygget et brandhus som er særligt velegnet til formålet.



Figur 19 Ventilationscontainer, BRTS

Brandhuset, som hos os benævnes ventilationscontaineren, er opbygget af containere og er designet således, at der er mulighed for at træne stort set alle former for brug af overtryksventilation. Som eksempler herpå kan blandt andet nævnes:

- sektionsvis ventilation
- kontrolleret offensiv ventilation
- offensiv ventilation
- defensiv anvendelse
- ventilering af varme røggasser

Ved fremtidige byggerier af brandhuse vil det være tilrådeligt at man indretter dem således, at der også er taget hensyn til anvendeligheden ved indøvelse af ventilationsteknikker. Her tænkes specielt på antallet af udvendige døre, placering af vinduer samt indvendige døre.

Ordliste

Aerodynamisk ventilation	Kaldes også for horisontal ventilation, her udnyttes det naturlige gennemtræk igennem bygningen
Antændelsesgrænser	Den pågældende luftarts koncentration i den atmosfæriske luft har betydning for om en luftart kan antændes. Luftarter har en nedre og en øvre antændelsesgrænse. Den nedre angiver den magreste blanding og den øvre angiver den fedeste blanding. Kun imellem de to grænser er antændelse mulig.
Backdraft/backdraught	I situationer, hvor branden er underventileret og røggasserne har høj temperatur, er der ved tilgang af luft, risiko for at branden udvikler sig til en backdraft. Forudsætningen for at dette fænomen kan opstå er, at en vis del af gasserne forblendes med luft. Antændelse af røggasserne sker ofte med eksplosionsagtig hastighed
Brændstofstyret brand	Mængden og formen af det brændbare materiale er begrænsningsfaktoren. I en brands opstarts fase er branden brændstofstyret, idet branden er lille i forhold til lufttilgangen.
Defensiv brug	Ventilatoren bruges til at sætte rum under tryk for at hindre røgspredning. Som eksempel kan nævnes et trapperum der ønskes anvendt ved evakuering
Densitet/Massefylde	Kg/m^3
Diffusionsflamme	Brændstof og ilt blandes først umiddelbart i forbindelse med selve forbrændingen. Kan være enten laminær eller turbulent
Ejektor princip	Undertryk skabt af en luftmængde i bevægelse
Flow	Luftmængde der passerer igennem det rum, der ønskes ventileret

Forblandede flammer	Her er ilt og røggas forblandet inden antændelse, kendes fra brandudbredelse, hvor røggasser strømmer fra et rum til et andet
Fraluftsåbning	Åbning for afgang af ventilationsgasser
Horisontal ventilation	Kaldes også for aerodynamisk ventilation, Her udnyttes det naturlige gennemtræk igennem bygningen
Kelvin	Temperatur skala hvor $273 \text{ }^{\circ}\text{K} \approx 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
Kontrolleret offensiv brug	Ventilation iværksættes når branden er under kontrol men ikke nødvendigvis slukket
Laminære flammer	Karakteriseres ved at forbrændingen foregår roligt og velordnet, præcis som det er tilfældet med et stearinlys.
Mekanisk Ventilation	Ventilation udført med enten en overtryksventilator eller en røgsuger
Normaltryk	Daglig barometerstand (oftest 1013 mbar)
Nulplan	Nulplan angiver den adskillende grænse mellem undertryk og overtryk. Nulplanet angiver hvor i rummet der er normaltryk
Offensiv brug	Ventilation iværksættes før røgdykkernes indtrængen på brandstedet
Overtryk	Over daglig barometerstand
Overtryksventilator	En mekanisk ventilator der anvendes til at skabe et overtryk i en bygning
Overtænding	Fasen hvor energiniveauet i branden er så højt at samtlige overflader i rummet pyrolyserer og branden overgår til at være en fuldt udviklet rumbrand.

Parallelventilation	Flere ventilatorer ved siden af hinanden for at kunne dække en stor tilluftsåbning
Pyrolyse	Afgasning fra materialer under varmepåvirkning, indtræffer normalt ved 100-250°C
Røggasekspllosion	Når uforbrændte røggasser spreder sig til tilstødende rum, er der risiko for disse blandes med luft og tilsammen udgør en brandbar blanding. Såfremt denne blanding tilføres en tændkilde kan det lede til en antændelse med meget høj intensitet og trykstigning.
Sektionsvis ventilation	En metode der anvendes til ventilation af et rum ad gangen
Serieventilation	Opsætning af flere ventilatorer i forlængelse af hinanden for at øge flowet igennem bygningen
Sikringslange	Vandfyldt slange, der placeres ved fraluftsåbningen for at hindre brandudbredelse
Taktisk brandventilation	En planlagt og systematisk fjernelse af varm luft, røggasser eller andre forurenende luftformige stoffer og erstatning med frisk luft
Termisk ventilation	Kaldes også for vertikal ventilation eller topventilation, her udnyttes røgens termiske opdrift
Tilluftsåbning	Åbning for tilførelse af frisk luft også kaldet erstatningsåbning
Turbulente flammer	Turbulente flammer er karakteriseret ved at være uregelmæssige og hvirvlende. Årsagen til, at de bliver uregelmæssige og hvirvlende er, at tilgangen af brændstof er større end tilgangen af luft.
Topventilation	Et andet ord for termisk/vertikal ventilation
Undertryk	Under daglig barometerstand

Undertryksventilation	Mekanisk ventilation udført med røgsuger
Ventilationsstyret brand	Tilgangen af luft er den begrænsende faktor. Brande i lukkede rum bliver hurtigt ventilationsstyrede.
Vertikal ventilation	Kaldes også for termisk ventilation eller topventilation, her udnyttes røgens termiske opdrift

Litteraturliste

Dansk litteratur:

Lærebog i brandtjeneste, Røg og kemikaliedykkere, bind 2
ISBN 87-91133-00-9

Brandventilation, Kompendium i overtryksventilering
Tim Ole Simonsen, Falck

Svensk litteratur:

Brandgasventilation
Stefan Svensson
ISBN 91-7253-066-9

Inomhusbrand
Lars-Göran Bengtsson
ISBN 91-7253-103-7

Övertänding, backdraft og brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv
Lars-Göran Bengtsson
ISBN 91-88891-66-6

Erfarenheter med övertrycksventilation
Räddningsverket
ISBN 91-7253-051-0

Norsk litteratur:

Brannfysikk – fra teori til praksis
Norges Brannskole
ISBN 82-7485-199-4

Engelsk litteratur:

Fire Service Manual, Vol. 2 Fire Service Operations
Compartment Fires and Tactical Ventilation
ISBN 0-11-341175-8

Video

Positive Pressure Ventilation (engelsk), 1999

PPV, en introduktion til overtryksventilation (svensk), 2003

CD ROM

Overtryksventilation, Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole, 2003, kan bestilles på:
www.brs.dk/brts/Kurser/otv.htm

Forslag til ændringer til dette kompendium

Såfremt du har forslag til ændringer, gode ideer eller blot nogle erfaringer du vil dele med andre, er du altid velkommen til at rette henvendelse til undertegnede.

Bemærk, den nyeste udgave af kompendiet, kan hentes på:
www.brs.dk/brts/Kurser/otv.htm

Martin A. Sørensen, Beredskabsstyrelsens Tekniske Skole
E-Mail: mas@brs.dk