



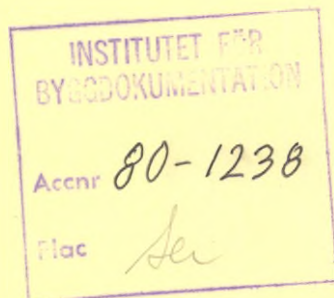
Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Brandventilation i flerplans industri- och lagerbyggnader

Helmut Altmann
Jan Holmberg



R
ent

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
Tel 08-34 01 70
Telex 125 63. Telefax 08-32 48 59

Byggeforskningsrådet

R79:1980

BRANDVENTILATION I FLERPLANS
INDUSTRI- OCH LAGERBYGGNADER

Helmut Altmann
Jan Holmberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
760487-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB, Solna.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R79:1980

ISBN 91-540-3292-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 054114

INNEHÅLL	Sid
Beteckningar	4
Förord	5
Sammanfattning	6
Allmänt	7
Dimensionering enl B:2 1975	7
Flerplansbyggnader	7
Avsvalningens inverkan	9
Strömningsförlustens inverkan	10
Avsugning av tunna brandgasskikt	11
Dimensioneringsgång	14
Referenslista	15
Bilaga 1	16
Bilaga 2	19
Bilaga 3	20
Bilaga 4 Beräkningsexempel	21
Figurblad 1	22
Figurblad 2	23
Tabell 1	24
Tabell 2	25
Tabell 3	26

Beteckningar

A_O	Brandventilatorarea, effektiv m^2	
A_V	Brandventilatorarea, geometrisk m^2	
a	Längd	m
b	Längd	m
C_V	utströmningskoefficient	
d_b	brandgasskiktjocklek	m
d_s	flamskärms höjd	m
d_h	hydraulisk diameter	m
g	gravitationskonstant 9,81	m/s^2
h	schakthöjd	m
\dot{M}_V	massflöde	kg/s
\dot{M}_{krit}	massflöde, kritiskt	kg/s
Δp	tryckdifferens	Pa
P_f	friktionsförlust	Pa
T_O	omgivningstemperatur	$^{\circ}K$
T	brandgastemperatur	$^{\circ}K$
\dot{V}	volymflöde	m^3/s
\dot{V}_{krit}	volymflöde, kritiskt	m^3/s
w	gashastighet	m/s
ρ_O	densitet vid T_O $^{\circ}K$	kg/m^3
ρ_T	densitet vid T $^{\circ}K$	kg/m^3
θ	temperaturdifferens $T-T_O$	0
ϵ	ytråhet	m
λ	friktionstal	
ν	kinematisk viskositet	m^2/s

Förord

Enligt Svensk Byggnorm (SBN 75) skall brandventilation, definierad i kapitel 37:127, anordnas för:

Trapphus	(37:253)
Vind och yttertak	(37:441)
Källare	(37:442)
Garage	(63:31)
Vårdanläggning	(73:152)
Samlingslokal	(75:722)
Laboratorielokal	(78:45)

Dessutom rekommenderas brandventilation för industri-lokaler i kap 77:27 och framhålls som erforderlig för brandsläckning (kap 77:2411 och :2412).

Dimensioneringsregler för brandventilation, nämnda i kapitel 37:253-75:722, hänvisar till Svenska Brandförsvarssällskapets råd och anvisningar nr 5:1 (1975) vilka senare ersatts av Bygghögskolans informationsblad B2:1975. Dessa dimensioneringsanvisningar omfattar tabellvärdena för enplansbyggnader.

I denna rapportens tabell 1 har framtagits koefficienter med vars hjälp brandventilationsöppningar i flerplansbyggnader kan beräknas, förutsatt att ventilationsöppningarna förbinds med brandventilatorerna med ett genom överliggande plan rakt uppåtgående schakt i byggnadsmaterial.

I övrigt baseras dimensioneringen helt på beräkningsmetoden i informationsblad B2:1975.

En referensgrupp för projektet har tillsatts av Statens råd för byggnadsforskning med följande medlemmar:

Agne Mårtensson	, Statens Planverk
Lars Mårten Eliasson	, Statens Brandnämnd
Kai Ödeen	, KTH
Torsten Södergren	, Försäkrings AB Skandia

Vi vill även rikta ett tack till Staffan Bengtsson Svenska Brandförsvarssällskapet, för värdefulla synpunkter och granskningen av vårt utkast.

Utredningsarbetet har bedrivits hos Hugo Theorells Ingeniörsbyrå AB med Jan Holmberg som projektledare och Helmut Altmann som utredningsman.

Sammanfattning

Syftet med detta arbete har varit att söka finna en beräkningsmetod för brandventilationsöppningar i flerplansbyggnaders lägre belägna plan. Randzonerna kan, om de är belägna vid yttervägg, brandventileras genom fasadöppningar, vilket dock förutsätter gynnsam vindriktning vid brandtillfället. De inre zonerna måste brandventileras genom öppningar i tak, vilka genom schakt eller kanaler leder upp till det fria.

Genom schaktets skorstensverkan kan öppningsarean göras mindre än om den gjorts direkt i ett överliggande yttertak. Schakthöjdens inverkan på brandgasutflödet har undersökts.

Vid de varma brandgasernas strömning uppåt genom schaktet sker en avsvälning. Temperatursänkningens inverkan på brandgasutflödet har studerats och visat sig vara försumbar. Vid gastemperaturer högre än 300°C medför en måttlig temperatursänkning ett något ökande utflöde.

En brandventilering över ett schakt medför större strömningsmotstånd än en brandventilering genom en brandventilator placerad direkt på taköppningen. Motståndets storlek är beroende dels av gashastigheten och den kinematiska viskositeten, dels av schaktlängd, schaktets hydrauliska diameter, schaktväggarnas ytråhet och eventuella engångsmotstånd såsom krökar, areaändringar m.m. Strömningsmotståndet inverkan på brandgasutflödet har undersökts för det vanligaste fallet, nämligen ett rakt uppåtgående schakt med samma area som brandventilatorns. Den relativa ytråheten för betonggjutna väggar har antagits till 0,002, d v s ett schakt med 1 m diameter har en ytråhet som är 2 mm. Under dessa förutsättningar har strömningsmotståndet för schakt med en höjd av 10 ggr diametern, en ca 10%-ig inverkan på brandgasutflödet.

Såväl skorstensverkan i schakt som strömningsmotståndets inverkan på brandgasutströmningen eller på erforderlig brandventilationsöppning har sammanfattats i en faktor med vilken den beräknade erforderliga brandventilationsarean i en enplansbyggnad skall multipliceras för att gälla för en högre byggnad. Faktorns storlek varierar med schakthöjd, brandgasskiktets tjocklek och preliminärt antagen schaktdimension.

Vid brandventilationsöppningar som är stora i förhållande till brandgasskiktets tjocklek blir utflödet större än tillflödet av varma gaser mot öppningen, varför falskluft medrives i centrum av ventilationsöppningen. I ett sådant fall har brandventilatoren gjorts för stor och samma ventilationseffekt kunde ha erhållits med en mindre brandventilator. Detta förhållande blir än mer markant vid schaktförsedda öppningar, då gashastigheten här är högre, samt vid öppningar placerade nära en vägg, då tillströmningen

av brandgaser endast kan ske från en sida. I tabeller har angivits de maximala öppningar, vilka kan beräknas bli fullt utnyttjade för brandgasventilation utan medrivning av falskluft.

Allmänt

Ett av hjälpmedlen för att underlätta utrymningen av en byggnad vid brand, påskynda brandbekämpningen, förhindra eller begränsa spridning av branden och minska rökskadorna, är brandventilation.

Denna åstadkoms genom att manuellt eller automatiskt frilägga öppningar i lokalens övre del för utsläpp av de heta brandgaserna. För insläpp av motsvarande mängd friskluft på låg nivå öppnas portar, dörrar, fönster eller speciellt härför avsedda luftintag.

Brandventilation rekommenderas i Svensk Byggnorm 1975 i huvudsak för industri och lagerbyggnader, men är naturligtvis av värde för alla lokaler, där en kraftigare brand kan befaras uppstå.

Dimensionering enligt B:2 1975

Dimensioneringsförfarandet för brandventilation för enplans lager- och industribyggnader förutsättes ligga till grund för denna rapport. Metoden redovisas i Byggforskningens Informationsblad B:21975 och ger med utgångspunkt från verksamheten eller lagrat varuslag i lokalen samt brandbekämpningspersonalens insatstid en sannolik brandarea av $A_F m^2$.

Med ledning av denna samt lokalens geometriska dimensioner (lokalhöjd och flamskärmsdjup eller rökskiktstjocklek) erhålles den effektiva brandventilationsarean $A_Q m^2$ (ruta 6). Denna korrigeras därefter med hänsyn till risk för kraftig rökutveckling, lokalens ytbeklädnad, utrymningsvägars längd samt brandventilatorns utströmningskoefficient C_V till verklig eller geometrisk brandventilatorarea $A_{VM} m^2$ (rutor 7-8).

Lokaler med stora golvareor uppdelas i mindre, av flamskärmar omgivna, brandsektioner enligt anvisningar i rutorna 3 och 4. Beräkningsförfarandet för erforderlig brandventilatorarea utföres för varje brandsektion och brandventilatorarean korrigeras med hänsyn till brandsektionens storlek enligt ruta 10. Erforderliga tilluftsöppningar bör vara minst lika stora som brandventilatorarean i den största brandsektionen.

Flerplansbyggnader

Ovanstående beräkninggång är tillämpbar på lokaler omedelbart under yttertak (enplansbyggnader). Med vissa korrigeringar är den användbar även för de lägre planen i flerplansbyggnader. För att lägre plan

tillkommer ett rökschakt eller en brandgaskanal från planet upp genom överliggande plan till yttertak.

Nivåskillnaden mellan schaktets in- och utlopp antas vara h m. Beräkningsgången för erforderlig brandventilatorarea utföres enligt B2:1975 med storheterna betecknade med index 1. Motsvarande storheter för flerplansbyggnader betecknas med index 2.

Enligt figurerna 1 och 2 (Figurblad 1) fås med gasfyllt schakt brandgasskiktets tjocklek för flerplansbyggnaden (= fall 2)

$$d_{b2} = d_{b1} + h \quad (1)$$

Allmänt kan massflödet genom en brandventilator tecknas

$$\dot{M}_V = \frac{c_v \cdot A_v \cdot \rho_0}{T} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot d_b \cdot \theta \cdot T_0} \quad \text{kg/s} \quad (2)$$

där

\dot{M}_V = brandgasflöde kg/s

c_v = utströmningskoefficient

A_v = brandventilatorarea m^2

ρ_0 = lokalluftens densitet vid T_0 kg/m^3

g = $9,81 \text{ m/s}^2$

d_b = brandgasskiktets tjocklek m

T_0 = lokalluftens temperatur $^{\circ}\text{K}$

T = brandgasens temperatur $^{\circ}\text{K}$

θ = $T - T_0$

Av ekv (2) synes, att vid i övrigt likartade förhållanden, men med olika höga brandgasskikt d_b (eller olika schakthöjd) förhållandet mellan massflödena \dot{M}_V kan skrivas

$$\frac{\dot{M}_{V2}}{\dot{M}_{V1}} = \sqrt{\frac{d_{b2}}{d_{b1}}} \quad (3)$$

Om brandventilatorarean A_V varieras så att $\dot{M}_{V2} = \dot{M}_{V1}$ fås

$$\frac{C_{v2}}{C_{v1}} \cdot \frac{A_{v2}}{A_{v1}} = \sqrt{\frac{d_{b1}}{d_{b2}}} \quad (4)$$

I dessa samband har dels brandgasernas strömningsförluster i schaktet, dels brandgasernas avkylning vid strömning upp genom schaktet, antagits vara försumbara. Vi skall nu undersöka hur dessa faktorer påverkar brandventilatorarea eller utflödet.

Avsvalningens inverkan

Elimineras ur ekv (2) temperaturen $T = T_0 + \theta$ kan ev. ekv skrivas

$$\dot{M}_V = C_V \cdot A_V \cdot \rho_0 \cdot \sqrt{2g \cdot d_b} \cdot \sqrt{\frac{T_0 \cdot \theta}{(T_0 + \theta)}} \quad \text{kg/s} \quad (5)$$

eller

$$\dot{M}_V = \text{konst} \cdot \sqrt{\frac{T_0 \cdot \theta}{(T_0 + \theta)}} \quad \text{kg/s} \quad (6)$$

Lufttemperaturen i lokalen T_0 är $\approx 293^\circ\text{K}$ eller, efter någon tids riklig ventilation vintertid $\approx 253^\circ\text{K}$ (-20°C) som ett medelvärde sättes här $T_0 = 273^\circ\text{K}$.

Brandgasernas temperatur över omgivningens varierar från 100° till 700° . Sambandet mellan utströmmande brandgasflöde

\dot{M}_V och brandgasens övertemperatur θ blir enligt ekv. (6).

θ :	70	100	200	300	400	500	600	700
$\frac{\dot{M}_V}{\text{konst}}$	0,40	0,44	0,49	0,50	0,49	0,48	0,47	0,45

Gasflödet når ett maximum vid 300° övertemperatur. Minskningen av flödet vid en temperaturändring av $\pm 100^\circ$ från maxvärdet är endast 2%, och inom hela det undersökta intervallet 100° - 700° är minskningen av gasflödet endast ca 10% jämfört med maximala flödet.

Inom det normala området för brandgasernas temperatur 400° - 700°C , medför en värmeförlust vid strömningen uppåt genom schaktet en svag ökning av utflödet.

Sambandet åskådliggöres grafiskt i Figurbild 1, figur 3.

Strömningsförlustens inverkan

Friktionsförlusterna vid brandgasens strömning i schakt måste beräknas från fall till fall beroende på schaktets längd och dragning, ytbeskaffenhet, area gashastighet, gastemperatur m m.

I bilaga 1 har beräknats brandgasens utströmningshastighet dels vid förlustfri strömning upp till brandventilator (stor kanal) dels vid strömning upp i ett schakt med friktionsförluster. Förlustfri strömning ger enl (9) utströmningshastighet:

$$w_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_T}} \quad \text{m/s}$$

Strömning med friktionsförluster ger enl (14) i bil 1.

$$w_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_T} \cdot \frac{1}{(1 + 0,025 \frac{h}{d_h})}} \quad \text{m/s}$$

där h = schaktets längd m
 d_h = schaktets hydrauliska diameter m

Allmänt gäller att utströmmande gasmängd är

$$\dot{M}_V = C_V \cdot A_V \cdot w \cdot \rho_T \quad \text{kg/s}$$

Sålunda blir

$$\dot{M}_{V3} = C_{V3} \cdot A_{V3} \cdot w_3 \cdot \rho_T \quad (15)$$

$$\dot{M}_{V4} = C_{V4} \cdot A_{V4} \cdot w_4 \cdot \rho_T \quad (16)$$

Om lika stor gasmängd skall strömma ut, $\dot{M}_{V3} = \dot{M}_{V4}$
 fås

$$\frac{C_{V4} \cdot A_{V4}}{C_{V3} \cdot A_{V3}} = \frac{w_3}{w_4} \quad (17)$$

Insättes w_3 och w_4 ur ekv (9) och (14) fås

$$\frac{C_{v4} \cdot A_{v4}}{C_{v3} \cdot A_{v3}} = \sqrt{1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h}} \quad (18)$$

Jämföres nu brandventilationsöppningar i en låg enplans byggnad och en hög flerplansbyggnad med brandventilationsschakt med hänsyn taget till brandgasernas avsvälning, vilket har liten inverkan, samt friktionsförlusterna i schakt, vilka redan vid förhållandet $\frac{h}{d_h} = 10$ enl ekv (18) fordrar en ca 10%

ökning av brandventilatorarea, fås enligt (4) och (18)

$$C_{v4} \cdot A_{v4} = C_{v1} \cdot A_{v1} \cdot \sqrt{\frac{d_{b1}}{d_{b1} + h} (1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h})} \text{ m}^2 \quad (19)$$

där A_{v1} = geometrisk brandventilatorarea beräknad enl B2:1975 m²

A_{v4} = geometrisk brandventilatorarea för flerplansbyggnad m²

C_{v1} = utströmningkoeff för brandventilator i enplansbyggnad

C_{v4} = utströmningkoeff för brandventilator i flerplansbyggnad

d_{b1} = brandgasskiktets tjocklek m

h = schakthöjden i flerplansbyggnad m

d_h = schaktets hydrauliska diameter m

Förutsättningarna är att schaktarea och brandventilatorarea göres lika och att schaktet går vertikalt upp utan omböjningar. För schakt i plåt eller annat material kan friktionstalet avvika från

$\lambda = 0,025$, vilket värde antagits i ekv (19). Värden på rotuttrycket har beräknats i bilaga 2 och tabell 1.

Avsugning av tunna brandgasskikt

Vid tunna brandgasskikt eller stora brandventilationsöppningar uppstår en strömningsbild som i öppningens periferi uppvisar en utströmning av varma brandgaser men i öppningens centrum har en utströmning av ren lokalluft (se fig 4,5 och 6). Brandventilatorns kapacitet är då större än tillflödet av varma brandgaser mot brandventilationsöppningen.

En studie av denna strömning har gjorts vid Fire Research Station i Borehamwood, England, dels på

modeller i skala 3:20, dels i fullskaleprov. Resultaten tillsammans med en teoretisk beräkningsmodell har publicerats i Fire Research Note No 1001 "Efficient extraction of smoke from a thin layer under a ceiling" av D. Spratt och A.J.M. Heselden (ref 4) och är tillämpbara för brandventilationsöppningar i tak i enplansbyggnader.

Beräkningsmetoden har här utvidgats till att gälla även schaktförsedda öppningar och i tabellerna 2 och 3 ges värden på maximala öppningsareor för brandventilationsschakt av olika höjd och vid olika gasskiktstjocklek dels vid öppning placerad nära sidovägg, dels vid central placering i lokalen.

Enligt rapporten (ref 4) samt korrespondens med Mr. Heselden börjar medrivning av kall rumsluft när utströmningen överskrider värdet

$$\dot{V}_{\text{krit}} = c \cdot \sqrt{\frac{g \cdot d_b^5 \cdot \theta \cdot T_o}{T}} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (20)$$

där \dot{V}_{krit} är volymflödet omräknat till omgivningstemperaturen T_o och

$C = 1,1$ för öppning placerad i sida av lokalen

$C = 1,6$ för öppning placerad mitt i lokalen

eller omräknat till massflöde

$$\dot{M}_{\text{krit}} = \frac{C \cdot \rho_o \sqrt{g \cdot d_b^5 \cdot \theta \cdot T_o}}{T} \quad \text{kg/s} \quad (21)$$

Men massflödet ut genom en schaktförsedd öppning blir enligt bil 3 ekv (28)

$$\dot{M}_V = \frac{C_V \cdot A_V \cdot \rho_o}{T} \sqrt{2 \cdot g \cdot \theta \cdot T_o \frac{(d_b + h)}{(1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h})}} \quad \text{kg/s}$$

För en rätt dimensionerad brandventilationsöppning gäller

$$\dot{M}_V < \dot{M}_{\text{krit}}$$

Insättes värden enl (21) och (28) i detta uttryck fås

$$A_V < \frac{C \cdot d_b^2}{\sqrt{2} \cdot C_V} \sqrt{\frac{d_b}{d_b+h} \cdot (1+0,025 \cdot \frac{h}{d_h})} m^2 \quad (23)$$

Insättes $C_V=0,6$ och $C=1,1$ resp $C=1,6$ enligt ovan fås

$$A_V < 1,3 \cdot d_b^2 \sqrt{\frac{d_b}{d_b+h} (1+0,025 \cdot \frac{h}{d_h})} \text{ för sido-} \\ \text{placerad} \\ \text{öppn} \quad (24)$$

resp

$$A_V < 1,8 \cdot d_b^2 \sqrt{\frac{d_b}{d_b+h} (1+0,025 \cdot \frac{h}{d_h})} \text{ för mitt-} \\ \text{placerad} \\ \text{öppn} \quad (25)$$

Värden enl ekv (24) har uträknats i tabell 2 och enl ekv (25) i tabell 3 som funktioner av h , d_b och d_h . Som framgår av tabellerna är inverkan av parenthesen under rotuttrycket marginell och märkbar först vid stora schakthöjder.

För de fall då schakt ej erfordras och brandventilationsöppningar göres direkt i yttertak på enplansbyggnaden förenklas ekv (24) och (25) till:

$$A_V < 1,3 \cdot d_b^2 \quad (26)$$

resp

$$A_V < 1,8 \cdot d_b^2 \quad (27)$$

De skillnader i konstanternas värden som föreligger vid jämförelse av ovanstående ekvationer med ref (4) beror på att i ekvationerna (20)-(27) ingår brandgasskiktets höjd d_b medan i ref (4) använts skärmhöjden d_s . Enligt uppgift var vid de försök, som utförts enl ref (4), brandgasskiktet d_b omkring 30% högre än skärmhöjden d_s vid såväl modellförsök som storskaleförsök. För en korrekt dimensionerad brandventilationsanläggning och där den verkliga brandgasutvecklingen motsvarar beräkningsförutsättningarna, bör brandgasskiktets tjocklek d_b ej bli större än skärmhöjden d_s , d.v.s. brandventilatorerna förmår släppa ut hela mängden alstrad brandgas.

Dimensioneringsgång

Brandventilation för en flerplansbyggnads lägre belägna plan beräknas först enligt anvisningar B2:1975 varvid per brandsektion erforderlig brandventilatorarea A_v m² erhålles.

Med ledning av erforderlig schakthöjd h beräknas den nya brandventilatorarean eller schaktarean med hjälp av ekv (19) eller tabell 1 varvid schaktets hydrauliska diameter d_h måste uppskattas.

Därefter kontrolleras att schaktarean ej överskrider de värden för maximalarea som anges av ekv (24) resp (25) eller tabell 2 och 3. om så är fallet måste brandventilationsschaktet uppdelas i ett flertal smärre schakt.

Referenslista

1. Brandventilation
Byggforskningens informationsblad B2:1975
2. Recknagel-Sprenger, Taschenbuch für Heizung,
Lüftung Klimatechnik 1962.
3. VVS-handboken, Tabeller och Diagram.
4. Fire Research Note No. 1001.
Efficient Extraction of Smoke from a thin Layer
under a Ceiling, D. Spratt and A.J.M Heselden.
5. Fire Research Note No 1076.
The flow of buoyant fire gases beneath corridor
ceilings, Howard P. Morgan.

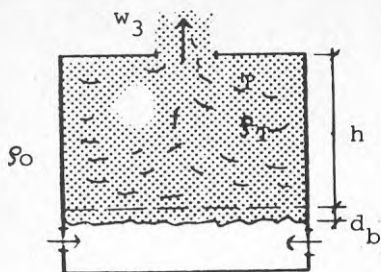


Fig. a

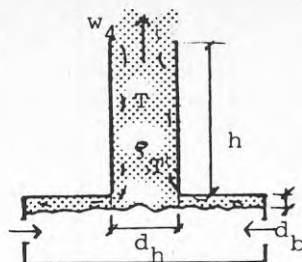


Fig. b

Förlustfri utströmning enl fig a

Kanalmotstånd är obefintligt och vi antar att hela tryckdifferensen omsättes i dynamiskt tryck, d.v.s. inströmning av ersättningsluft är förlustfri. Då erhålles

$$\Delta p = (d_b + h) (\rho_0 - \rho_T) \cdot g \quad \text{Pa} \quad (7)$$

$$\Delta p = \frac{\rho_T \cdot w_3^2}{2} \quad \text{Pa} \quad (8)$$

$$w_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_T}} \quad \text{m/s} \quad (9)$$

Strömning med friktionsförluster enl fig b

Bernoullis ekv ger

$$\Delta p = \frac{\rho_T \cdot w_4^2}{2} + P_f \quad \text{Pa där} \quad (10)$$

$$P_f = \lambda \cdot \frac{h}{d_h} \cdot \frac{\rho_T \cdot w_4^2}{2} \quad \text{Pa} \quad (11)$$

P_f = friktionstryckfall Pa

λ = friktionstal

h = kanallängd m

d_h = hydraulisk diameter m

Enligt Prandtl, Kármán och Colebrook är friktionstalet λ beroende av Reynolds tal

$$Re = \frac{w \cdot d_h}{\nu} \quad \text{och relativa ytråheten} \quad \frac{\epsilon}{d_h}$$

För luft och brandgas sättes den kinematiska viskositeten ν

till $47,5 \cdot 10^{-6} - 77,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ vid temperaturerna $300^\circ - 500^\circ\text{C}$. Gashastigheten w ligger inom området $5-15 \text{ m/s}$ och hydrauliska diametern inom området $1-3 \text{ m}$.

Under dessa förutsättningar blir Reynolds tal

$$Re_{\min} = \frac{5 \cdot 1}{77,8 \cdot 10^{-6}} = 6,4 \cdot 10^4$$

$$Re_{\max} = \frac{15 \cdot 3}{47,5 \cdot 10^{-6}} = 9,5 \cdot 10^5$$

Även för ytråheten måste vissa antaganden göras, här sättes för gjutet schakt $\epsilon = 0,002 \cdot d_h$. d_h dvs ett schakt av 1 m hydraulisk diameter ($1 \times 1 \text{ m}$) göres med ytråhet $\epsilon = 2 \text{ mm}$.

$$\frac{\epsilon}{d_h} = 2 \cdot 10^{-3}$$

Ur diagram (VVS-Handbok kap 3:3 eller Recknagel-Sprenger 1962 diagram 147-2) fås friktionstalet λ till

$$0,0233 \text{ vid } Re_{\max} \text{ och } 0,026 \text{ vid } Re_{\min}.$$

λ varierar obetydligt med Re , då strömningen vid dessa antaganden ligger nära det fullt utbildade turbulenta området. Här gäller då den av Prandtl, Kármán och Colebrook angivna ekvationen

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,14 - 2 \log \frac{\epsilon}{d} \quad (12)$$

Insättes $\frac{\epsilon}{d} = 0,002$ fås

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 6,538$$

$$\lambda = 0,0234$$

vilket stämmer väl med förut erhållet resultat.
 Ekv (10) kan då skrivas

$$\Delta p = \frac{\rho_T \cdot w_4^2}{2} \left(1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h} \right) \text{ Pa} \quad (13)$$

eller

$$w_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_T} \cdot \frac{1}{\left(1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h} \right)}} \text{ m/s} \quad (14)$$

BERÄKNING AV ROTUTTRYCKET I EKV (19)

För att enkelt kunna beräkna erforderlig verklig brandventilatorarea A_v vid en flerplansbyggnad, har ekv (19) skrivits

$$c_v \cdot A_v = f \cdot A_o$$

Där A_o = effektiv brandventilatorarea för enplansbyggnad, beräknad enligt ref (1), c_v = utströmningkoefficienten och faktorn f = rotuttrycket i ekv (19).

Faktorn f är en funktion av brandgasskiktets tjocklek d_b , schakthöjden h samt av vald schaktdimension och dess hydrauliska diameter d_h , och har beräknats i tabell 1 för:

h -värden	2,5-20 m med 2,5 m intervall
d_b -värden	1-6 m med 1 m intervall
d_h -värden	1-3 m med 0,5 m intervall

Ett schakt med sidorna a och b har hydraulisk diameter.

$$d_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

Brandgasskiktets tjocklek d_b har redan bestämts vid beräkning av A_o enligt ruta 6 i ref (1), där det betecknats b . Av tabell 1 framgår att schaktstorleken och därmed hydrauliska diametern d_h endast obetydligt påverkar värdet av f . Antalet separata schakt inom en brandsektion beror mest på att varje schakts storlek begränsas av villkoren i ekv (24) och ekv (25).

Utströmningkoefficienten C_v vid en skarpkantad schaktöppning i ett plant tak har värdet 0,77-0,80 vid kvadratisk tvärsnitt, vid rektangulär form är koefficienten mindre. Den antages här få samma värde som en brandventilators, $C_v = 0,6$.

Beräkning av brandgasutflödet

Massflödet genom en öppning är

$$\dot{M}_V = C_V \cdot A_V \cdot w \cdot \rho_T \quad \text{kg/s}$$

där C_V = utströmningskoefficient

A_V = öppningsarea m^2

w = hastigheten m/s

ρ_T = densitet vid temperaturen $T^{\circ}\text{K}$ kg/m^3

$$= \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T}$$

ρ_0 = densitet vid temperaturen $T_0^{\circ}\text{K}$ kg/m^3

θ = $T - T_0$ temperaturdifferens brandgas-omgivning.

Enligt bilaga 1 ekv (7) och (14) är

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_T} \cdot \frac{1}{(1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h})}} \quad \text{m/s}$$

och $\Delta p = (d_b + h) (\rho_0 - \rho_T) \cdot g$ Pa

eller

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (d_b + h) (\rho_0 - \rho_T)}{\rho_T} \cdot \frac{1}{(1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h})}} \quad \text{m/s}$$

Insättes uttrycket för w i ekv fås efter förenkling

$$\dot{M}_V = \frac{C_V \cdot A_V \cdot \rho_0}{T} \sqrt{2 \cdot g \cdot \theta \cdot T_0 \cdot \frac{(d_b + h)}{(1 + 0,025 \cdot \frac{h}{d_h})}} \quad \text{kg/s (28)}$$

BILAGA 4

Beräkningsexempel

En lokal med höjd 5 m och brandgasskikt 2 m har beräknats behöva brandventilatorarea $A_0 = 8 \text{ m}^2$.

Om denna lokal ligger i flerplansbyggnads nedre plan och då kräver 10 m schakt med dimension 1 x 2 m ($d_h = 1,3$), blir $f \approx 0,45$ enligt tabell 1. Då fås

$$c_v \cdot A_v = 0,45 \cdot 8 \approx 3,6 \text{ m}^2$$

Är utströmningskoefficienten $c_v = 0,6$ blir $A_v = \frac{3,6}{0,6} = 6,0 \text{ m}^2$.

Öppningarnas area får enligt tabell 2 ej överstiga 2,3-2,4 m^2 vid sidoplacerat schakt eller enligt tabell 3 3,2-3,3 m^2 vid mittplacerat schakt. Vid sidoplacering kräves sålunda 3 st schakt med dimension 1 x 2 m.

Vid mittplacering kan antalet schakt reduceras till 2 st med dimension 1 x 3 m ($d_h = 1,5$).

FIGURBLAD 1

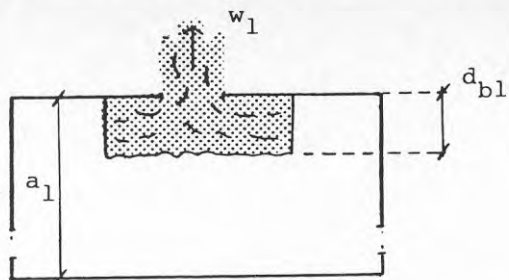


Fig. 1 Enplansbyggnad

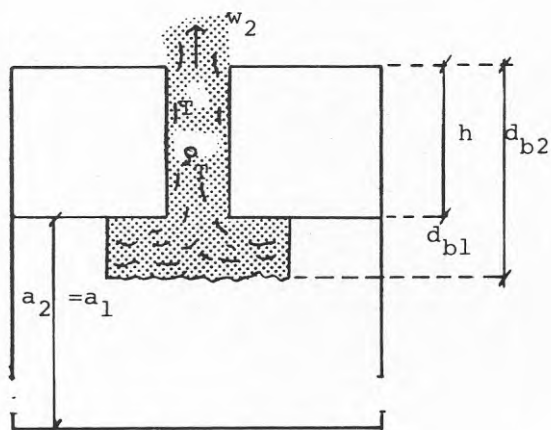


Fig. 2 Flerplansbyggnad

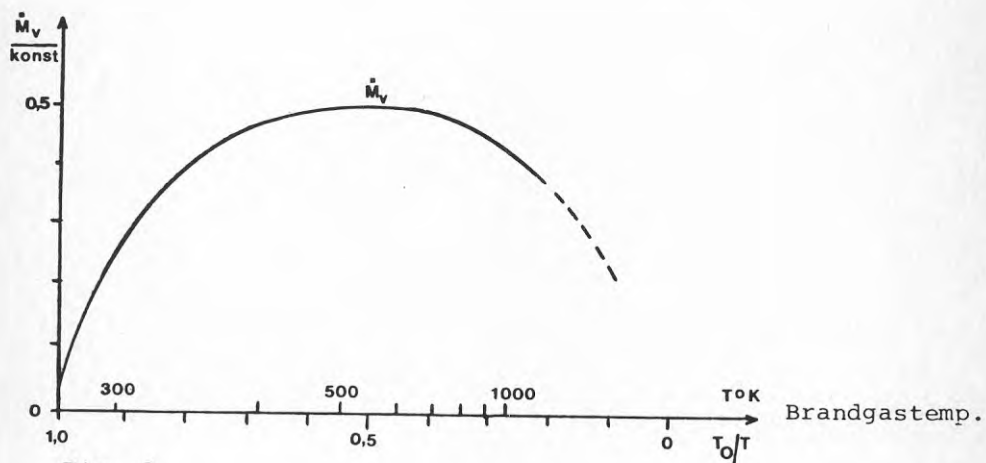


Fig. 3

FIGURBLAD 2

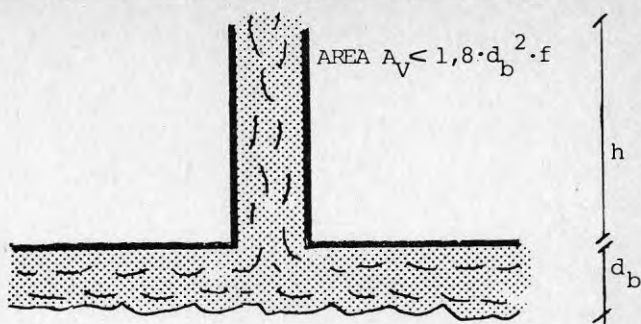


Fig. 4

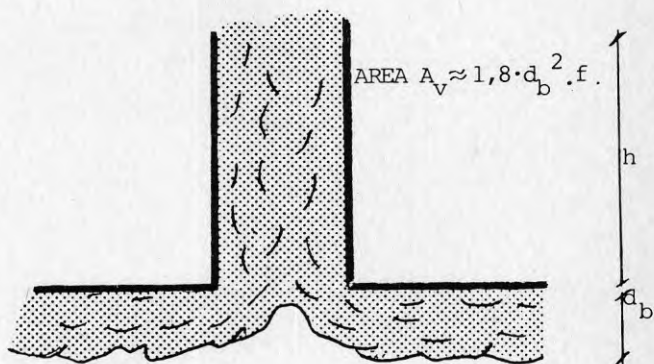


Fig. 5

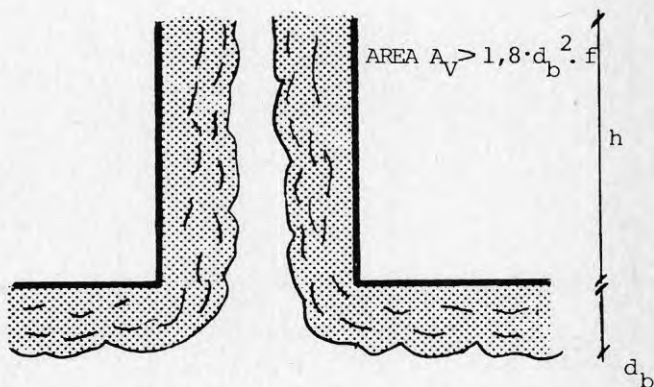


Fig. 6

TAB. 1 faktor $f = \sqrt{\frac{d_{bl}}{d_{bl}+h}} \cdot (1+0,025 \cdot \frac{h}{d_h})$ i ekv (19).

Schakt- höjd		Brandgas- skikt	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
h	m	$d_{b,m}$					
2,5		1	0,551	0,546	-	-	-
		2	0,687	0,680	0,677	0,675	0,674
		3	0,761	0,754	0,750	0,748	0,746
		4	0,809	0,801	0,797	0,794	0,793
5,0		1	0,433	0,425	-	-	-
		2	0,567	0,556	0,551	0,548	0,546
		3	0,650	0,637	0,631	0,627	0,625
		4	0,707	0,694	0,687	0,683	0,680
7,5		1	0,374	0,364	-	-	-
		2	0,500	0,487	0,480	0,476	0,473
		3	0,582	0,567	0,560	0,554	0,551
		4	0,643	0,626	0,617	0,611	0,608
10		1	0,337	0,326	-	-	-
		2	0,456	0,441	0,433	0,428	0,425
		3	0,537	0,519	0,510	0,504	0,500
		4	0,598	0,577	0,567	0,561	0,556
		5	0,645	0,624	0,612	0,606	0,601
		6	0,685	0,661	0,650	0,642	0,637
12,5		1	0,312	0,299	-	-	-
		2	0,425	0,408	0,399	0,394	0,390
		3	0,504	0,484	0,473	0,467	0,462
		4	0,564	0,541	0,529	0,522	0,517
		5	0,612	0,588	0,575	0,567	0,562
		6	0,652	0,626	0,612	0,604	0,598
15		1	0,293	0,280	-	-	-
		2	0,402	0,383	0,374	0,368	0,364
		3	0,479	0,456	0,445	0,438	0,433
		4	0,538	0,513	0,500	0,492	0,487
		5	0,586	0,559	0,545	0,536	0,530
		6	0,627	0,598	0,582	0,573	0,567
17,5		1	0,279	0,264	-	-	-
		2	0,384	0,364	0,354	0,347	0,343
		3	0,459	0,435	0,422	0,415	0,409
		4	0,517	0,490	0,476	0,468	0,462
		5	0,565	0,536	0,520	0,511	0,505
		6	0,606	0,574	0,558	0,548	0,541
20		1	0,267	0,252	-	-	-
		2	0,369	0,348	0,337	0,330	0,326
		3	0,442	0,417	0,404	0,396	0,390
		4	0,500	0,471	0,456	0,447	0,441
		5	0,548	0,516	0,500	0,490	0,483
		6	0,588	0,555	0,537	0,526	0,519

TAB 2 Maximal brandventilatorarea m^2 per öppning
enl ekv (24)

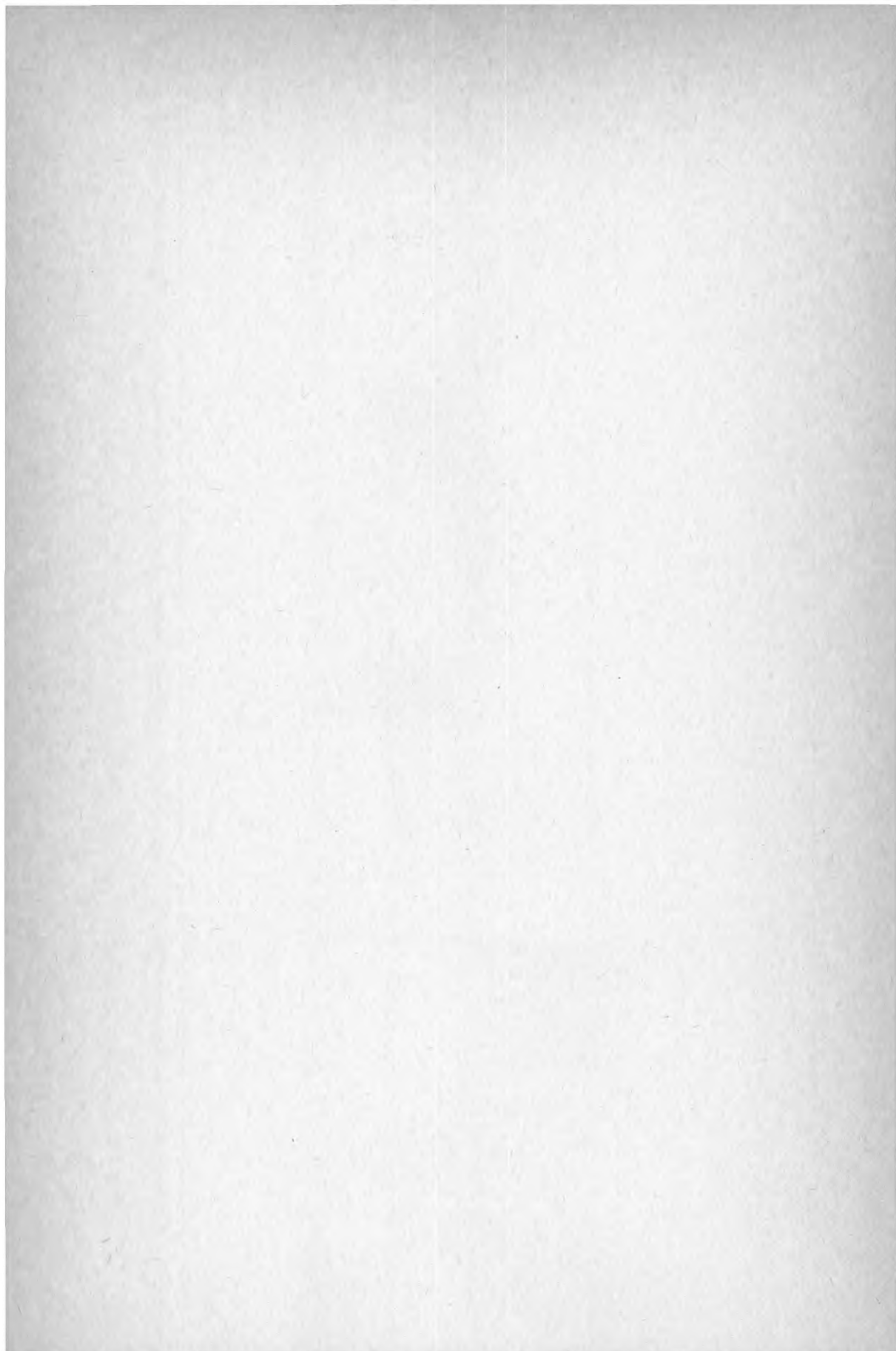
Sidplacerat schakt, $C_V = 0,6$

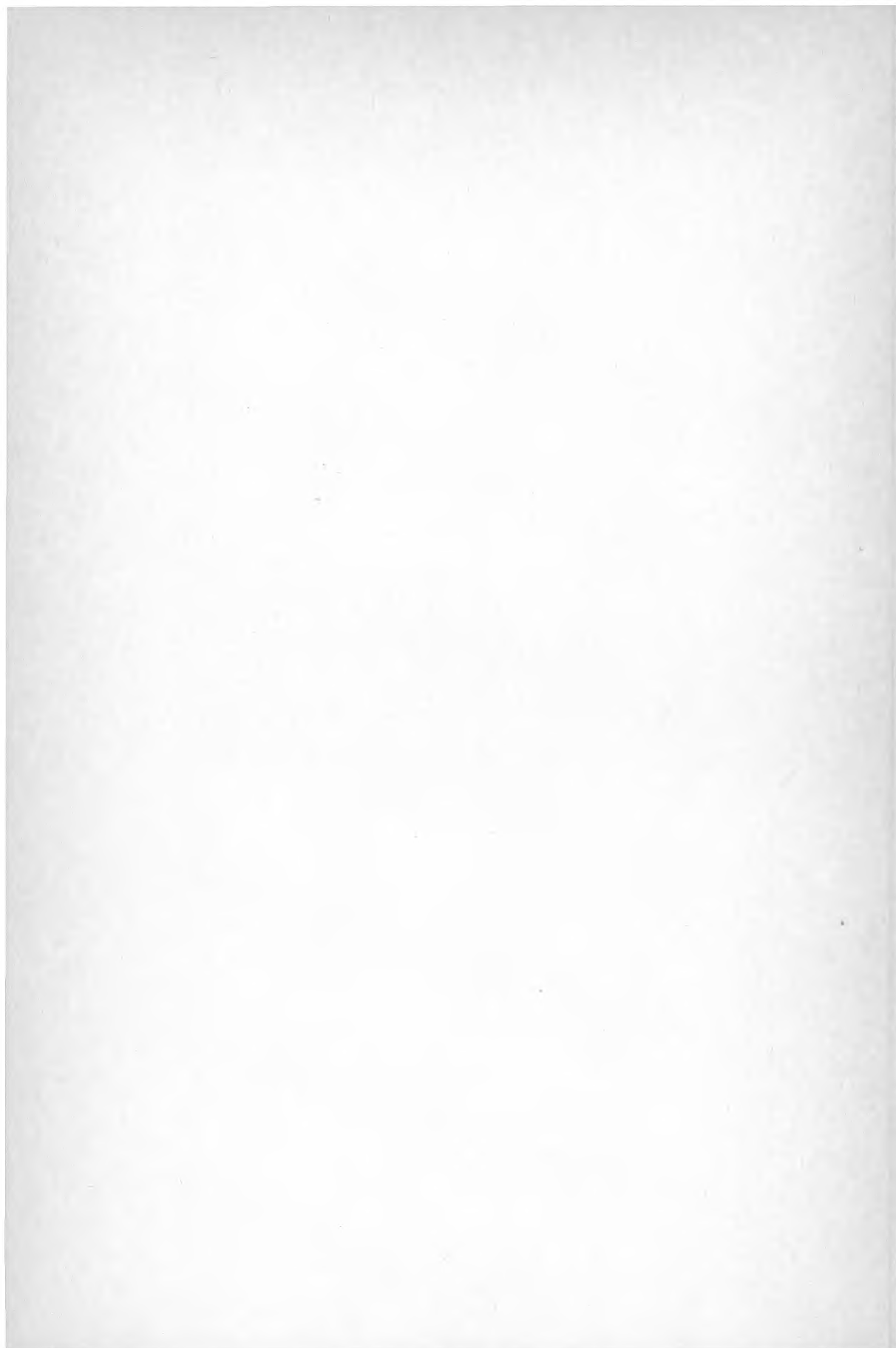
Schakthöjd h	Brandgasskikt d_b	Hydraulisk diameter d_h m				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
2,5	1	0,7	-	-	-	-
	2	3,6	3,5	3,5	-	-
	3	8,9	8,8	8,8	8,8	8,8
	4	16,8	16,6	16,6	16,0	16,0
5,0	2	2,9	2,9	2,9	-	-
	3	7,6	7,5	7,4	7,3	7,3
	4	14,7	14,7	14,3	14,2	14,2
7,5	2	2,6	2,5	-	-	-
	3	6,8	6,6	6,5	6,5	6,5
	4	13,4	13,0	12,8	12,7	12,6
10,0	2	2,4	2,3	-	-	-
	3	6,3	6,1	6,0	6,0	-
	4	12,4	12,0	11,8	11,7	11,6
	5	21,0	20,3	19,9	19,7	19,5
	6	32,0	31,0	30,4	30,0	29,9
12,5	2	2,2	2,1	-	-	-
	3	5,9	5,7	5,5	5,5	-
	4	11,7	11,3	11,0	10,9	10,8
	5	19,9	19,1	18,7	18,4	18,3
	6	30,5	29,3	28,7	28,3	28,0
15,0	2	2,1	2,0	-	-	-
	3	5,6	5,3	5,2	5,1	-
	4	11,2	10,7	10,4	10,2	10,1
	5	19,0	18,2	17,7	17,4	17,2
	6	29,3	28,0	27,3	26,8	26,5
17,5	2	2,0	1,9	-	-	-
	3	5,4	5,1	4,9	4,8	-
	4	10,8	10,2	9,9	9,7	9,6
	5	18,4	17,4	16,9	16,6	16,4
	6	28,4	26,9	26,1	25,6	25,3
20,0	2	1,9	1,8	-	-	-
	3	5,2	4,9	4,7	-	-
	4	10,4	9,8	9,5	9,3	9,2
	5	17,8	16,8	16,2	15,9	15,7
	6	27,5	26,0	25,1	24,6	24,3

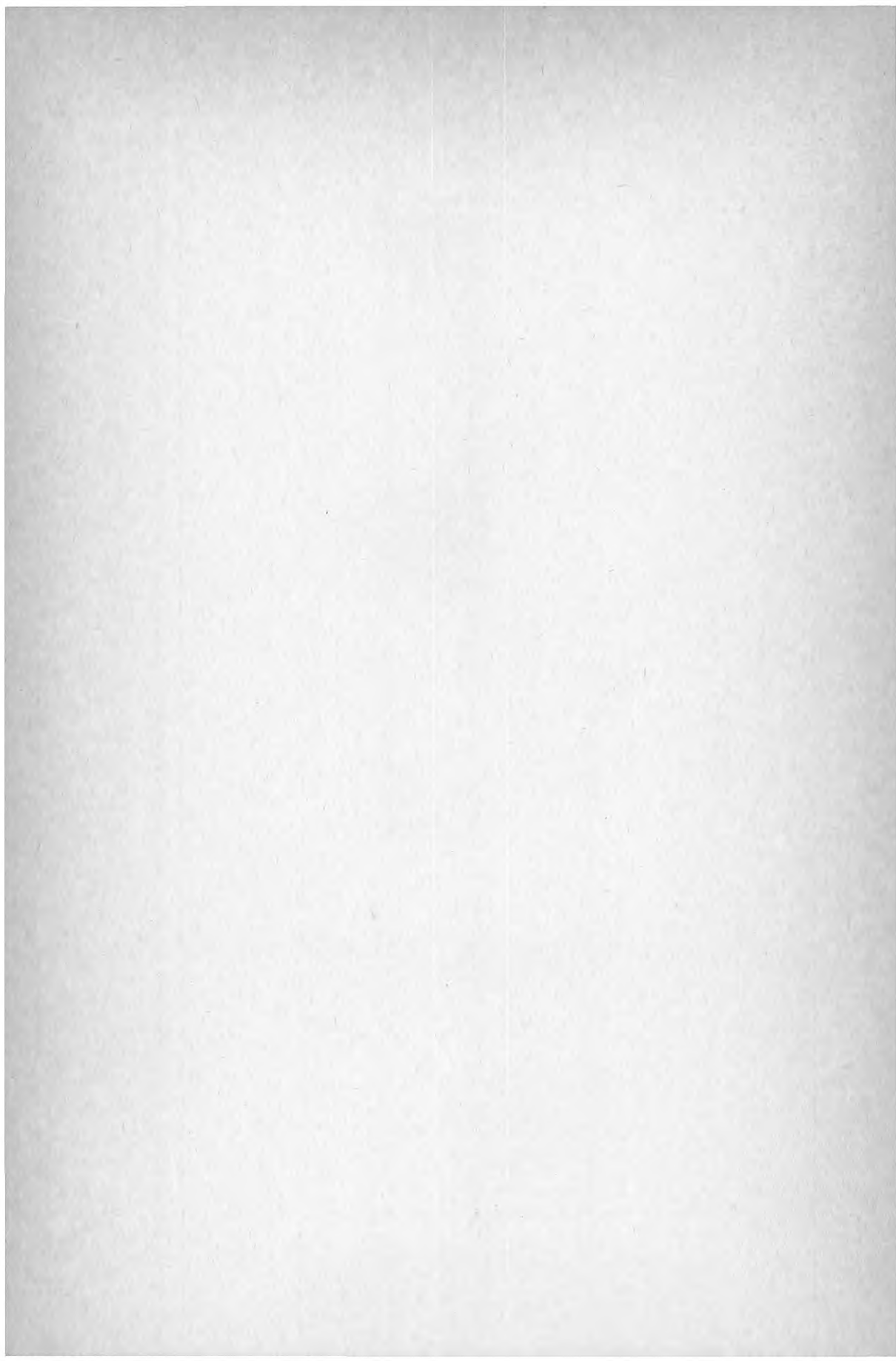
TAB 3 Maximal brandventilatorarea m^2 per öppning
enl ekv (25)

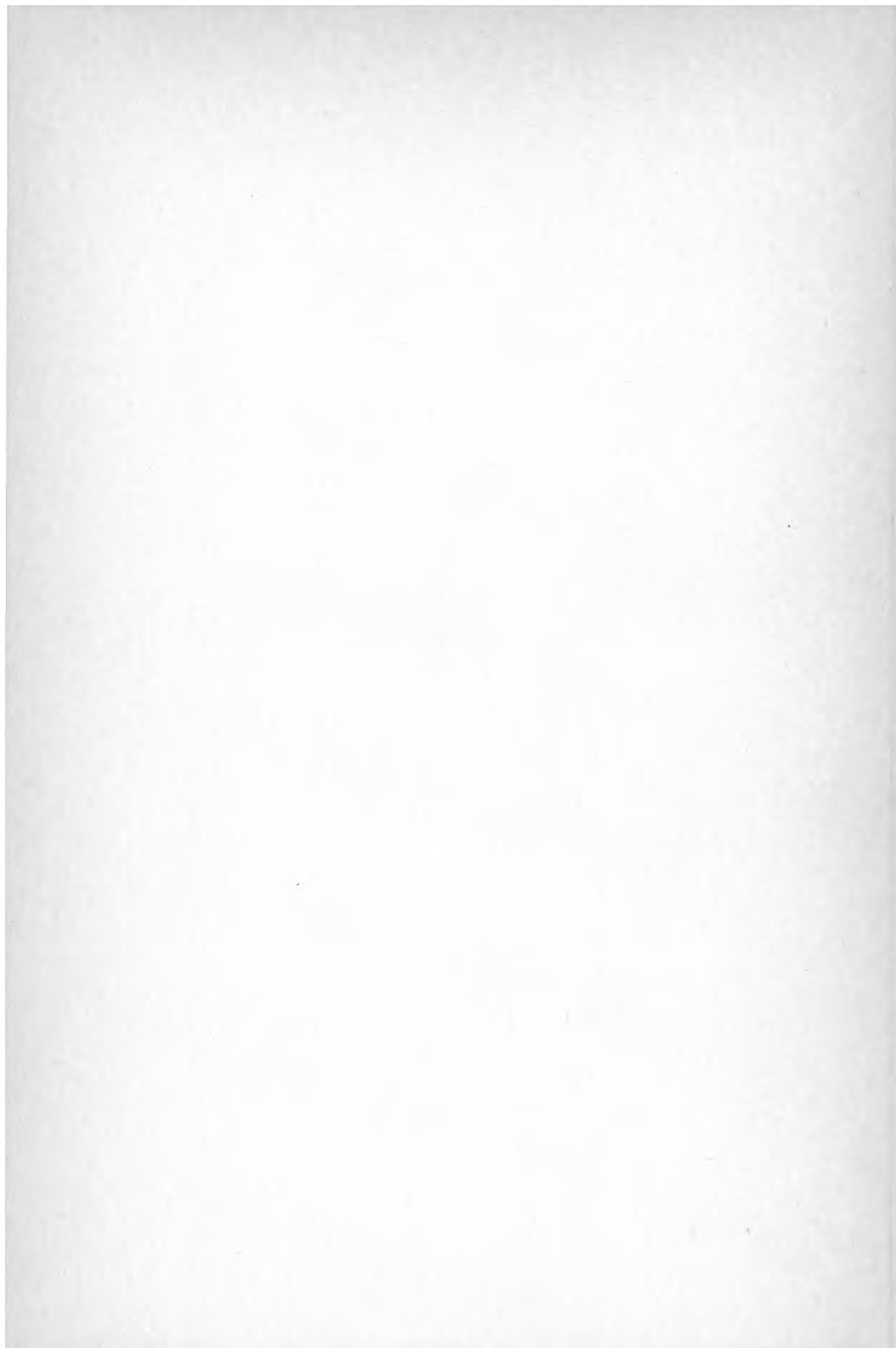
Mittplacerat schakt, $C_v = 0,6$

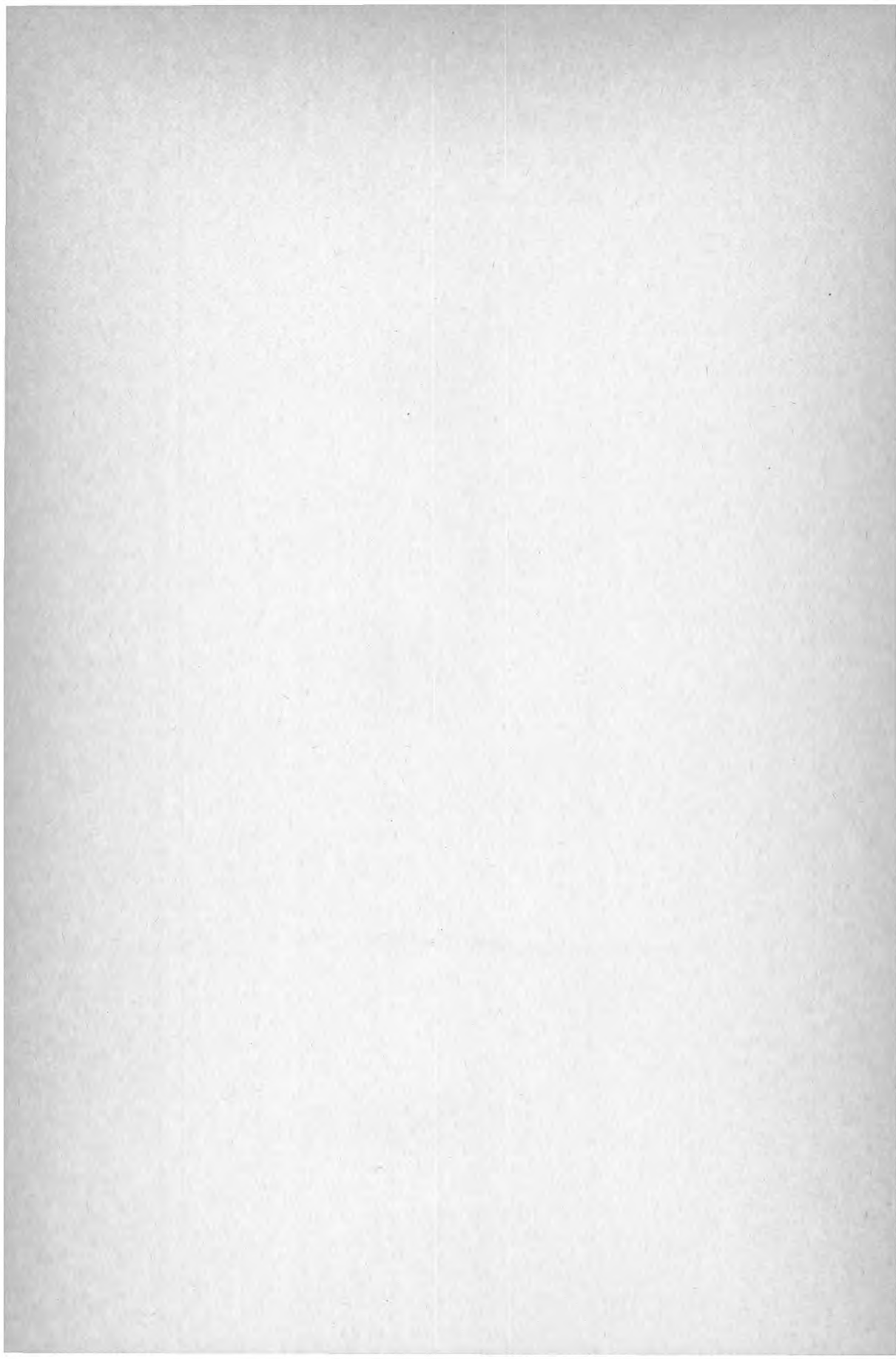
Schakthöjd		Brandgasskikt		Hydraulisk diameter d_h m				
h	m	d_b	m	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
2,5	1			1,0	-	-	-	-
	2			4,9	4,9	4,9	-	-
	3			12,3	12,2	12,2	12,2	12,2
	4			23,3	23,1	23,0	23,0	23,0
5,0	1			0,8	-	-	-	-
	2			4,1	4,0	4,0	-	-
	3			10,5	10,3	10,2	10,2	10,1
	4			20,4	20,0	19,8	19,7	19,6
7,5	2			3,6	3,5	3,4	-	-
	3			9,4	9,2	9,0	9,0	8,9
	4			18,5	18,0	17,7	17,6	17,5
10,0	2			3,3	3,2	3,1	-	-
	3			8,7	8,4	8,2	8,1	8,1
	4			17,2	16,6	16,3	16,1	16,0
	5			29,0	28,0	27,5	27,2	27,0
	6			44,4	42,9	42,1	41,6	41,3
	6							
12,5	2			3,0	2,9	2,9	-	-
	3			8,1	7,8	7,7	7,6	7,5
	4			16,2	15,6	15,2	15,0	14,9
	5			27,5	26,4	25,9	25,5	25,3
	6			42,3	40,6	39,7	39,1	38,8
	6							
15,0	2			2,9	2,8	-	-	-
	3			7,8	7,4	7,2	7,1	7,0
	4			15,5	14,8	14,4	14,2	14,0
	5			26,4	25,2	24,5	24,1	23,9
	6			40,6	38,7	37,7	37,1	36,7
	6							
17,5	2			2,8	2,6	-	-	-
	3			7,4	7,0	6,8	6,7	-
	4			14,9	14,1	13,7	13,4	13,3
	5			25,4	24,1	23,4	23,0	22,7
	6			39,2	37,2	36,1	35,5	35,0
	6							
20	2			2,7	2,5	-	-	-
	3			7,2	6,8	6,5	6,4	-
	4			14,4	13,6	13,1	12,9	12,7
	5			24,6	23,2	22,5	22,0	21,7
	6			38,1	35,9	34,8	34,1	33,6
	6							

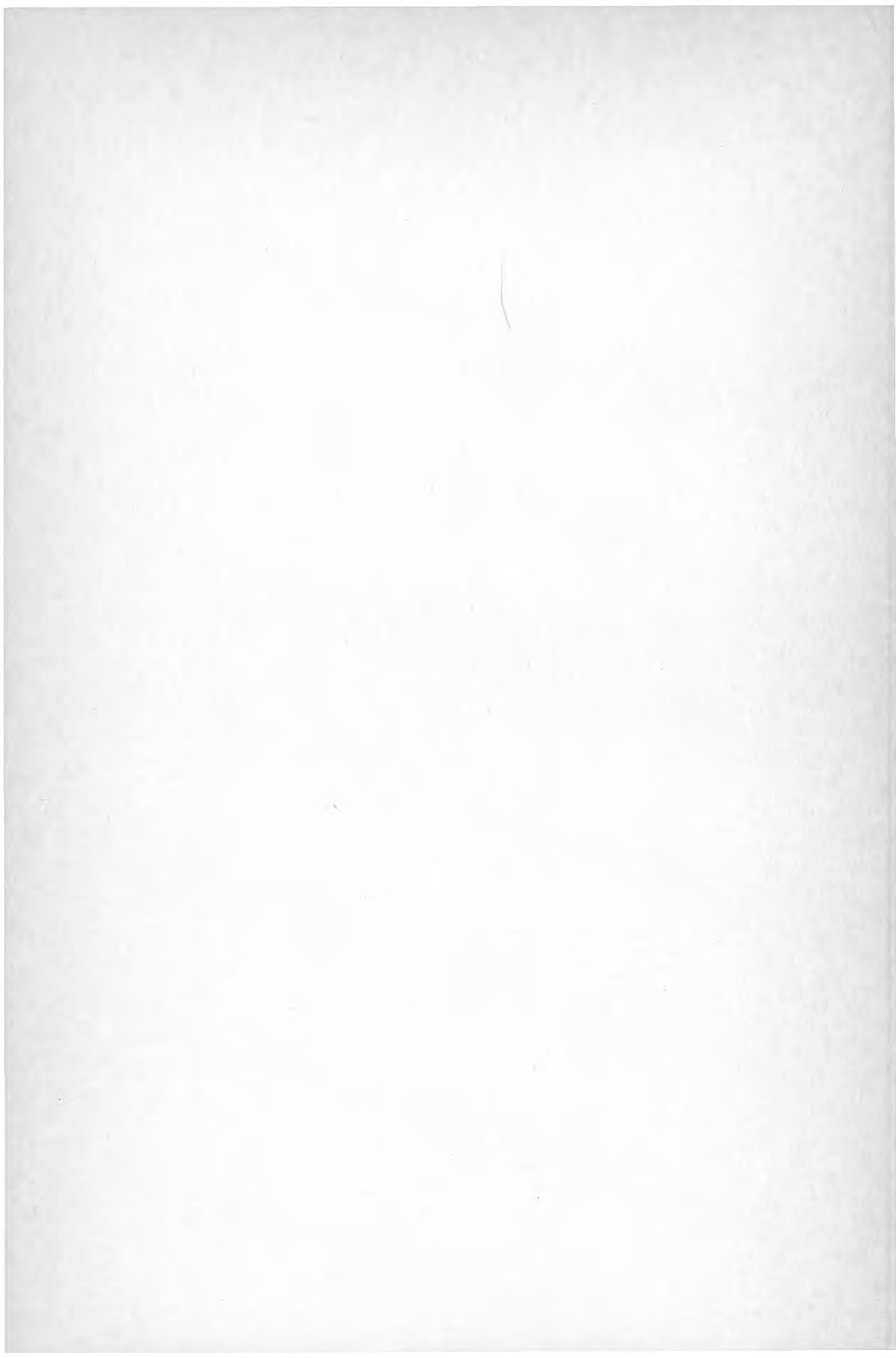












**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
760487-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB, Solna.**

R79: 1980

ISBN 91-540-3292-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700179

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 15 kr exkl moms