



LUND UNIVERSITY

Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i betong

Fredlund, Bertil; Pettersson, Ove; Strandberg, Sven

1980

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Fredlund, B., Pettersson, O., & Strandberg, S. (1980). *Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i betong*. (Report / Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, Department of Structural Mechanics; Vol. R80-1). Lund Institute of Technology.

Total number of authors:

3

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

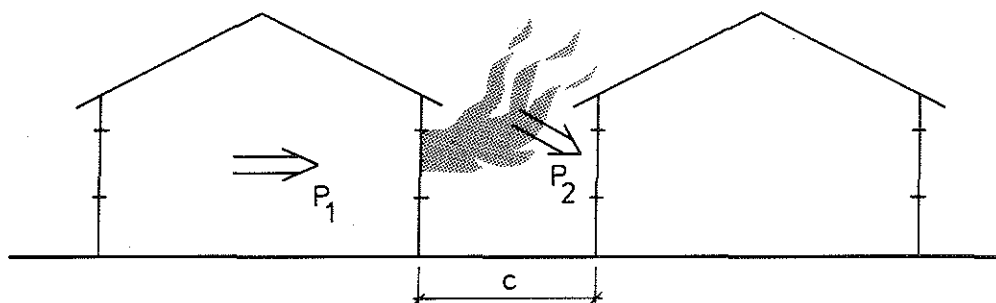
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

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



$$\left\{ \begin{array}{c} P_1 \\ P_2 \end{array} \right\} = F \left\{ \begin{array}{l} \text{BRANDBELASTNING} \quad f \\ \text{ÖPPNINGSAKTOR} \quad A\sqrt{h} / A_{\text{tot}} \\ \text{ANDEL STRÅLYTA} \quad \gamma_p \\ \text{HUSAVSTÅND} \quad c \end{array} \right\}$$

BERTIL FREDLUND - OVE PETTERSSON - SVEN STRANDBERG

SKYDD MOT BRANDSPRIDNING INOM
 SMÅHUSBEBYGGELSE I BETONG

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY. LUND. SWEDEN

DEPARTMENT OF STRUCTURAL MECHANICS

REPORT NO. R80-1

BERTIL FREDLUND - OVE PETTERSSON - SVEN STRANDBERG

SKYDD MOT BRANDSPRIDNING INOM SMÅHUSBEBYGGELSE I BETONG

Förord

Föreliggande rapport har tillkommit inom ramen för ett av Cementa AB finansierat projekt.

I rapporten ges anvisningar för val av minsta godtagbara husavstånd med hänsyn till kravet på förhindrad brandspridning inom småhusområden med friliggande enfamiljshus, då husen är utförda med ytterväggar och bjälklag av betong. Husavstånden avser därvid att gardera en brandspridning från hus till hus till följd av antändning genom enbart värmestrålning (spontan antändning) eller genom värmestrålning i kombination med flamma. Risken för brandspridning via flygbrand förutsätts vara beaktad genom att för utvändiga väggytor och taktäckning väljs sådana material, som i byggnormens mening ej är lättantändliga och ej i väsentlig grad medverkar till en brands spridning.

De redovisade godtagbara husavstånden har beräknats ur en analytisk modell för brandspridning inom ett småhusområde, som utvecklats tidigare vid institutionen för byggnadsstatik, LTH [1]. Modellen är verifierad genom ett stort antal fullskaleförsök. De beräknade husavstånden jämförs i rapporten med de husavstånd, som anges i förestående svenska bestämmelser.

Civilingenjör Bertil Fredlund har varit ledare för projektet och har därvid bl a beräknat de brandförlopps-karakteristika, som redovisas i Appendix 1. Civilingenjör Sven Strandberg har svarat för beräkningen av det dimensioneringsunderlag för en bestämning av strålningsförhållanden inom ett småhusområde vid brand i ett enstaka hus, som redovisas i Appendix 2. Han har också utarbetat tillämpningsexemplen i avsnitt 5. Rapportens uppläggning följer i huvudsaklig omfattning en artikel av professor Ove Pettersson "Brandsäkerheten i småhusområden: De nya förslagen ej framsynta", publicerad i Byggmästaren 1978 [2]. Ove Pettersson har medverkat som rådgivare för projektet och också deltagit i rapportens slutgiltiga utformning.

1. Inledning

Karakteristiskt för svenskt småhusbyggande av idag är bl a att det utvecklas mot större grupphusområden och större täthet. Bakom denna utveckling ligger, dels en alltmer utbredd önskan att bo nära marken, dels en strävan att sänka bostadskostnaden genom att hushålla med marken, minska gatu- och ledningslängder samt arbeta med enhetliga hustyper i långa tillverkningsserier. Energisituationen och därav motiverade politiska mål och beslut accentuerar utvecklingen ytterligare.

Allt detta ökar undan för undan betydelsen av småhusmiljöns brandskydd. Nordiska kommittén för byggnadsbestämmelser (NKB) har därför i juli 1975 utfärdat riktlinjer för brandskyddsbestämmelser för småhus och småhusområden [3]. Dessa riktlinjer har följts av ett svenskt förslag, som utarbetats av planverket och som efter genomgången remissbehandling och därav föranledd vidare bearbetning kommer att införas i Svensk Byggnorm.

I det följande presenteras ett underlag för en bedömning av hur de förestående bestämmelsernas krav uppfylls för småhusområden med friliggande enfamiljshus med ytterväggar och bjälklag utförda i betong. Ytterväggarnas och bjälklagens inre ytor förutsätts därvid ha fått en behandling, vars inverkan på konstruktionsdelarnas värmetransport är försumbar, t ex målning eller tapet. Underlaget kan tillämpas med god noggrannhet ner till en tjocklek av ca 10 cm för ytterväggar och bjälklag.

Det presenterade underlaget har tagits fram med hjälp av en analytisk modell för brandspridning inom ett småhusområde [1], [2]. Modellen har verifierats genom ett stort antal fullskaleförsök och tidigare tillämpats för en beräkning av ett omfattande diagram- och tabellunderlag för en bestämning av minsta tillåtna husavstånd med hänsyn till risken för brandspridning inom en gruppbebyggelse av småhus med ytterväggar och bjälklag av gasbetong.

I förhållande till ett utförande i gasbetong innebär ytterväggar och bjälklag av betong en minskad värmedämning för småhusets omslutande konstruktioner vid brand. Detta leder till en lägre brandgastemperatur för ett fullt utvecklat brandförlopp i småhuset. Den tillhörande strålningen från det brinnande småhuset är proportionell mot den absoluta brandgastemperaturens fjärde potens. Även en måttlig sänkning av brandgastemperaturen kan därför

ge en kraftig reduktion av det brinnande småhusets strålning och som konsekvens därav också en betydande minskning av det minsta husavstånd, som kan godtas med hänsyn till kravet på förhindrad brandspridning från hus till hus inom ett småhusområde.

I uppsatsen redovisas först kortfattat nu gällande bestämmelser och de nya bestämmelser, som kommer att införas i nästa upplaga av Svensk Byggnorm (avsnitt 2). Redovisningen centreras till godtagbara minsta husavstånd för småhusområden med friliggande enfamiljshus. Därefter beskrivs en genom fullskaleförsök verifierad, analytisk modell för brandspridning inom ett småhusområde (avsnitt 3). Modellen kan utnyttjas för en beräkning av ett systematiserat dimensioneringsunderlag (avsnitt 4) och ett sådant redovisas i tabellform i Appendix 1 och 2, framtaget för en gruppbebyggelse av småhus med ytterväggar och bjälklag av betong. Underlagets tillämpning belyses genom två beräkningsexempel med en inlagd jämförelse mellan strålningsförhållanden vid brand, då småhusens omgivande konstruktioner är utförda i betong respektive gasbetong (avsnitt 5). Ur det systematiserade dimensioneringsunderlaget kan förenklade dimensioneringsdiagram tas fram och exempel härpå ges i avsnitt 6. Avslutningsvis jämförs i avsnitt 7 de godtagbara minsta husavstånd, som beräknats ur den i avsnitt 3 presenterade, analytiska modellen för brandspridning inom ett småhusområde, och de minsta husavstånd, som anges i förestående svenska bestämmelser.

2. Nu gällande bestämmelser och förestående nya

För småhus på samma tomt gäller enligt SBN 1975, att inga särskilda åtgärder krävs med hänsyn till risken för brandspridning, om inbördes husavstånd är ≥ 4.5 m. Då husavståndet är mindre än 4.5 m, skall den ena av de mot varandra vettande ytterväggarna vara fönsterlös och vara utförd i klass B30 upp till yttertaketets underkant.

För småhus på enskilda tomter medger byggnormen att minsta avstånd till tomtgräns av 4.5 m - dvs ett minsta inbördes husavstånd av 9.0 m - utan något tilläggskrav med hänsyn till brandspridningsrisken. Då en byggnadsnämnd medger mindre avstånd än 4.5 m till tomtgräns, bedöms det vanligen tillfyllest, att den yttervägg som vetter mot granntomten skall vara fönsterlös och i klass B30 upp till yttertaketets underkant.

I de nya bestämmelser för småhus och småhusområden, som kommer att införas i nästa upplaga av Svensk Byggnorm, kommer generellt att godtas ett minsta avstånd mellan närbelägna småhus av 5 m, om brandförsvarets insatstid är mindre än 10 min. Samma minsta husavstånd får också tillämpas, då brandförsvarets insatstid är lika med eller större än 10 men understiger 20 min, om vardera av mot varandra vettande fasader för närbelägna småhus har en total fönsteryta, som är maximalt 4 m^2 . I övriga fall krävs ett minsta husavstånd av 8 m. De angivna avstånden är tillämpbara för alla typer av friliggande småhus, oavsett material i ytterväggar och bjälklag. Generellt krävs vidare, att ytterväggar i småhus i avskiljande syfte utförs i klass B30, fränsett ventilationsöppningar och öppningar för fönster och dörrar.

I NKBs riktlinjer för brandtekniska bestämmelser för enfamiljshus anges generellt [3]:

- * Utvändiga väggytor skall utföras av material och konstruktioner, som varken är lättantändliga eller i väsentlig grad medverkar till en brands spridning,
- * taktäckning skall utföras så att den inte lätt antänds av flygbrand och inte heller i väsentlig grad medverkar till en brands spridning,
- * invändiga vägg -och takytor skall utföras av material och konstruktioner, som varken är lättantändliga eller i väsentlig grad medverkar till en brands spridning och en kraftig rökutveckling.

För beklädnader och ytskikt motsvaras dessa NKB-krav - såväl i nu gällande svenska bestämmelser som i förestående nya bestämmelser - av det allmänna materialkrav, som anges i SBN 1975, 37:31 (i kommande upplaga av SBN avsnitt 37:411):

"Ett material i en byggnadsdel eller fast inredning får inte ha sådana egenskaper eller ingå i byggnadsdelen på ett sådant sätt att materialet vid brand ger upphov till en mycket snabb brandspridning eller inomhus snabbt utvecklar en stor mängd rök."

Motsvarigheten till NKB-riktlinjernas krav för taktäckning ges i de svenska bestämmelserna i SBN 1975, 37:381 (i kommande upplaga av SBN avsnitt 37:4321). Dessa krav kvarstår oförändrade i de förestående nya bestämmelserna. För småhus innebär detta, att taktäckning får bestå av brännbart material - t ex skyddsbelagd papp - med sådana egenskaper, att det vid provning enligt fastställd metod, dels skyddar underlaget mot antändning av flygbränder, dels inte självt medverkar till brandspridning.

3. Analytisk modell för brandspridning

Som underlag för bedömning av risken för brandspridning inom ett småhusområde av betong har den vid institutionen utvecklade teoretiska modellen för småhusbebyggelse utnyttjats. Modellen gäller för friliggande enfamiljshus i en eller två våningar med ytterväggar och bjälklag utförda i stenmaterial, i första hand gasbetong [1]. Modellen förutsätter att kraven i NKB-riktlinjerna och i motsvarande bestämmelser i förestående ny upplaga av Svensk Byggnorm är uppfyllda i fråga om taktäckning, utvändiga väggytor och invändiga tak- och väggytor.

Det som föreskrifterna om minsta avstånd mellan närbelägna hus i NKB-riktlinjerna och i motsvarande Svenska bestämmelser avser att gardera, är en brandspridning från hus till hus till följd av antändning genom enbart värme-strålning (spontan antändning) eller genom värme-strålning i kombination med tändlåga. Kriteriet för förhindrad brandspridning är därvid att tidsvariationen för strålningsintensiteten i utslagsgivande punkter av den närbelägna byggnaden skall ligga på säkra sidan jämfört med de strålningsförhållanden, som har till följd att brännbart material i denna byggnads ytor, komponenter eller inredning antänds.

Då ett hus inom ett småhusområde övertänds, blir ett närbeläget hus exponerat, dels för strålning genom fönsteröppningar o d från brandhärden inne i det brinnande huset, dels för strålning från de flammor, som slår ut genom det brinnande husets öppningar. Som regel dominerar därvid strålningsbidraget genom fönsteröppningar. Förenklat är den totala strålningen funktion av

- (1) småhusets brandbelastning f , bestämd enligt SBN 1975, 37:122,
- (2) småhusets öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot}$, där
 - A = sammanlagd yta av småhusets fönster- och dörröppningar,
 - h = ett med hänsyn till öppningarnas storlek vägt medelvärde av öppningarnas höjd och
 - A_{tot} = småhusets totala inre omslutningsyta, dvs ytan av ytterväggar, golv och tak, inklusive öppningar,
- (3) den andel γ_p av den sammanlagda öppningsytan, från vilken strålning emitteras mot det närbelägna småhuset,
- (4) avståndet c mellan brinnande hus och strålningsexponerat hus.

Härtill kommer inverkan av omslutande vägg- och bjälklagskonstruktioners termiska egenskaper. I denna rapport utgöres dessa av betong, vilket är

den huvudsakliga skillnaden jämfört med den redogörelse, som presenteras i [1], vilken gäller då omslutande konstruktioner är utförda i gasbetong.

I en noggrann dimensionering bör därutöver hänsyn tas till detaljerade karakteristika för småhusens fönsteröppningar (antal, höjd, bredd, läge), plan- och höjdgeometri samt inbördes husplacering.

I en fullständig dimensioneringsmodell ingår tre submodeller, nämligen

- (1) en modell för bestämning av övertänt brandförlopps gastemperatur samt karakteristika för utvändiga flammor ifråga om temperatur och geometri,
- (2) en modell för bestämning av strålningsförhållanden inom ett småhusområde vid övertänd brand i ett eller flera småhus samt
- (3) en modell, som avgör om beräknad strålningspåverkan mot närbeläget hus ger antändning eller ej.

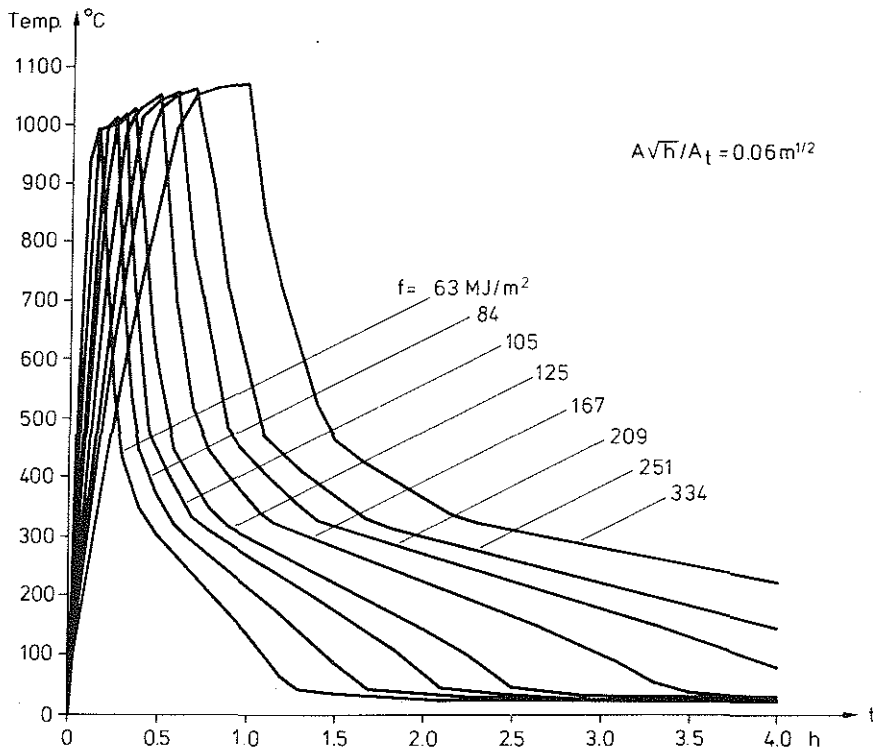
3.1 Submodell 1

En modell för övertänt brandförlopp i ett småhus bygger på brandrummets eller brandcellens energibalans

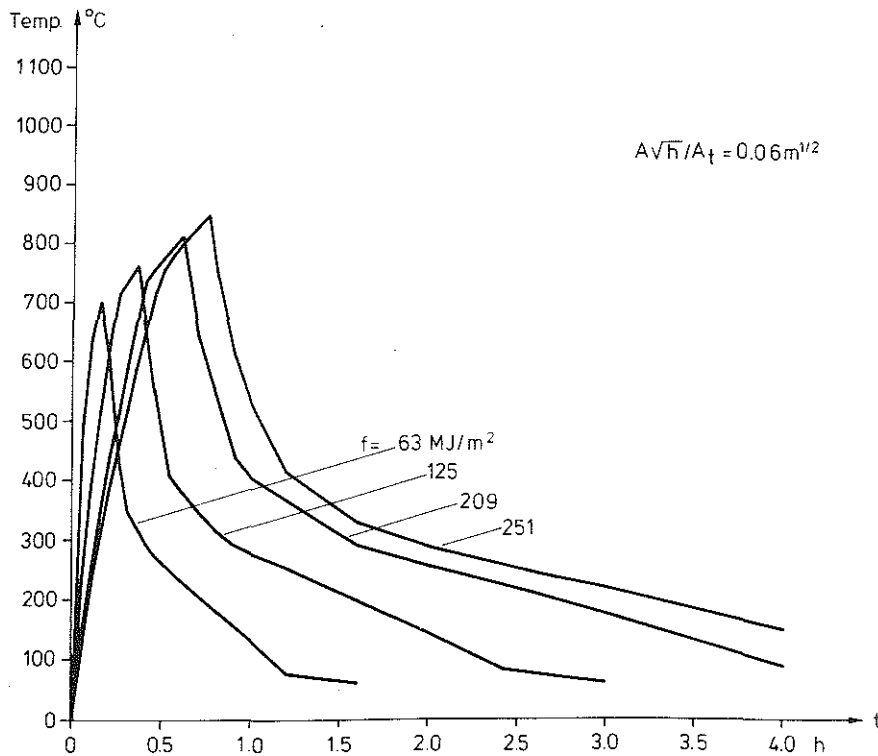
$$P_C = P_L + P_W + P_R \quad (3.1a)$$

där P_C är frigjord värmeeffekt vid brandbelastningens förbränning, P_L bortförd effekt genom brandgaserna, P_W bortförd effekt genom värmetransport till omgivande konstruktioner och P_R bortförd effekt genom strålning ut ur småhusets öppningar.

Ur systematiserade datorberäkningar över vid institutionen utvecklad brandförloppsmodell erhålls grundläggande data, t ex gastemperatur-tidkurvor T_t -t för fullständigt brandförlopp vid varierande brandbelastning f och öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot}$. Sådana kurvor illustreras i fig 3.1a, då småhusets omslutande konstruktion är utförd i gasbetong med densiteten 500 kg/m^3 och i fig 3.1b vid omslutande konstruktion i betong. Figurerna gäller för öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0.06 \text{ m}^{1/2}$. I Appendix 1 finns motsvarande värden tabellerade för småhus med omslutande konstruktioner i betong för de tre öppningsfaktorn värdena 0.04 , 0.06 och $0.08 \text{ m}^{1/2}$. Modellen ger också data för beskrivning av tidsvariationen för en geometriskt förenklad, utvändig flamma ifråga om flamlängd, flamvinkel och temperaturfält.



Figur 3.1a. Gastemperatur-tidkurvor för fullständigt brandförlopp vid varierande värden för brandbelastningen f vid öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_t = 0.06 \text{ m}^{1/2}$. Brandcell med omslutande konstruktioner av gasbetong med densiteten $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$



Figur 3.1b. Gastemperatur-tidkurvor för fullständigt brandförlopp vid varierande värden för brandbelastningen f vid öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_t = 0.06 \text{ m}^{1/2}$. Brandcell med omslutande konstruktioner av betong

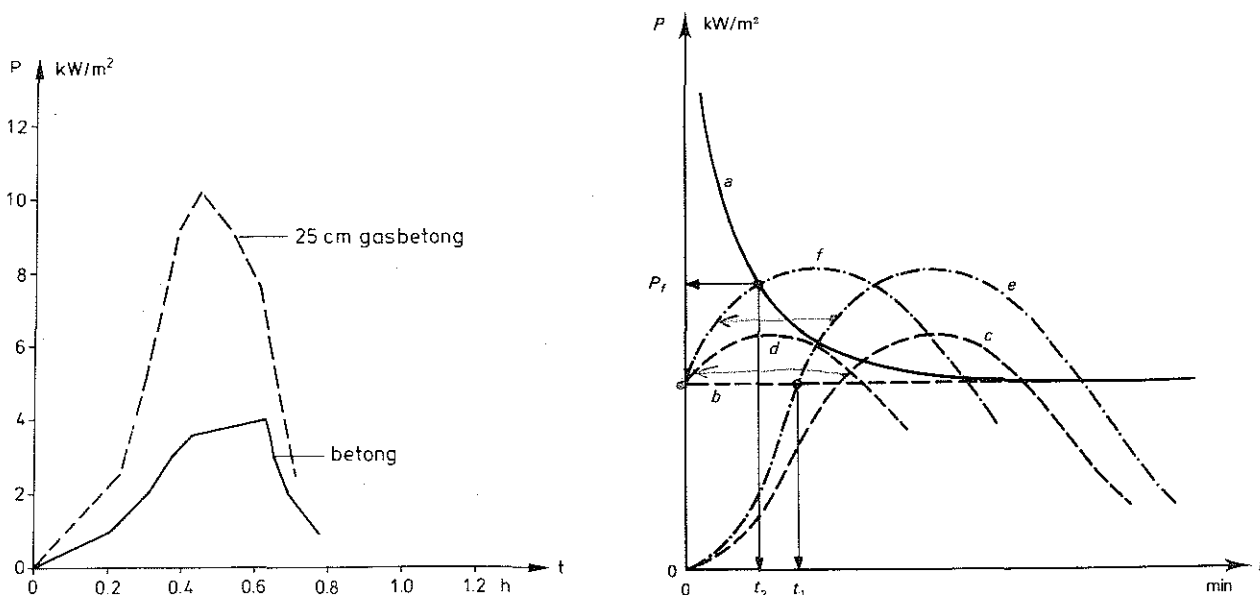
De beräknade gastemperatur-tidkurvorna tar hänsyn till om brandförloppet är ventilationskontrollerat eller bränslekontrollerat.

3.2 Submodell 2

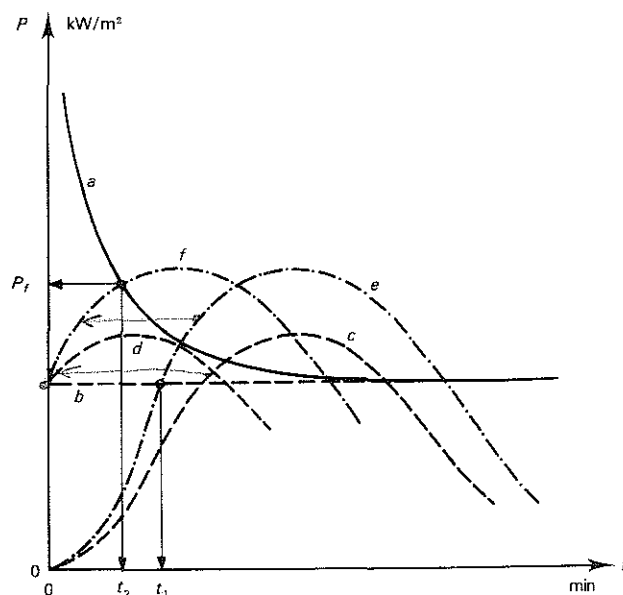
Karakteristika för brandförloppet och utvändiga flammor utgör input i modellen för bestämning av strålningsförhållandena för närbelägna byggnader inom småhusområdet.

Strålningsmodellen har utnyttjats för att via systematiserade datorberäkningar ta fram ett dimensioneringsunderlättande tabellunderlag. Underlaget ger direkt värden på maximal strålning P_{\max} och strålningens tidsvariation P-t i olika punkter av rutnät, placerat i närbeläget hus' strålningsexponerade fasad, som funktion av brandbelastningen f , öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}}$ och husavståndet c .

I fig 3.2a jämföres strålningens tidsvariation P-t enligt tabellunderlaget i Appendix 2, då omslutande konstruktion utgöres av gasbetong respektive betong.



Figur 3.2a. Jämförelse av tidkurvan för strålningsintensiteten i maximalt bestrålad punkt (punkt 4, tabell 7a, appendix 2) av närbeläget hus vid brand i småhus med öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0.06 \text{ m}^{1/2}$, brandbelastningen $f = 209 \text{ MJ/m}^2$ och omslutande konstruktion av 25 cm gasbetong alternativt 25 cm betong för husavståndet $c = 5 \text{ m}$



Figur 3.3a. Metod för undersökning av om antändning sker eller ej i en utslagsgivande punkt av ett småhus vid brand i en närbelägen byggnad

→ tid till antändning för "f"

Dimensioneringsunderlaget kan utnyttjas för noggranna beräkningar av strålningen i antändningskänsliga punkter av ett småhus, strålningsexponerat från en brand i ett närbeläget småhus.

3.3 Submodell 3

Dimensioneringsförfarandets tredje submodell ger svar på frågan, om strålningpåverkan mot ett närbeläget hus leder till antändning eller ej. Fig 3.3a presenterar för detta en starkt förenklad analysmodell.

I modellen ställs mot varandra, dels ett beräknat samband mellan strålningsintensiteten P och tiden t för studerad punkt av det strålningsexponerade småhuset (kurvorna c och e), dels ett i laboratorieskala experimentellt bestämt samband mellan konstant strålningsintensitet P och antändningstid för exponerat material (kurva a med horisontell asymptot b). Beräknad P - t -kurva (kurvorna c och e) parallellförskjuts åt vänster så att kurvans skärningspunkt med asymptoten b sammanfaller med P -axeln ($t = 0$). Därigenom definieras kurvorna d och f , som hör till kurvorna c resp e . Om en parallellförflyttad kurva d eller f ej skär kurvan a , är detta ett kriterium på att ingen antändning kommer att ske. Detta gäller för kurvan d i figuren. Om däremot någon av kurvorna kommer att skära kurva a , som kurva f gör i figuren, beräknas antändning uppstå. Tidpunkten för antändning t_{ant} bestäms ur formeln

$$t_{ant} = t_1 + t_2 \quad (3.3a)$$

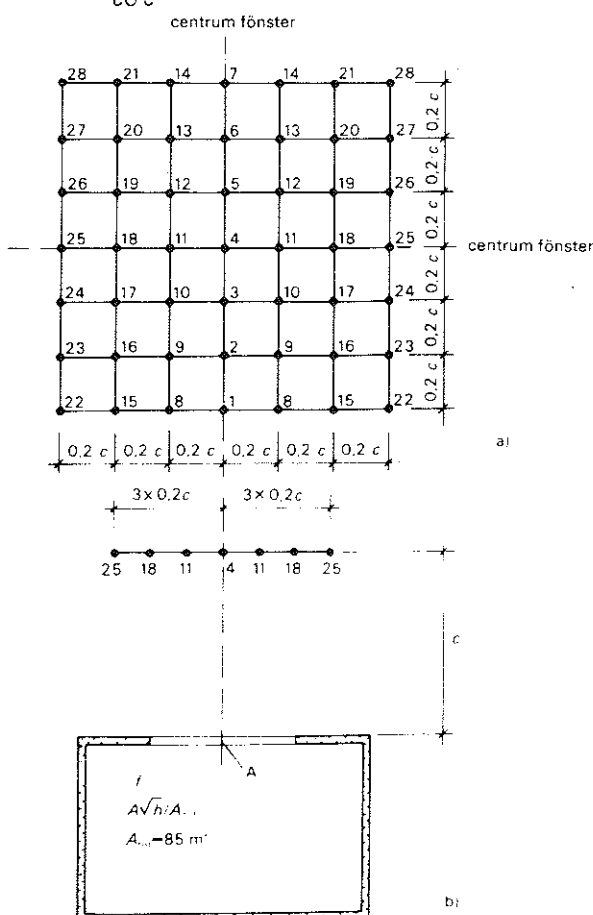
Modellen kan förefalla alltför långtgående förenklad. Jämförelser mellan beräknade resultat och vid fullskaleförsök erhållna resultat verifierar dock modellens praktiska tillämpbarhet.

4. Systematiserat dimensioneringsunderlag

För att underlätta en praktisk dimensionering av ett småhusområde med hänsyn till risken för brandspridning sammanställs i Appendix 2 ett datorberäknat underlag i tabellform. Underlaget möjliggör en förhållandevis snabb bestämning av tidkurvan för strålningsintensiteten P i godtyckligt vald punkt av ett hus inom ett småhusområde vid ett fullständigt brandförlopp i ett närbeläget hus.

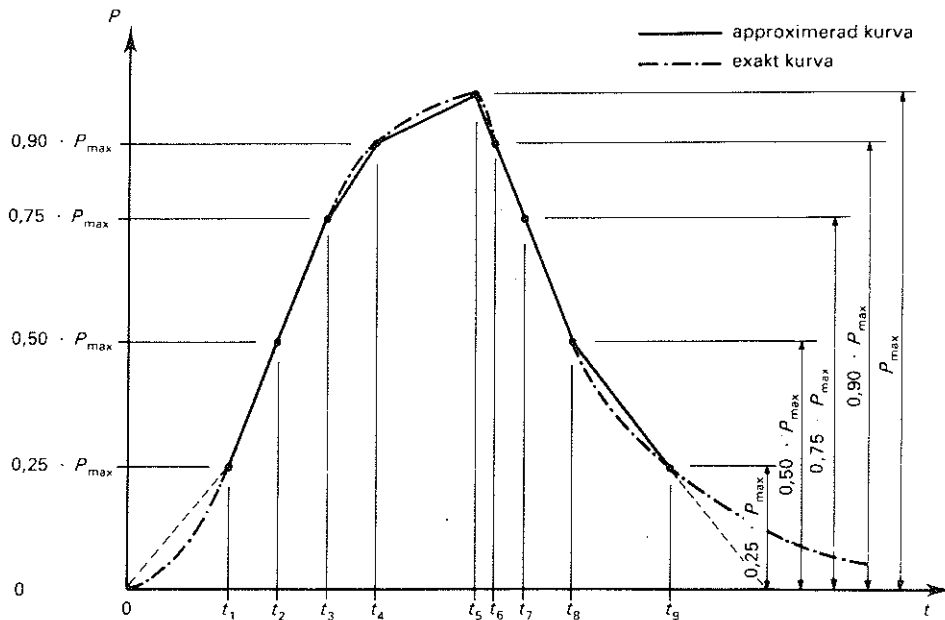
Tabellerna ger för en rektangulär fönsteröppning den kombinerade strålningen från brandhärden inne i en brinnande byggnad och från utvärdig flamma. Tabellerna i Appendix 2 bestämmer därvid strålningsintensitets-tidkurvan i olika punkter av ett referensnät enligt fig 4a, beläget i ett vertikalkplan, som är parallellt med den brinnande byggnadens fönsteröppning och som ligger på avståndet c från denna.

Dimensioneringstabellerna bygger på de gastemperatur-tidkurvor för fullständigt brandförlopp som redovisas i Appendix 1 och exemplifieras i fig 3.1b. Ingångsparametrar är därvid brandbelastningen f , det brinnande husets öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot}$ och avståndet c definierat enligt fig 4a.



Figur 4a. Orienteringen av de referenspunkter, som omfattas av dimensioneringsunderlaget enligt Appendix 2

Varje tabelluppslag, bestämt genom en viss kombination av brandbelastningen f och öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot}$, är uppdelat i en tabell a och en tabell b. Tabell a ger därvid maximal strålningsintensitet P_{max} för ett fullständigt brandförlopp i gällande referensnätts olika punkter. Tabell b redovisar de tillhörande tidskonstanter, t_1-t_9 , som bestämmer strålningsintensitetens P variation med tiden t . De nio tidskonstanterna definieras enligt fig 4b.



Figur 4b. Definition av de tidskonstanter, t_1-t_9 , som över Appendix 2 bestämmer tidkurvan för strålningsintensiteten P

De i tabellerna sammanställda värdena för den maximala strålningsintensiteten P_{max} förutsätter enligt fig 4a, att det brinnande småhusets samtliga fönsteröppningar beräkningstekniskt är samlade till en öppning. Värdena förutsätter vidare, att den totala inre omslutningsytan för det brinnande småhuset $A_{tot} = 85 \text{ m}^2$ och att emissionstalet för den yta av närbelägen byggnad, som träffas av strålningen $\epsilon_m = 1$.

Förutsättningarna medför, att vid en praktisk dimensioneringstillämpning får de ur Appendix 2 erhållna tabellvärdena för maximal strålningsintensitet $P_{max, tabell}$ korrigeras enligt sambandet

$$P_{max, p} = \gamma_p \epsilon_{mp} \frac{A_{tot}}{85} P_{max, tabell} \quad (4a)$$

Därvid är

- $P_{\max p}$ = maximal strålningsintensitet i aktuell punkt av gällande referensnät från strålning i anslutning till en fönsteröppning i den praktiska tillämpningen $\{kW/m^2\}$,
- $A_{\text{tot} p}$ = total inre omslutningsyta för den brinnande byggnaden i den praktiska tillämpningen, inklusive öppningsytor $\{m^2\}$,
- γ_p = förhållandet mellan av beräkningen omfattad fönsteröppningsyta och byggnadens totala fönsteröppningsyta i den praktiska tillämpningen och
- ϵ_{mp} = emissionstalet i den praktiska tillämpningen för den yta av närbelägen byggnad, för vilken strålningsintensiteten beräknas.

Sedan strålningsintensiteterna P bestämts på detta sätt för samtliga de fönsteröppningar i den brinnande byggnaden, som ger icke försumbara bidrag för aktuell beräkningsspunkt i närbelägen byggnad, erhålls den resulterande strålningsintensiteten genom direkt överlagring av de olika bidragen.

De i Appendix 2 redovisade värdena för strålningsintensiteten P gäller med godtagbar noggrannhet upp till en fönsterbredd, som högst uppgår till avståndet c , definierat enligt fig 4a. Fönsteröppningar, som ej uppfyller detta villkor, måste vid tabellvärdenas tillämpning uppdelas i enheter, som var för sig uppfyller villkoret.

Den praktiska tillämpningen av dimensioneringstabellerna i Appendix 2 framgår mera i detalj av beräkningsexemplen i följande avsnitt.

5. Tillämpningsexempel

I det följande illustreras tillämpningen av dimensioneringsunderlaget med två beräkningsexempel vilka svarar mot exempel 2 och 3 sid 41-46 i [1]. Beräkningsgången beskrivs här kortfattat och jämförelser görs för två alternativa småhusutformningar med omslutande konstruktioner i betong resp gasbetong. För den detaljerade beräkningsgången hänvisas till [1].

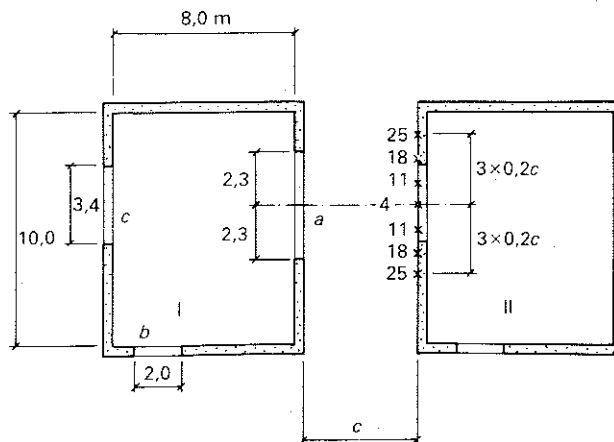
Exempel 1

Två närbelägna enplanshus inom ett småhusområde har invändiga planmått, fönsterbredder och fönsteröppningsplacering enligt fig 5a. Invändiga rumshöjden är 2,5 m och fönsteröppningshöjden h genomgående 1,3 m. Det fria avståndet mellan de båda husen är c m. Alternativa omslutande konstruktioner är betong resp gasbetong med densiteten 500 kg/m^3 .

Brandbelastningen $f = 30 \text{ Mcal/m}^2$ (125 MJ/m^2).

En brand utbryter och får utveckla sig ostört i huset I. Beräkna den häremot svarande strålningsintensitetens maximivärde P_{max} och tidkurva P - t i punkterna 4, 11, 18 och 25 med lägen enligt fig 4a och 5a i den fasad av det närbelägna huset II, som vetter mot det brinnande huset I. Beräkningen genomförs för de båda husavståndsvärdena $c = 4$ och $c = 5$ m.

Strålningsbidrag erhålls för de aktuella beräkningspunkterna endast från strålningen i anslutning till fönsteröppningen a , vilken har öppningsytan $A_a = 1,3 \cdot 4,6 = 6,0 \text{ m}^2$. Denna öppning har för husavståndet $c = 4$ m en bredd, som är större än c , vilket enligt anvisningarna för tillämpningen av Appendix 2 kräver, att fönsteröppningen vid detta alternativ uppdelas beräkningstekniskt i två delar.

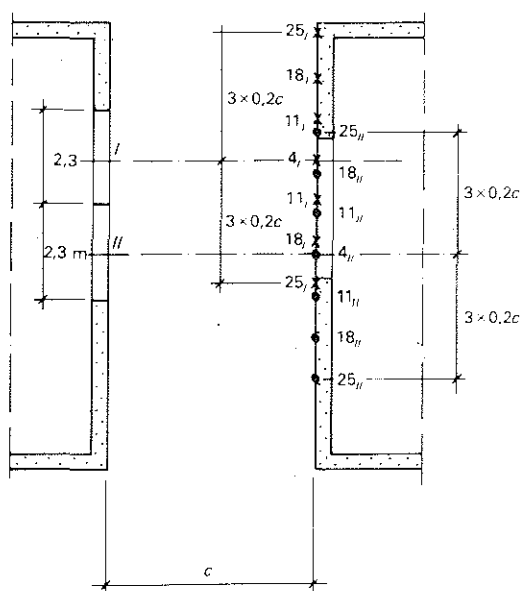


Figur 5a. Planmått och inbördes placering för två närbelägna enplanshus i ett småhusområde - exempel 1

I det följande redovisas en noggran lösning av uppgiften med fönstret beräkningstekniskt uppdelat enligt fig 5b i två lika enheter I och II med den individuella bredden 2,3 m.

Det brinnande husets öppningsfaktor beräknas till $0,06 \text{ m}^{1/2}$ ($A = 13,0 \text{ m}^2$, $h = 1,3 \text{ m}$, $A_{\text{tot}} = 250 \text{ m}^2$). Uppdelningen av fönsterytan i två lika enheter I och II ger för storheten γ_p i ekv (4a) ett värde, som för varje enhet är

$$\gamma_p = 2,3 / (4,6 + 2,0 + 3,4) = 0,23 \quad (\text{a})$$



Figur 5b. Inbördes placering av motstående fönsterfasader för två närbelägna enplanshus i ett småhusområde - exempel 1. Beräkningpunkter 4_I , 11_I , 18_I och 25_I hör till strålning i anslutning till fönsterhälfv I och beräkningpunkter 4_{II} , 11_{II} , 18_{II} och 25_{II} till strålning i anslutning till fönsteröppningshälfv II

I övrigt gäller

$$A_{\text{tot}p} = A_{\text{tot}} = 250 \text{ m}^2$$

$$\epsilon_{\text{mp}} = 1 \quad (\text{på säkra sidan valt värde})$$

För den till varje enskild fönsterenhet I respektive II hörande strålningsintensitetens maximivärde $P_{\text{max}p}$ i aktuella beräkningpunkter innebär detta enligt ekv (4a) värden enligt sambandet

$$P_{\max,p} = \gamma_p \epsilon_{mp} \frac{A_{\text{tot}}}{85} P_{\max,\text{tabell}} = 0,23 \cdot 1 \cdot \frac{250}{85} P_{\max,\text{tabell}} = 0,676 P_{\max,\text{tabell}}$$

(b)

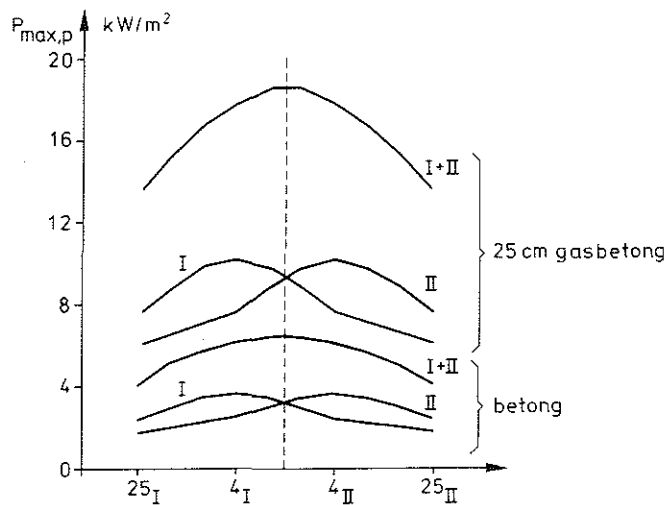
$P_{\max,\text{tabell}}$ ges därvid ur Appendix 2 för gällande brandbelastning $f = 125$ MJ/m², öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,060$ m^{1/2} och husavstånd $c = 4$ resp 5 m (tabell 6a).

För den mot fönsterenheten I svarande strålningsintensiteten $P_{\max,p}^I$ erhålls på detta sätt i de tillhörande beräkningspunkterna 4_I , 11_I , 18_I och 25_I enligt fig 5b följande värden,

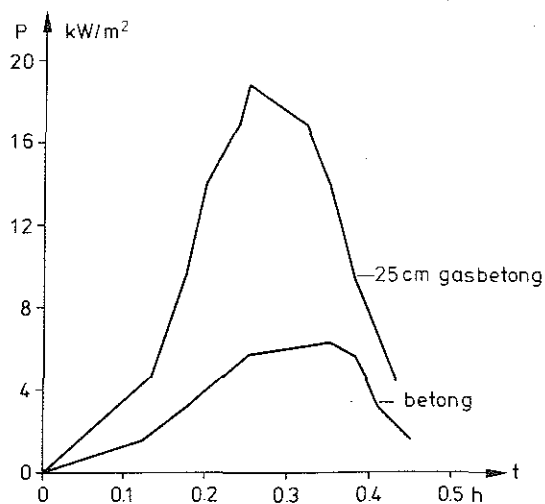
	Punkt	4_I	11_I	18_I	25_I	
$c = 4$ m	$P_{\max,p}^I$	3.7 (10.2)	3.5 (9.8)	3.0 (8.8)	2.4 (7.6)	kw/m ²
$c = 5$ m	$P_{\max,p}^I$	2.4 (6.3)	2.2 (6.0)	1.9 (5.3)	1.5 (4.7)	kw/m ²

där värdena inom parentes gäller för omslutande konstruktion av gasbetong.

Samma värden gäller för strålningsintensiteten $P_{\max,p}^{II}$ från fönsterhalva II för härtill hörande beräkningspunkterna 4_{II} , 11_{II} , 18_{II} och 25_{II} enligt fig 5b. I fig 5c sammanställs - för husavståndet $c = 4$ m - de för fönsterhalvorna I och II beräknade strålningsintensiteterna $P_{\max,p}^I$ respektive $P_{\max,p}^{II}$. Tidpunkterna t_1 - t_9 för beskrivning av strålningsintensitets-tidkurvan P-t ges direkt i tabell 6b i Appendix 2. Tillämpat på beräkningspunkt med maximal infallande strålning erhålls sambandet i fig 5d.



Figur 5c. Beräknad variation av maximal strålningsintensitet $P_{max,p}$ längs horisontalnivån 25..4..25 av exponerad fasad av mottagarhuset. Husavståndet $c = 4$ m. Jämförelse mellan fallen med omgivande konstruktion av gasbetong respektive betong



Figur 5d. Strålningsintensitets-tidvariationen $P-t$ för beräknad maximalt bestrålad punkt enligt figur 5c. Husavståndet $c = 4$ m

Exempel 2

Två närbelägna enplanshus inom ett småhusområde har invändiga planmått och fönsteröppningskaraktistika enligt fig 5e. Invändiga rumshöjden är 2,5 m. Det fria avståndet mellan de båda husen $c = 5$ m.

Brandbelastningen $f = 30 \text{ Mcal/m}^2$ (125 MJ/m^2).

En brand utbryter och får utveckla sig ostört i huset I. Beräkna den häremot svarande fördelningen av maximal strålningsintensitet P_{\max} längs en horisontallinje på mottagarhuset II-s fasad, belägen på samma nivå som centrumpunkterna av fönsteröppningarna b och c. Bestäm vidare tidkurvan för det största värdet av P_{\max} på den nämnda horisontallinjen.

Mot den fasad av huset II, som vetter mot det brinnande huset I, erhålls strålningsbidrag från fönsteröppningarna a, b och c med de individuella öppningsytorna

$$\begin{aligned} A_a &= 0,5 \cdot 2,0 = 1,0 \text{ m}^2 \\ A_b &= 1,5 \cdot 2,0 = 3,0 \text{ m}^2 \\ A_c &= 1,5 \cdot 1,33 = 2,0 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (\text{a})$$

Det brinnande husets totala, inre omslutningsyta

$$A_{\text{tot}} = 250 \text{ m}^2 \quad (\text{b})$$

Total fönsteröppningsyta

$$A = 13,0 \text{ m}^2 \quad (\text{c})$$

Vägt medelvärde av fönsteröppningshöjden h beräknas till

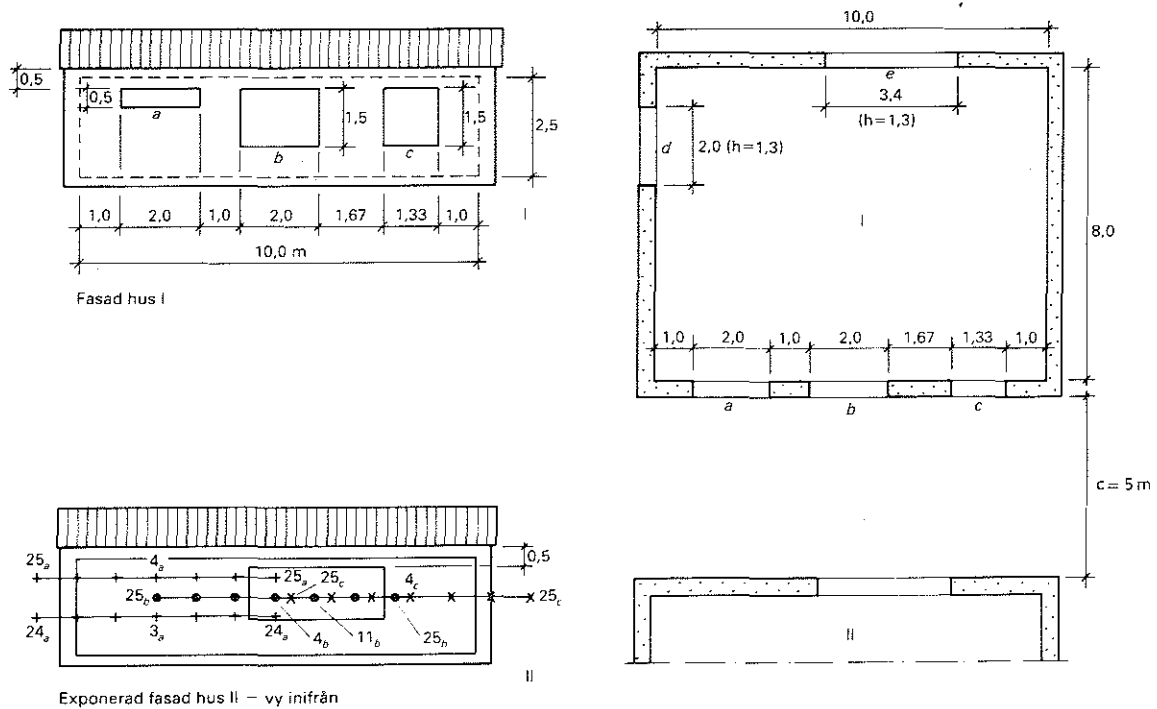
$$h = \frac{\sum A_v h_v}{A} = \frac{17,10}{13,0} = 1,32 \text{ m} \quad (\text{d})$$

Det brinnande husets öppningsfaktor erhålls till

$$A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 13,0 \sqrt{1,32}/250 = 0,060 \text{ m}^{1/2} \quad (\text{e})$$

För förhållandet γ_p mellan respektive yta A_a , A_b och A_c för de fönsteröppningar a, b och c, som ger bidrag till strålning i aktuella beräkningspunkter, och den totala fönsteröppningsytan A gäller, att

$$\begin{aligned} \gamma_{pa} &= A_a/A = 1,0/13,0 = 0,077 \\ \gamma_{pb} &= A_b/A = 3,0/13,0 = 0,231 \\ \gamma_{pc} &= A_c/A = 2,0/13,0 = 0,154 \end{aligned} \quad (\text{f})$$



Figur 5e. Inbördes placering och utformning av fönsterfasader för två närläggna enplanshus i ett småhusområde - exempel 2. Beräkningpunkter $25_a..4_a..25_a..$ och $24_a..3_a..24_a$ hör till strålning i anslutning till fönsteröppning a, beräkningpunkter $25_b..4_b..25_b$ till strålning i anslutning till fönsteröppning b och beräkningpunkter $25_c..4_c..25_c$ till strålning i anslutning till fönsteröppning c

För beräkningpunkternas emissionstal ϵ_{mp} väljs som en förutsättning något på säkra sidan värdet

$$\epsilon_{mp} = 1 \quad (g)$$

De tillhörande strålningsintensiteternas maximivärden P_{max_p} bestäms enligt ekv (4a) ur sambanden

$$P_{max_p}^a = 0,226 P_{max,tabelle} \quad \text{för fönsteröppning a} \quad (h)$$

$$P_{max_p}^b = 0,679 P_{max,tabelle} \quad \text{för fönsteröppning b} \quad (i)$$

$$P_{max_p}^c = 0,453 P_{max,tabelle} \quad \text{för fönsteröppning c} \quad (j)$$

$P_{max,tabelle}$ ges därvid ur Appendix 2 för aktuella beräkningpunkter och för gällande brandbelastning $f = 125 \text{ MJ/m}^2$, öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0,060 \text{ m}^{1/2}$ och husavstånd $c = 5 \text{ m}$, då omslutande konstruktion utgöres av betong.

Med den i [1] beskrivna proceduren erhålls den sökta strålningsintensitets fördelning enligt följande tabell.

För fönsteröppningen a-s bidrag

		Punkt				
$p_{\max,p}^a$		4_a	11_a	18_a	25_a	kW/m^2
		0,79	0,75	0,63	0,50	
		Punkt				
$p_{\max,p}^a$		3_a	10_a	17_a	24_a	kW/m^2
		0,70	0,68	0,57	0,45	

} Används för interpolation till studerad nivå

Interpolerade värden för studerad nivå

$p_{\max,p}^a$	0,75	0,72	0,60	0,48	kW/m^2
----------------	------	------	------	------	-----------------

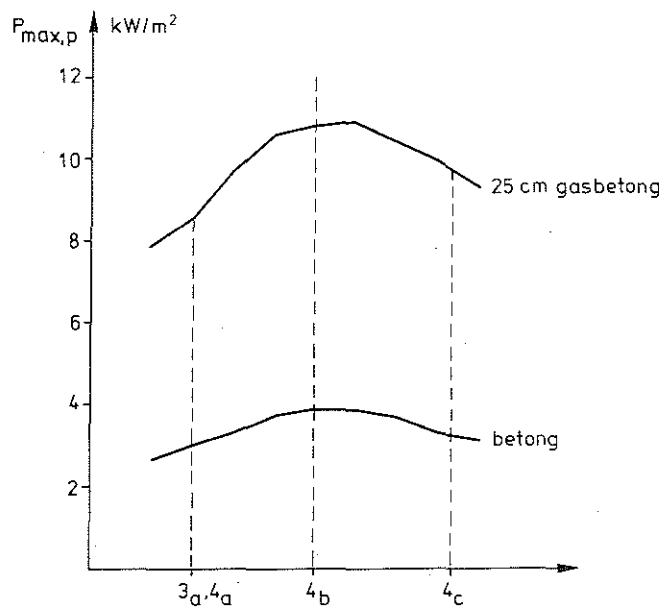
För fönsteröppningen b-s bidrag

		Punkt				
$p_{\max,p}^b$		4_b	11_b	18_b	25_b	kW/m^2
		2,38	2,24	1,90	1,49	

För fönsteröppningen c-s bidrag

		Punkt				
$p_{\max,p}^c$		4_c	11_c	18_c	25_c	kW/m^2
		1,59	1,49	1,27	1,00	

En direkt överlagring av dessa bidrag ger den fördelning av den resulterande maximala strålningsintensiteten längs den aktuella nivån, som redovisas i fig 5f. I denna ges även som jämförelse strålningsintensitetens variation, då omslutande konstruktion består av gasbetong [1].



Figur 5f. Resultande maximala strålningsintensiteten från samtliga tre fönsteröppningar a, b och c vid omslutande konstruktion av betong resp gasbetong

6. Förenklade beräkningsdiagram

Ur det differentierade dimensioneringsunderlaget kan förenklade beräkningsdiagram tas fram, som direkt ger det minsta husavstånd c mellan närbelägna, parallella hus inom ett småhusområde med hänsyn till kravet på förhindrad brandspridning mellan husen. Exempel på sådana förenklade beräkningsdiagram redovisas i fig 6a, b och c då öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0,04, 0,06$ resp $0,08 \text{ m}^{1/2}$. Ingångsstorheter i diagrammen är

brandbelastningen f

öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot}$

storheten $\gamma_p A_{tot}$.

γ_p anger därvid förhållandet mellan den fönsteröppningsyta, från vilken strålning emitteras mot det närbelägna husets exponerade fasad, och det brinnande småhusets totala fönsteröppningsyta.

Beräkningsdiagrammen ger värden för minsta godtagbara husavstånd c , som genomgående ligger på säkra sidan. Diagrammen har beräknats under följande förutsättningar [1].

(1) De fönsteröppningsytor för det brinnande småhuset, från vilka strålning emitteras mot det närbelägna småhusets exponerade fasad, är beräkningsmässigt koncentrerade till en öppning.

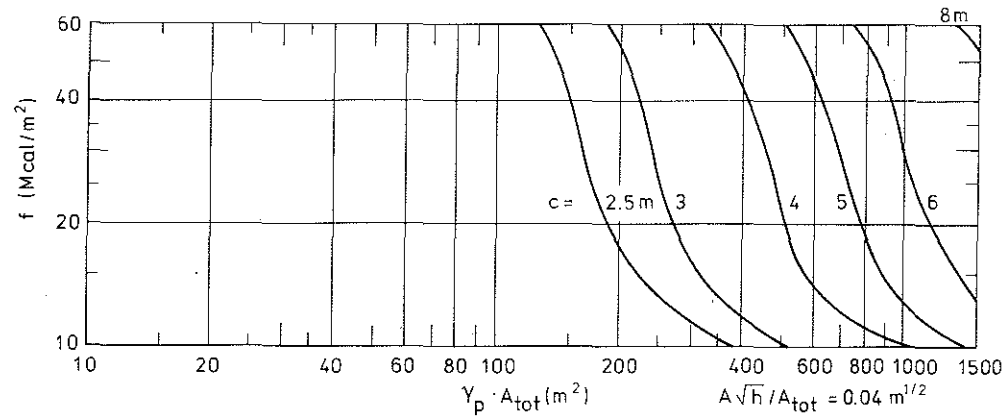
(2) Utslagsgivande för antändning är den punkt av det närbelägna småhusets exponerade fasad, som träffas av mittpunktsnormalen till det brinnande småhusets enligt (1) koncentrerade öppning.

(3) Den utslagsgivande punkten enligt (2) har emissionstalet $\epsilon_{mp} = 1$ och antändning sker genom strålning i kombination med flamma vid strålningsintensiteten $P_{max} = 13 \text{ kW/m}^2$.

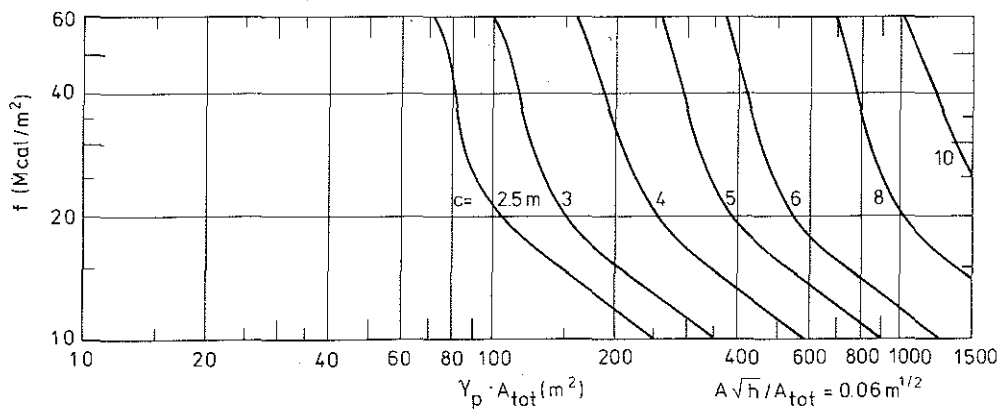
Om vid en praktisk dimensionering det enligt fig 6a-c beräknade c -värdet är mindre än aktuellt husavstånd, är kravet uppfyllt på förhindrad brandspridning inom småhusområdet. Någon ytterligare beräkning behöver då ej genomföras.

Om kravet på förhindrad brandspridning däremot ej kan påvisas vara uppfyllt genom en sådan förenklad beräkning, är en noggrannare analys enligt den i avsnitten 3-5 och genom Appendix 2 presenterade metoden naturlig att tillgripa. En sådan noggrannare analys måste generellt väljas vid icke parallella fasader för brinnande och närbeläget småhus.

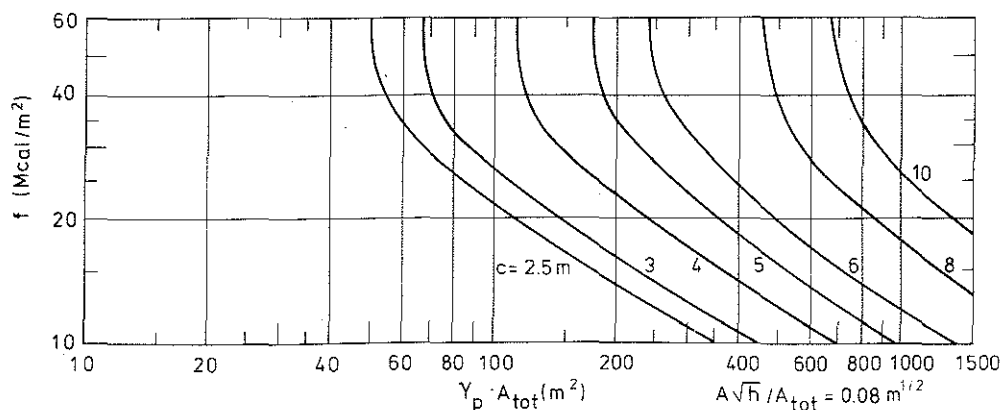
Ger även en noggrannare analys, att kravet på förhindrad brandspridning ej är uppfyllt, måste småhusområdet omdimensioneras.



a)



b)

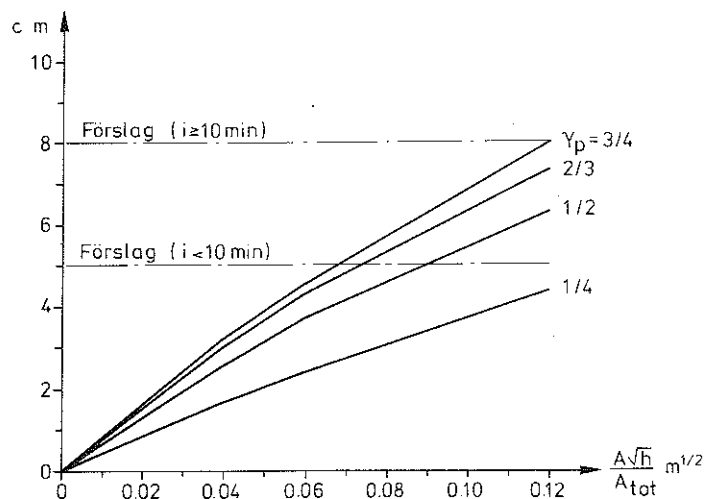


c)

Figur 6a-c. Exempel på förenklade dimensioneringsdiagram för en bestämning av minsta avstånd c mellan parallella hus inom ett småhusområde med hänsyn till kravet på förhindrad brandspridning vid varierande brandbelastning f , öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot}$ och parameter $\gamma_p A_{tot}$ för brinnande småhus. Omslutande konstruktioner av betong. 1 Mcal = 4,19 MJ

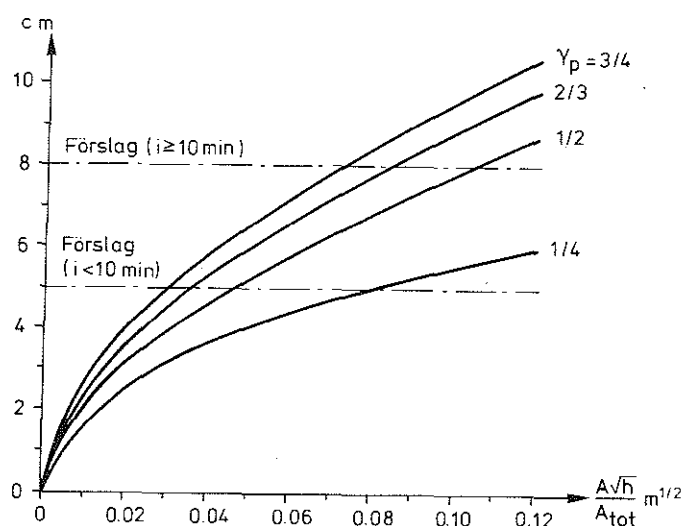
7. Jämförelse mellan analytiskt bestämda, godtagbara husavstånd och i förestående bestämmelser angivna

Ur det förenklade dimensioneringsunderlag, som exemplifierats i fig 6a-c, kan man direkt bestämma det minsta godtagbara husavståndet c mellan två närbelägna, parallella småhus med hänsyn till risken för brandspridning. En tillämpning för ett småhusområde med en bostadsyta om cirka 100 m^2 per hus ger, att minsta godtagbara husavståndet c varierar med öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}}$ och den andel γ_p av sammanlagd öppningsyta, från vilken strålning emitteras från det brinnande huset till det närbelägna, enligt fig 7a. Kurvorna förutsätter en brandbelastning $f = 40 \text{ Mcal/m}^2$ (168 MJ/m^2), omfattande den i SBN Kommentarer 1976:1 för bostäder om 3 rum och kök eller större angivna dimensionerande brandbelastningen $35,5 \text{ Mcal/m}^2$ jämte ett mindre tillskott på $4,5 \text{ Mcal/m}^2$ från golvbeläggning.



Figur 7a. Beräknat samband mellan minsta godtagbara husavstånd c , öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}}$ och storheten γ_p för ett representativt småhusområde i betong med en bostadsyta för enskilt småhus av cirka 100 m^2 . Brandbelastning $f = 40 \text{ Mcal/m}^2$. Streckprickade linjer anger i förestående bestämmelser godtagbara, minsta husavstånd. Avståndet $c = 5 \text{ m}$ får därvid tillämpas också för $10 \leq i < 20 \text{ min}$, om vardera av mot varandra vettande fasader för närbelägna småhus har en total fönsteryta $\leq 4 \text{ m}^2$. i är brandförsvarets insatstid

Motsvarande kurvsamband mellan minsta godtagbara husavstånd c , öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}}$ och storheten γ_p för ett representativt småhusområde i gasbetong med densiteten 500 kg/m^3 återges i fig 7b [2].



Figur 7b. Beräknat samband mellan minsta godtagbara husavstånd c , öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot}$ och storheten γ_p för ett representativt småhusområde i gasbetong (densitet 500 kg/m^3) med en bostadsyta för enskilt småhus av cirka 100 m^2 . Brandbelastning $f = 40 \text{ Mcal/m}^2$. Se vidare texten till fig 7a [2]

En jämförelse mellan fig 7a och b bekräftar det, som framförts i uppsatsens inledning, nämligen att betonghusets lägre värmedämmande förmåga och tillhörande lägre brandgastemperatur vid en fullt utvecklad småhusbrand kan förväntas leda till en betydande minskning av det minsta husavstånd c , som kan godtas med hänsyn till kravet på förhindrad brandspridning från hus till hus inom ett småhusområde. För $\gamma_p = 1/2$ - dvs småhus med en fönsteröppningsyta, från vilken strålning emitteras mot närbeläget hus exponerad fasad, som uppgår till 50% av det brinnande småhusets totala fönsteröppningsyta - ger fig 7a och b minsta godtagbara husavstånd c för ett småhusområde i betong, respektive gasbetong med densiteten 500 kg/m^3 enligt följande tabell. En övergång från småhus med omslutande konstruktioner i gasbetong till småhus med omslutande

$A\sqrt{h}/A_{tot}$	0,04	0,06	0,08	0,10	$\text{m}^{1/2}$
c (betong)	2,55	3,75	4,6	5,5	m
c (gasbetong)	4,6	5,8	6,8	7,75	m

konstruktioner i betong möjliggör följaktligen för detta γ_p -värde en reduktion av godtagbart minsta husavstånd med mer än 2 m.

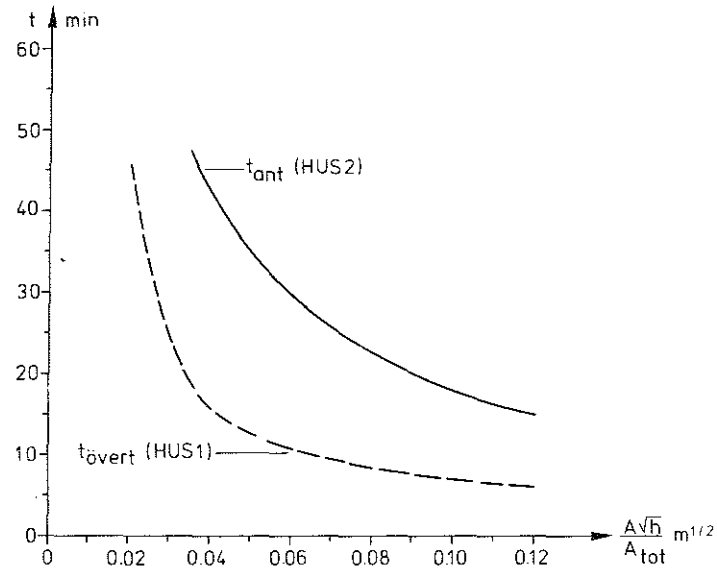
De i avsnitt 6 och de i fig 7a och b redovisade, godtagbara minsta husavstånden c och de motsvarande noggrannare c -värden, som kan beräknas ur tabellerna i Appendix 2, förutsätter - som framhållits i uppsatsens inledning - att de inre ytorna av småhusens ytterväggar och bjälklag har fått en behandling med en försumbar inverkan på konstruktionsdelarnas värmetransport, t ex målning eller tapet. c -värdena gäller oberoende av brandförsvarets insatstid.

För en jämförelse mellan beräknade, minsta godtagbara husavstånd c enligt fig 7a och b och de i förestående bestämmelser angivna godtagbara minimiavstånden, måste först ett val göras av praktiskt representativa områden för γ_p och $A\sqrt{h}/A_{tot}$. För γ_p kan därvid väljas ett värde av upp till cirka 1/2 som praktiskt relevant. För öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot}$ visar en av ATVs brandgrupp i Danmark genomförd fältstudie [4], att det för småhus karakteristiska värdet från 1950 till 1970 ökat från cirka 0,05 till cirka 0,10 $m^{1/2}$. Dagens och framtidens energisituation kommer dock sannolikt att på sikt leda till en reduktion av småhusens karakteristiska öppningsfaktorvärde.

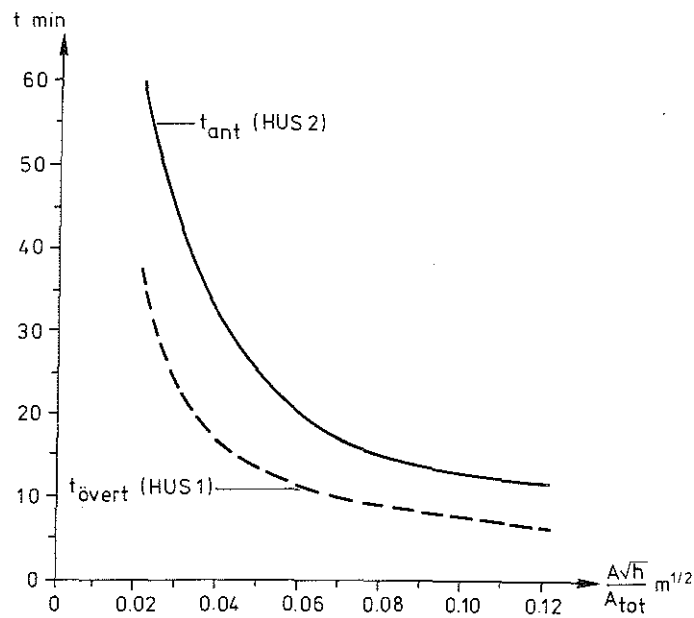
Inom dessa områden för γ_p och $A\sqrt{h}/A_{tot}$ framgår av fig 7a och b, att ett mindre husavstånd kan accepteras än det i förestående bestämmelser angivna minimivärdet $c = 5$ m - vilket förutsätter en kortare insatstid för brandförsvaret i än 10 min - för småhus av betong, om öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} < 0,088$ $m^{1/2}$, och för småhus av gasbetong (densitet 500 kg/m^3), om öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} < 0,047$ $m^{1/2}$. I jämförelse med de förestående bestämmelsernas generellt godtagna, minsta husavstånd $c = 8$ m ger fig 7a och b genomgående mindre värden.

För en bedömning av godtagbarheten av bestämmelsernas minsta husavstånd $c = 5$ m vid $t < 10$ min, då öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot}$ är större än 0,088 $m^{1/2}$ för småhusområden i betong och större än 0,047 $m^{1/2}$ för småhusområden i gasbetong, krävs ett närmare studium av tidförhållanden för brandspridning inom ett småhusområde.

Kurvorna i fig 7c och d ger därvid ledning. De har beräknats ur det differentierade dimensioneringsunderlag, som redovisas i Appendix 2 för småhus i betong och motsvarande tabeller i [1] för småhus i gasbetong. Underlaget har verifierats genom omfattande fullskaleförsök för brandbelastning av träbränslekaraktär.



Figur 7c. Beräknade värden på övertändningstid för brand i ett småhus $t_{över}$ och tillhörande tid för antändning av närbeläget hus t_{ant} vid varierande öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot}$ för småhusområde i betong med karakteristika enligt fig 7a. Brandbelastning av träbränsletyp



Figur 7d. Beräknade värden på övertändningstid för brand i ett småhus $t_{över}$ och tillhörande tid för antändning av närbeläget hus t_{ant} vid varierande öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_{tot}$ för småhusområde i gasbetong (densitet 500 kg/m³) med karakteristika enligt fig 7b. Brandbelastning av träbränsletyp [2]

Kurvorna visar beräknade värden för dels den sannolika övertändningstiden för en brand i ett småhus $t_{\text{övert}}$, dels den tillhörande tiden för antändning av närbeläget hus t_{ant} , räknat från den tidpunkt, då branden initieras i det första huset. Kurvorna indikerar, att en insatstid av 10 min för brandförsvaret är tillräckligt för att hindra brandspridning till närbeläget hus oberoende av varje praktiskt förekommande öppningsfaktor, om larm går till brandförsvaret samtidigt som en brand utbryter i ett småhus, uppfört i betong eller gasbetong.

Om larm ges först, då en brand i ett småhus utvecklats till övertändning, avgör i stället tidsdifferensen $t_{\text{ant}} - t_{\text{övert}}$. För ett småhusområde i betong är denna tidsdifferens enligt fig 7c större än 10 min för öppningsfaktorer $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}}$ upp till cirka $0,11 \text{ m}^{1/2}$, dvs för varje ordinär praktisk tillämpning. För ett småhusområde i gasbetong underskrider tidsdifferensen $t_{\text{ant}} - t_{\text{övert}}$ enligt fig 7d värdet 10 min för öppningsfaktorer $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}}$, som är större än cirka $0,055 \text{ m}^{1/2}$.

I normalfallet ges larm till brandförsvaret senare än då branden utbryter i ett småhus men tidigare än då branden i småhuset utvecklats till övertändning. Sett mot bakgrunden härav styrker tidsvärdena i fig 7c och d rimligheten i de förestående bestämmelsernas acceptering av ett minsta husavstånd inom ett småhusområde av 5 m, då brandförsvarets insatstid är mindre än 10 min. Enligt de förestående bestämmelserna får ett minsta husavstånd av 5 m också tillämpas, då brandförsvarets insatstid är lika med eller större än 10 min men understiger 20 min, om vardera av mot varandra vettande fasader för närbelägna småhus har en total fönsteryta, som är maximalt 4 m^2 . En fortsatt analys verifierar rimligheten också i denna föreskrift. Det bör dock observeras, att de i fig 7c och d redovisade tidsvärdena, vilka utgör en bas för en bedömning av de förestående bestämmelsernas godtagna, minsta husavstånd, gäller för brandförlopp med brandbelastning av i huvudsak träbränslekaraktär. Vid brandbelastning med betydande inslag av syntetiska material kan erfarenhetsmässigt övertändningstider ner mot endast 3-4 min ej praktiskt uteslutas.

8. Sammanfattning

Det ovan i avsnitt 4 och Appendix 2 presenterade dimensioneringsunderlaget möjliggör en noggrann beräkning av det minsta husavstånd mellan närbelägna småhus, som kan godtas med hänsyn till kravet på förhindrad brandspridning från hus till hus inom ett småhusområde i betong. Underlaget bygger på den analytiska modell för brandspridning inom småhusbebyggelse, som beskrivs i avsnitt 3. Modellen är verifierad genom en omfattande experimentell undersökning i fullskala. Underlagets praktiska tillämpning illustreras i avsnitt 5 genom två beräkningsexempel.

För en mer approximativ bestämning av det minsta, godtagbara husavståndet kan de förenklade dimensioneringsdiagrammen i avsnitt 6 användas.

De värden för minsta, godtagbara husavstånd, som erhålls genom en noggrann kalkyl enligt avsnitt 4 och Appendix 2 eller genom en mer överslagsmässig kalkyl enligt avsnitt 6, gäller oberoende av brandförsvarets insatstid. Leder kalkylen därvid till ett husavstånd, som är större än 5 m, kan dock enligt förestående bestämmelser husavståndet väljas till 5 m, om antingen

* brandförsvarets insatstid är mindre än 10 min eller

* om vardera av mot varandra vettande fasader för närbelägna småhus har en total fönsteryta av maximalt 4 m^2 och om samtidigt brandförsvarets insatstid är lika med eller större än 10 min men understiger 20 min.

Rimligheten i dessa bestämmelser styrks genom en i avsnitt 7 redovisad analys.

I uppsatsen jämförs småhusområden i betong med småhusområden i gasbetong (densitet 500 kg/m^3) med hänsyn till risken för brandspridning. Av jämförelsen framgår, att betonghusets lägre värmedämmande förmåga och tillhörande lägre brandgastemperatur vid en fullt utvecklad småhusbrand leder till en betydande minskning av det minsta, godtagbara husavståndet. Siffermässigt illustreras detta av fig 7a och b. Alternativt kan förhållandet beskrivas så att vid lika husavstånd är risken för brandspridning från hus till hus mindre för ett småhusområde i betong än för ett småhusområde i gasbetong.

Referenser

- [1] Fredlund, B. - Magnusson, S.E. - Nilsson, L. - Pettersson, O. - Strandberg, S. - Thelandersson, S.: Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong. Svenska Brandförsvarsföreningen, Stockholm 1977.

- [2] Pettersson, O.: Brandsäkerheten i småhusområden: De nya förslagen ej framsynta. Byggmästaren 3, 1978, s 23-27.

- [3] NKB: Retningslinier for bygningsbrandtekniske bestemmelser for enfamiliehuse. NKB-rapport nr 25, juli 1975.

- [4] ATVs brandgruppe: Rapport vedrørende "Undersøgelse af en række i enfamiliehuse". Glostrup, Danmark, oktober 1976.

Appendix 1

Tabell 1

Gastemperaturens tidsvariation för fullständigt brandförlopp vid öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_t = 0,04 \text{ m}^{1/2}$ och varierande brandbelastning f .
Brandcell med omslutande konstruktion av betong.

Tid t (h)	f (MJ/m ²)			
	63	125	209	251
0,025	145	92	63	56
0,050	241	151	102	91
0,075	325	204	137	120
0,100	403	254	170	150
0,125	474	300	202	178
0,150	534	345	232	204
0,175	588	389	261	230
0,200	603	430	290	256
0,225	619	464	318	280
0,250	629	497	346	304
0,275	614	535	372	328
0,300	547	575	395	352
0,325	486	614	417	372
0,350	452	632	439	392
0,375	416	642	464	410
0,400	375	651	491	429
0,425	343	659	518	454
0,450	333	667	544	478
0,475	323	675	567	501
0,500	313	682	591	524
0,525	304	688	614	545
0,550	295	681	637	565
0,575	286	648	660	586
0,600	276	610	668	606
0,625	267	568	675	626
0,650	261	540	682	646
0,675	257	519	689	665
0,700	252	496	696	677
0,725	248	473	702	684
0,750	243	448	709	691
0,775	239	422	717	697
0,800	236	394	724	704
0,825	232	387	731	712
0,850	228	380	738	720
0,875	224	373	745	727
0,900	221	367	751	734
0,925	217	361	734	741
0,950	214	355	714	748
0,975	210	350	692	754
1,000	207	344	667	760
1,200	179	303	524	707
1,400	148	279	414	561
1,600	116	260	376	451
1,800	85	243	346	401
2,000	73	225	318	372
2,200	71	207	299	347
2,400	69	190	286	324
2,600	67	174	275	306
2,800	62	157	264	295
3,000	58	139	254	285
3,200	54	121	244	275
3,400	51	103	234	266
3,600	49	84	223	257
3,800	47	74	213	248
4,000	45	73	203	239
4,200	43	71	192	230
4,400	42	70	181	221
4,600	41	69	170	212
4,800	40	68	159	203
5,000	39	66	148	194

Appendix 1

Tabell 2

Gastemperaturens tidsvariation för fullständigt brandförlopp vid öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_t = 0,06 \text{ m}^{1/2}$ och varierande brandbelastning f .
Brandcell med omslutande konstruktion av betong.

Tid t (h)	f (MJ/m ²)			
	63	125	209	251
0,025	238	137	94	84
0,050	396	226	153	135
0,075	528	306	206	183
0,100	639	381	256	226
0,125	678	450	304	268
0,150	699	512	349	308
0,175	713	566	394	347
0,200	603	625	435	385
0,225	499	687	472	420
0,250	424	713	507	452
0,275	364	725	547	483
0,300	350	736	588	517
0,325	335	747	627	553
0,350	320	757	664	589
0,375	306	766	700	621
0,400	292	668	736	653
0,425	280	583	746	685
0,450	273	550	756	716
0,475	266	514	766	748
0,500	260	475	774	757
0,525	252	435	784	767
0,550	245	403	793	775
0,575	238	392	802	785
0,600	232	383	811	795
0,625	225	374	820	804
0,650	219	365	762	813
0,675	213	356	696	822
0,700	207	347	638	830
0,725	201	339	616	837
0,750	195	330	593	844
0,775	189	322	569	799
0,800	183	313	544	747
0,825	176	305	519	688
0,850	170	300	492	653
0,875	164	296	465	633
0,900	157	293	437	612
0,925	151	289	428	591
0,950	144	285	420	570
0,975	138	282	413	548
1,000	131	278	405	525
1,200	75	252	356	413
1,400	64	226	313	369
1,600	61	199	292	330
1,800	59	172	275	305
2,000	53	144	258	289
2,200	48	114	242	275
2,400	45	84	226	261
2,600	42	65	211	248
2,800	40	64	195	234
3,000	38	62	179	221
3,200	36	60	162	208
3,400	35	59	145	195
3,600	34	56	128	180
3,800	33	54	110	166
4,000	32	53	91	151
4,200	31	51	72	136
4,400	31	48	65	120
4,600	30	46	63	105
4,800	30	44	62	89
5,000	29	43	61	72

Appendix 1

Tabell 3

Gastemperaturens tidsvariation för fullständigt brandförlopp vid öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_t = 0,08 \text{ m}^{1/2}$ och varierande brandbelastning f .
Brandcell med omslutande konstruktion av betong.

Tid t (h)	f (MJ/m ²)			
	63	125	209	251
0,025	293	167	120	107
0,050	485	277	198	176
0,075	644	375	267	236
0,100	687	465	331	293
0,125	708	546	394	347
0,150	554	616	453	400
0,175	476	692	505	451
0,200	370	767	553	494
0,225	350	779	606	536
0,250	329	792	661	583
0,275	307	804	711	631
0,300	285	696	759	675
0,325	278	599	793	717
0,350	271	553	806	759
0,375	263	502	817	801
0,400	256	448	828	812
0,425	248	404	839	822
0,450	241	391	827	834
0,475	233	379	771	844
0,500	226	367	704	854
0,525	219	355	644	864
0,550	212	343	612	873
0,575	205	331	578	854
0,600	198	319	542	775
0,625	191	308	504	680
0,650	184	301	465	654
0,675	177	296	433	625
0,700	169	292	423	597
0,725	162	287	414	567
0,750	154	283	405	536
0,775	146	279	396	504
0,800	139	274	388	471
0,825	130	270	380	445
0,850	122	266	372	436
0,875	114	262	364	427
0,900	106	258	356	418
0,925	98	253	349	410
0,950	90	249	341	402
0,975	81	245	333	395
1,000	73	241	326	388
1,200	56	207	296	334
1,400	53	173	274	303
1,600	45	136	253	283
1,800	41	97	233	264
2,000	38	59	212	246
2,200	35	57	191	228
2,400	34	55	171	210
2,600	32	54	149	192
2,800	31	50	126	173
3,000	30	48	104	154
3,200	29	46	79	134
3,400	28	44	58	113
3,600	28	41	56	92
3,800	27	39	55	69
4,000	27	38	54	58
4,200	26	36	51	56
4,400	26	35	49	55
4,600	25	34	48	54
4,800	25	33	47	52
5,000	25	32	47	50

Appendix 2

Tabell 1a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,04 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 63 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	2,7	1,9	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2
2	3,6	2,5	1,5	0,9	0,7	0,4	0,2
3	4,4	3,1	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
4	4,9	3,5	1,9	1,2	0,8	0,5	0,3
5	5,0	3,4	1,9	1,2	0,8	0,4	0,3
6	4,6	3,1	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2
7	3,8	2,5	1,3	0,8	0,6	0,3	0,2
8	2,6	1,9	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2
9	3,4	2,4	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2
10	4,2	3,0	1,7	1,1	0,7	0,4	0,3
11	4,7	3,3	1,8	1,2	0,8	0,4	0,3
12	4,8	3,3	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
13	4,5	2,9	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2
14	3,7	2,4	1,3	0,8	0,5	0,3	0,2

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	2,3	1,7	1,0	0,6	0,4	0,2	0,2
16	3,0	2,1	1,2	0,8	0,5	0,3	0,2
17	3,7	2,6	1,4	0,9	0,6	0,4	0,2
18	4,1	2,8	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2
19	4,1	2,8	1,5	1,0	0,7	0,4	0,2
20	3,8	2,5	1,4	0,8	0,6	0,3	0,2
21	3,2	2,1	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2
22	2,0	1,4	0,8	0,5	0,4	0,2	0,1
23	2,5	1,7	1,0	0,6	0,4	0,2	0,2
24	3,0	2,1	1,2	0,7	0,5	0,3	0,2
25	3,3	2,2	1,2	0,8	0,5	0,3	0,2
26	3,3	2,2	1,2	0,8	0,5	0,3	0,2
27	3,0	2,0	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2
28	2,6	1,7	0,9	0,6	0,4	0,2	0,1

Tabell 1b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

	Tid (h)
t_1	0,08
t_2	0,12
t_3	0,16
t_4	0,19
t_5	0,22
t_6	0,26
t_7	0,28
t_8	0,30
t_9	0,35

Appendix 2

Tabell 2a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,04 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 125 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	3,4	2,5	1,4	0,9	0,7	0,4	0,2
2	4,6	3,3	1,9	1,2	0,9	0,5	0,3
3	5,7	4,1	2,3	1,5	1,0	0,6	0,4
4	6,5	4,6	2,6	1,6	1,1	0,6	0,4
5	6,8	4,7	2,6	1,6	1,1	0,6	0,4
6	6,5	4,4	2,3	1,4	0,9	0,5	0,3
7	5,4	3,5	1,8	1,1	0,7	0,4	0,3
8	3,3	2,4	1,4	0,9	0,6	0,4	0,2
9	4,4	3,1	1,8	1,2	0,8	0,5	0,3
10	5,5	3,9	2,2	1,4	1,0	0,5	0,3
11	6,2	4,4	2,4	1,5	1,1	0,6	0,4
12	6,5	4,5	2,4	1,5	1,0	0,6	0,4
13	6,4	4,2	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
14	5,6	3,4	1,7	1,1	0,7	0,4	0,2

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	2,9	2,1	1,2	0,8	0,6	0,3	0,2
16	3,8	2,7	1,6	1,0	0,7	0,4	0,3
17	4,7	3,3	1,9	1,2	0,8	0,5	0,3
18	5,4	3,7	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
19	5,6	3,8	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3
20	5,4	3,5	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
21	4,5	2,8	1,5	0,9	0,6	0,3	0,2
22	2,4	1,7	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2
23	3,1	2,2	1,3	0,8	0,6	0,3	0,2
24	3,8	2,7	1,5	0,9	0,7	0,4	0,2
25	4,3	2,9	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2
26	4,3	2,9	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2
27	4,1	2,7	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2
28	3,4	2,2	1,2	0,7	0,5	0,3	0,2

Tabell 2b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

Tid (h)	
t_1	0,17
t_2	0,24
t_3	0,32
t_4	0,37
t_5	0,45
t_6	0,55
t_7	0,57
t_8	0,62
t_9	0,69

Appendix 2

Tabell 3a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,04 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 209 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	4,4	3,1	1,8	1,2	0,8	0,5	0,3
2	5,7	4,1	2,3	1,5	1,0	0,6	0,3
3	7,0	4,9	2,8	1,8	1,2	0,7	0,4
4	7,8	5,4	3,0	1,9	1,3	0,7	0,4
5	7,8	5,3	2,9	1,9	1,3	0,7	0,4
6	7,0	4,7	2,6	1,6	1,1	0,6	0,4
7	5,8	3,8	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
8	4,2	3,0	1,7	1,1	0,8	0,4	0,3
9	5,5	3,9	2,2	1,4	1,0	0,6	0,3
10	6,7	4,7	2,7	1,7	1,2	0,7	0,4
11	7,4	5,2	2,9	1,8	1,3	0,7	0,4
12	7,4	5,1	2,8	1,8	1,2	0,7	0,4
13	6,8	4,5	2,4	1,5	1,0	0,6	0,3
14	5,6	3,7	2,0	1,2	0,8	0,5	0,3

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	3,8	2,7	1,5	1,0	0,7	0,4	0,2
16	4,9	3,4	1,9	1,2	0,9	0,5	0,3
17	5,9	4,1	2,3	1,5	1,0	0,6	0,3
18	6,5	4,5	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
19	6,5	4,4	2,4	1,5	1,0	0,6	0,3
20	5,9	3,9	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
21	4,9	3,2	1,7	1,1	0,7	0,4	0,2
22	3,2	2,2	1,3	0,8	0,6	0,3	0,2
23	4,0	2,8	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2
24	4,8	3,3	1,8	1,2	0,8	0,4	0,3
25	5,2	3,6	2,0	1,2	0,9	0,5	0,3
26	5,2	3,5	1,9	1,2	0,8	0,5	0,3
27	4,7	3,2	1,7	1,1	0,7	0,4	0,2
28	4,0	2,7	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2

Tabell 3b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

Tid (h)	
t_1	0,31
t_2	0,45
t_3	0,56
t_4	0,66
t_5	0,85
t_6	0,92
t_7	0,95
t_8	1,13
t_9	1,63

Appendix 2

Tabell 4a. Strålningsmaximum (kW/m²) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0,04 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 251 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	4,7	3,4	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3
2	6,3	4,5	2,6	1,7	1,2	0,6	0,4
3	7,7	5,5	3,1	2,0	1,4	0,8	0,5
4	8,7	6,1	3,4	2,2	1,5	0,8	0,5
5	8,8	6,1	3,3	2,1	1,4	0,8	0,5
6	8,1	5,4	2,9	1,8	1,2	0,7	0,4
7	6,7	4,4	2,3	1,4	1,0	0,5	0,3
8	4,6	3,3	1,9	1,2	0,9	0,5	0,3
9	6,0	4,3	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
10	7,4	5,2	3,0	1,9	1,3	0,7	0,5
11	8,3	5,8	3,2	2,0	1,4	0,8	0,5
12	8,4	5,7	3,1	2,0	1,3	0,7	0,5
13	7,9	5,2	2,8	1,7	1,2	0,6	0,4
14	6,5	4,2	2,2	1,4	0,9	0,5	0,3

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	4,1	2,9	1,7	1,1	0,8	0,4	0,3
16	5,3	3,8	2,1	1,4	1,0	0,5	0,3
17	6,5	4,5	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
18	7,2	5,0	2,8	1,7	1,2	0,7	0,4
19	7,3	4,9	2,7	1,7	1,1	0,6	0,4
20	6,7	4,5	2,4	1,5	1,0	0,6	0,4
21	5,6	3,7	1,9	1,2	0,8	0,5	0,3
22	3,4	2,4	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2
23	4,4	3,1	1,7	1,1	0,8	0,4	0,3
24	5,2	3,6	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3
25	5,8	4,0	2,2	1,4	0,9	0,5	0,3
26	5,8	3,9	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
27	5,3	3,6	1,9	1,2	0,8	0,5	0,3
28	4,5	3,0	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2

Tabell 4b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

Tid (h)	
t ₁	0,38
t ₂	0,55
t ₃	0,68
t ₄	0,81
t ₅	0,98
t ₆	1,05
t ₇	1,13
t ₈	1,25
t ₉	1,39

Appendix 2

Tabell 5a. Strålningsmaximum (kW/m²) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0,06 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 63 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	4,4	3,2	1,9	1,2	0,9	0,5	0,3
2	5,7	4,2	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
3	6,9	5,0	3,0	1,9	1,4	0,8	0,5
4	7,4	5,4	3,2	2,1	1,5	0,8	0,5
5	7,2	5,2	3,0	2,0	1,4	0,8	0,5
6	6,3	4,5	2,6	1,7	1,2	0,7	0,4
7	5,1	3,6	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3
8	4,3	3,1	1,8	1,2	0,8	0,5	0,3
9	5,6	4,0	2,4	1,5	1,1	0,6	0,4
10	6,7	4,8	2,8	1,8	1,3	0,7	0,5
11	7,3	5,2	3,0	2,0	1,4	0,8	0,5
12	7,0	5,0	2,9	1,9	1,3	0,7	0,5
13	6,1	4,3	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
14	4,9	3,5	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3

Tabell 5b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	4,0	2,8	1,6	1,1	0,7	0,4	0,3
16	5,1	3,6	2,1	1,4	0,9	0,5	0,3
17	6,1	4,3	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
18	6,6	4,7	2,7	1,7	1,2	0,7	0,4
19	6,4	4,5	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4
20	5,6	3,9	2,2	1,4	1,0	0,5	0,3
21	4,5	3,1	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
22	3,4	2,4	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2
23	4,4	3,1	1,7	1,1	0,8	0,4	0,3
24	5,2	3,6	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3
25	5,6	3,9	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
26	5,4	3,7	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
27	4,8	3,3	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
28	3,9	2,7	1,5	0,9	0,6	0,4	0,2

Tid (h)	
t ₁	0,05
t ₂	0,08
t ₃	0,10
t ₄	0,12
t ₅	0,15
t ₆	0,17
t ₇	0,18
t ₈	0,20
t ₉	0,24

Appendix 2

Tabell 6a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,06 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 125 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	6,6	4,9	2,9	1,9	1,4	0,8	0,5
2	8,7	6,4	3,9	2,5	1,8	1,0	0,7
3	10,7	7,8	4,8	3,1	2,2	1,2	0,8
4	12,3	8,7	5,4	3,5	2,4	1,3	0,8
5	13,0	8,8	5,5	3,5	2,3	1,3	0,8
6	12,8	8,0	5,0	3,1	2,0	1,1	0,7
7	11,6	6,5	3,9	2,4	1,6	0,9	0,5
8	6,4	4,7	2,8	1,8	1,3	0,7	0,5
9	8,5	6,2	3,6	2,4	1,7	1,0	0,6
10	10,4	7,6	4,5	3,0	2,1	1,2	0,7
11	11,7	8,4	5,1	3,3	2,3	1,2	0,8
12	12,0	8,5	5,2	3,3	2,2	1,2	0,8
13	11,2	7,7	4,8	2,9	2,0	1,0	0,7
14	9,3	6,4	3,7	2,3	1,5	0,8	0,5

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	15,9	4,3	2,5	1,6	1,1	0,7	0,4
16	7,7	5,6	3,2	2,1	1,5	0,8	0,5
17	9,5	6,8	3,9	2,5	1,8	1,0	0,6
18	10,6	7,5	4,4	2,8	1,9	1,0	0,7
19	10,9	7,5	4,5	2,8	1,9	1,0	0,6
20	10,3	6,9	4,0	2,5	1,6	0,9	0,6
21	8,7	5,6	3,2	1,9	1,3	0,7	0,5
22	5,2	3,7	2,0	1,3	0,9	0,5	0,3
23	6,7	4,7	2,6	1,7	1,2	0,7	0,4
24	8,1	5,6	3,2	2,0	1,4	0,8	0,5
25	9,0	6,2	3,5	2,2	1,5	0,8	0,5
26	9,2	6,2	3,4	2,1	1,5	0,8	0,5
27	8,6	5,7	3,1	1,9	1,3	0,7	0,4
28	7,3	4,7	2,5	1,5	1,1	0,6	0,4

Tabell 6b. Tidskonstanter
 för strålningens variation
 med tiden.

Tid (h)	
t_1	0,12
t_2	0,17
t_3	0,22
t_4	0,25
t_5	0,35
t_6	0,38
t_7	0,39
t_8	0,41
t_9	0,45

Appendix 2

Tabell 7a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A/\bar{h}/A_{\text{tot}} = 0,06 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 209 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	8,2	6,0	3,2	2,3	1,6	0,9	0,6
2	10,6	7,7	4,4	3,0	2,1	1,2	0,8
3	12,8	9,3	5,5	3,6	2,5	1,4	0,9
4	14,1	10,1	6,3	4,0	2,8	1,5	1,0
5	14,0	10,0	6,4	3,9	2,8	1,4	1,0
6	12,7	8,9	5,8	3,4	2,4	1,2	0,8
7	10,5	7,2	4,5	2,7	1,9	1,0	0,6
8	8,0	5,8	3,1	2,2	1,5	0,9	0,6
9	10,3	7,5	4,2	2,9	2,0	1,1	0,7
10	12,4	9,0	5,2	3,5	2,4	1,3	0,9
11	13,7	9,8	6,0	3,8	2,6	1,4	0,9
12	13,6	9,6	6,1	3,7	2,6	1,4	0,9
13	12,3	8,6	5,5	3,3	2,3	1,2	0,8
14	10,2	7,0	4,3	2,6	1,8	0,9	0,6

Tabell 7b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	7,3	5,3	2,7	2,0	1,3	0,8	0,5
16	9,4	6,7	3,7	2,5	1,7	1,0	0,6
17	11,3	8,1	4,5	3,0	2,1	1,2	0,7
18	12,5	8,8	5,1	3,3	2,3	1,2	0,8
19	12,5	8,6	5,2	3,2	2,2	1,2	0,8
20	11,3	7,7	4,7	2,8	1,9	1,0	0,7
21	9,4	6,3	3,7	2,3	1,5	0,8	0,5
22	6,4	4,5	2,3	1,7	1,1	0,7	0,4
23	8,2	5,7	3,0	2,1	1,4	0,8	0,5
24	9,7	6,7	3,6	2,4	1,7	0,9	0,6
25	10,7	7,3	4,0	2,6	1,8	1,0	0,6
26	10,6	7,2	4,0	2,5	1,7	1,0	0,6
27	9,7	6,5	3,6	2,2	1,5	0,8	0,5
28	8,1	5,4	2,9	1,9	1,3	0,7	0,4

Tid (h)	
t_1	0,21
t_2	0,31
t_3	0,37
t_4	0,43
t_5	0,63
t_6	0,64
t_7	0,65
t_8	0,69
t_9	0,77

Appendix 2

Tabell 8a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,06 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 251 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	8,8	6,5	3,9	2,5	1,8	1,0	0,7
2	11,5	8,4	5,0	3,3	2,3	1,3	0,8
3	14,0	10,2	6,1	4,0	2,8	1,6	1,0
4	15,6	11,3	6,7	4,3	3,0	1,7	1,1
5	15,8	11,2	6,5	4,2	2,9	1,6	1,0
6	14,6	10,1	5,8	3,6	2,5	1,4	0,9
7	12,1	8,2	4,6	2,9	2,0	1,1	0,7
8	8,6	6,3	3,7	2,4	1,7	1,0	0,6
9	11,2	8,2	4,8	3,1	2,2	1,2	0,8
10	13,6	9,9	5,8	3,8	2,6	1,5	0,9
11	15,2	10,9	6,4	4,1	2,8	1,6	1,0
12	15,3	10,8	6,2	4,0	2,7	1,5	1,0
13	14,1	9,7	5,5	3,5	2,4	1,3	0,8
14	11,6	7,9	4,4	2,8	1,9	1,0	0,7

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	7,9	5,7	3,3	2,2	1,5	0,9	0,6
16	10,3	7,4	4,3	2,8	1,9	1,1	0,7
17	12,4	8,9	5,1	3,3	2,3	1,3	0,8
18	13,8	9,7	5,6	3,5	2,4	1,4	0,9
19	14,0	9,7	5,5	3,4	2,4	1,3	0,8
20	12,9	8,7	4,8	3,0	2,1	1,1	0,7
21	10,8	7,2	3,9	2,5	1,7	0,9	0,6
22	6,9	4,9	2,8	1,8	1,3	0,7	0,5
23	8,8	6,2	3,5	2,3	1,6	0,9	0,6
24	10,6	7,4	4,1	2,6	1,8	1,0	0,6
25	11,7	8,1	4,5	2,8	1,9	1,1	0,7
26	11,9	8,0	4,4	2,7	1,9	1,0	0,7
27	10,9	7,2	3,9	2,4	1,7	0,9	0,6
28	9,2	6,0	3,3	2,0	1,4	0,8	0,5

Tabell 8b. Tidskonstanter
 för strålningens variation
 med tiden.

	Tid (h)
t_1	0,27
t_2	0,38
t_3	0,47
t_4	0,54
t_5	0,72
t_6	0,72
t_7	0,78
t_8	0,84
t_9	0,92

Appendix 2

Tabell 9a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 63 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	4,0	3,0	1,8	1,2	0,9	0,5	0,3
2	5,3	4,0	2,5	1,7	1,2	0,7	0,4
3	6,3	4,8	3,0	2,0	1,4	0,8	0,5
4	6,8	5,1	3,2	2,2	1,6	0,9	0,6
5	6,4	4,8	3,0	2,0	1,4	0,8	0,5
6	5,4	4,0	2,5	1,7	1,2	0,7	0,4
7	4,1	3,1	1,9	1,3	0,9	0,5	0,3
8	3,9	2,9	1,8	1,2	0,8	0,5	0,3
9	5,2	3,9	2,4	1,6	1,1	0,6	0,4
10	6,2	4,7	2,9	1,9	1,4	0,8	0,5
11	6,6	5,0	3,1	2,1	1,5	0,8	0,5
12	6,3	4,7	2,9	1,9	1,4	0,8	0,5
13	5,3	3,9	2,4	1,6	1,1	0,7	0,4
14	4,1	3,0	1,8	1,2	0,9	0,5	0,3

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	3,7	2,7	1,6	1,1	0,7	0,4	0,3
16	4,9	3,6	2,1	1,4	1,0	0,6	0,4
17	5,8	4,3	2,5	1,7	1,2	0,7	0,4
18	6,3	4,6	2,7	1,8	1,2	0,7	0,5
19	5,9	4,3	2,6	1,7	1,2	0,7	0,4
20	5,0	3,6	2,1	1,4	1,0	0,6	0,4
21	3,8	2,8	1,6	1,1	0,8	0,4	0,3
22	3,4	2,4	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2
23	4,4	3,1	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
24	5,2	3,7	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
25	5,6	4,0	2,2	1,4	1,0	0,5	0,3
26	5,3	3,7	2,1	1,3	0,9	0,5	0,3
27	4,5	3,1	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3
28	3,5	2,4	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2

Tabell 9b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

	Tid (h)
t_1	0,04
t_2	0,06
t_3	0,07
t_4	0,10
t_5	0,12
t_6	0,13
t_7	0,14
t_8	0,15
t_9	0,18

Appendix 2

Tabell 10a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 125 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	9,1	6,9	4,3	2,9	2,1	1,2	0,8
2	12,0	9,1	5,7	3,8	2,7	1,6	1,0
3	14,8	11,2	6,9	4,6	3,3	1,9	1,2
4	16,7	12,6	7,6	5,0	3,5	2,0	1,3
5	17,3	12,9	7,6	4,9	3,4	1,9	1,2
6	16,4	11,9	6,7	4,3	3,0	1,7	1,1
7	13,7	9,6	5,4	3,4	2,4	1,3	0,8
8	8,9	6,8	4,2	2,8	2,0	1,2	0,7
9	11,7	8,9	5,5	3,7	2,6	1,5	1,0
10	14,5	10,9	6,7	4,4	3,1	1,8	1,1
11	16,4	12,3	7,4	4,8	3,4	1,9	1,2
12	17,0	12,5	7,3	4,7	3,3	1,8	1,2
13	16,4	11,6	6,5	4,1	2,8	1,6	1,0
14	14,2	9,4	5,2	3,3	2,3	1,3	0,8

Tabell 10b. Tidskonstanter
 för strålningens variation
 med tiden.

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	8,4	6,3	3,8	2,5	1,8	1,0	0,7
16	11,1	8,2	4,9	3,2	2,3	1,3	0,8
17	13,6	10,1	6,0	3,9	2,7	1,5	1,0
18	15,4	11,3	6,6	4,2	2,9	1,6	1,0
19	16,1	11,5	6,5	4,1	2,8	1,6	1,0
20	15,3	10,6	5,8	3,6	2,5	1,4	0,9
21	12,8	8,7	4,7	2,9	2,0	1,1	0,7
22	7,6	5,5	3,2	2,1	1,5	0,8	0,5
23	10,0	7,2	4,1	2,7	1,9	1,0	0,7
24	12,2	8,7	5,0	3,2	2,2	1,2	0,8
25	13,8	9,7	5,4	3,4	2,3	1,3	0,8
26	14,4	9,9	5,4	3,3	2,3	1,3	0,8
27	13,9	9,3	4,8	3,0	2,0	1,1	0,7
28	11,9	7,6	3,9	2,4	1,7	0,9	0,6

Tid (h)	
t_1	0,10
t_2	0,14
t_3	0,17
t_4	0,19
t_5	0,25
t_6	0,28
t_7	0,29
t_8	0,31
t_9	0,35

Appendix 2

Tabell 11a. Strålningsmaximum (kW/m²) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 209 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	10,5	8,2	5,2	3,5	2,5	1,5	1,0
2	14,3	11,0	6,9	4,7	3,3	1,9	1,2
3	17,8	13,7	8,6	5,7	4,1	2,3	1,5
4	20,6	15,6	9,6	6,3	4,4	2,5	1,6
5	21,7	16,2	9,6	6,2	4,3	2,4	1,5
6	21,0	15,2	8,6	5,5	3,8	2,1	1,3
7	17,5	12,3	6,8	4,3	3,0	1,6	1,0
8	10,5	8,0	5,0	3,4	2,4	1,4	0,9
9	14,1	10,7	6,7	4,5	3,2	1,8	1,2
10	17,6	13,3	8,2	5,5	3,9	2,2	1,4
11	20,1	15,2	9,2	6,0	4,2	2,4	1,5
12	21,3	15,8	9,3	6,0	4,1	2,3	1,5
13	21,2	15,0	8,3	5,2	3,6	2,0	1,3
14	21,1	12,5	6,6	4,1	2,8	1,6	1,0

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	9,9	7,4	4,5	3,0	2,1	1,2	0,8
16	13,2	9,9	6,0	3,9	2,8	1,6	1,0
17	16,5	12,3	7,3	4,8	3,4	1,9	1,2
18	19,0	14,0	8,2	5,3	3,6	2,0	1,3
19	20,1	14,5	8,2	5,2	3,6	2,0	1,2
20	19,6	13,6	7,4	4,6	3,1	1,7	1,1
21	16,6	11,1	5,9	3,6	2,5	1,4	0,9
22	9,0	6,5	3,8	2,5	1,8	1,0	0,6
23	11,9	8,6	5,0	3,2	2,2	1,3	0,8
24	14,8	10,6	6,0	3,9	2,7	1,5	1,0
25	17,0	12,0	6,7	4,2	2,9	1,6	1,0
26	18,1	12,5	6,4	4,1	2,8	1,5	1,0
27	17,9	11,9	6,0	3,7	2,5	1,4	0,9
28	16,1	10,0	4,9	3,0	2,0	1,1	0,7

Tabell 11b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

	Tid (h)
t ₁	0,17
t ₂	0,24
t ₃	0,29
t ₄	0,34
t ₅	0,42
t ₆	0,45
t ₇	0,47
t ₈	0,50
t ₉	0,57

Appendix 2

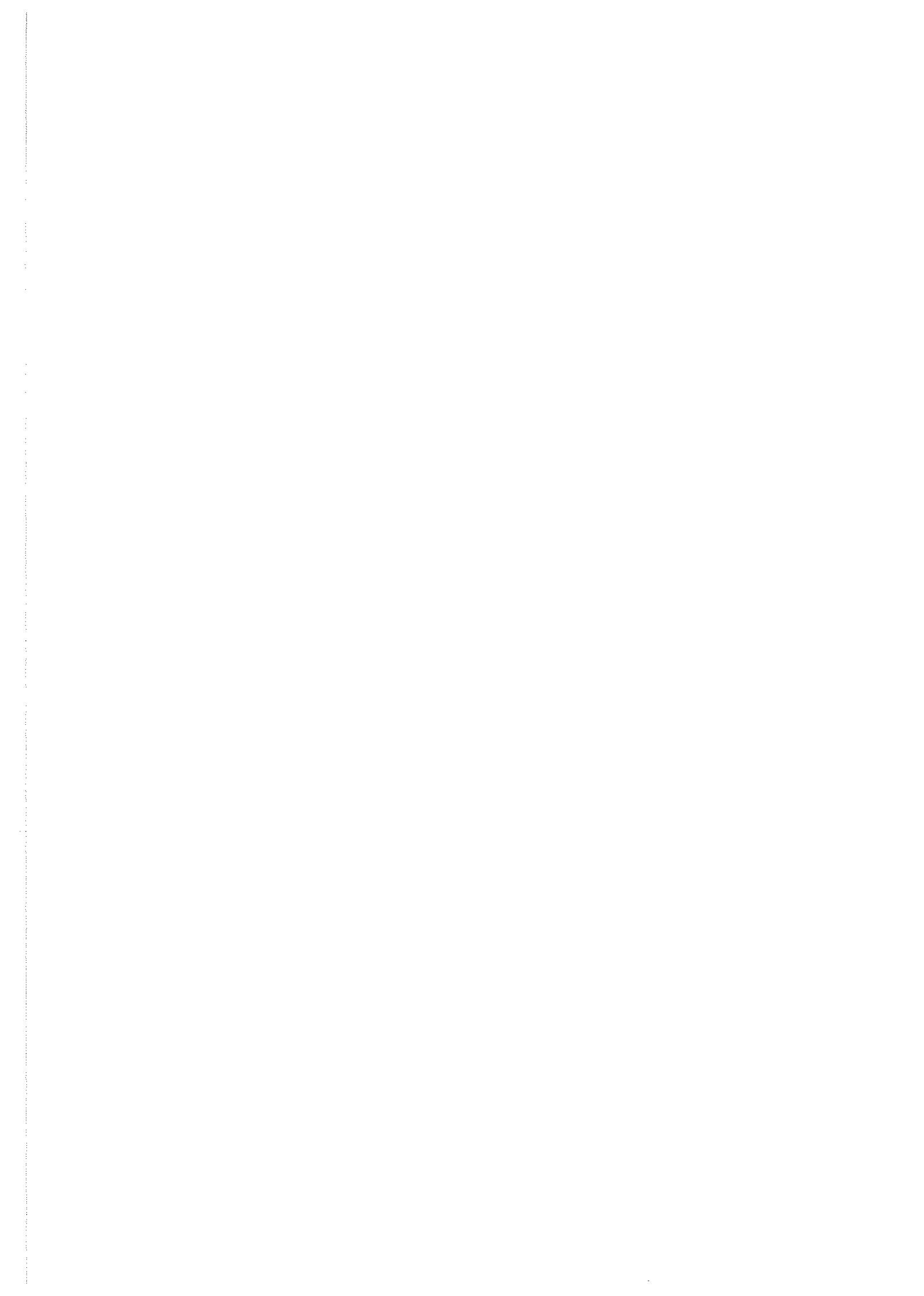
Tabell 12a. Strålningsmaximum (kW/m^2) framför en fönsteröppning.
 Öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$. Brandbelastning $f = 251 \text{ MJ/m}^2$.
 Omslutande konstruktion av betong.

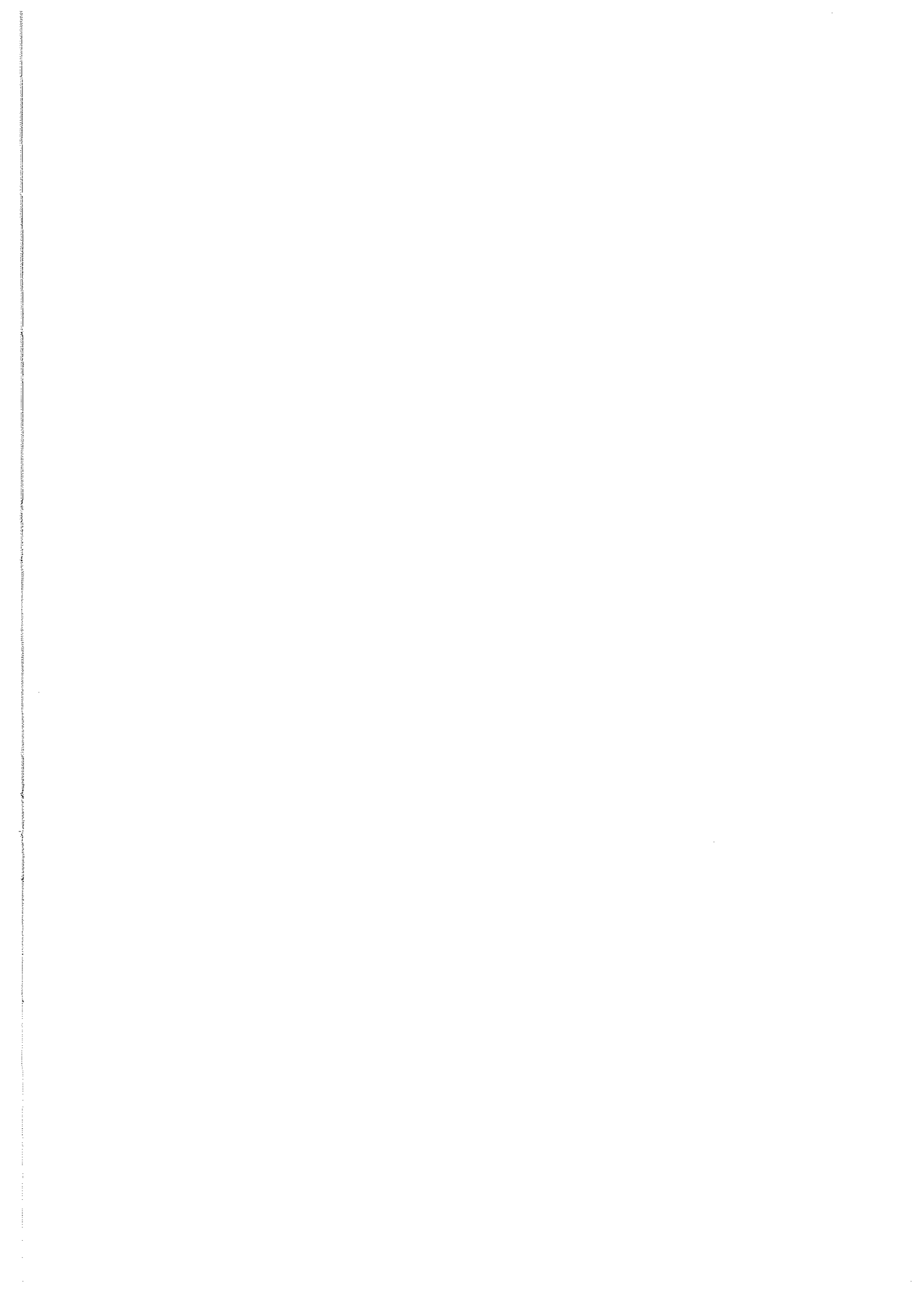
Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
1	12,1	9,2	5,7	3,9	2,8	1,6	1,0
2	15,9	12,1	7,5	5,0	3,6	2,0	1,3
3	19,5	14,8	9,0	6,0	4,2	2,4	1,6
4	21,9	16,4	9,9	6,5	4,6	2,6	1,7
5	22,5	16,6	9,8	6,4	4,4	2,5	1,6
6	21,1	15,2	8,7	5,6	3,8	2,1	1,4
7	17,7	12,4	7,0	4,5	3,1	1,7	1,1
8	11,9	9,0	5,6	3,7	2,6	1,5	1,0
9	15,6	11,8	7,2	4,8	3,4	1,9	1,3
10	19,1	14,4	8,7	5,8	4,1	2,3	1,5
11	21,5	16,0	9,6	6,3	4,4	2,5	1,6
12	22,1	16,2	9,4	6,1	4,2	2,4	1,5
13	21,0	14,9	8,4	5,3	3,7	2,1	1,3
14	18,0	12,1	6,8	4,3	3,0	1,6	1,0

Punkt	Avstånd c						
	2,5m	3m	4m	5m	6m	8m	10m
15	11,2	8,4	5,0	3,3	2,4	1,3	0,9
16	14,7	10,9	6,5	4,3	3,0	1,7	1,1
17	18,0	13,3	7,8	5,1	3,6	2,0	1,3
18	20,2	14,7	8,6	5,5	3,8	2,1	1,4
19	20,8	14,9	8,4	5,4	3,7	2,1	1,2
20	19,7	13,7	7,5	4,7	3,2	1,8	1,1
21	16,4	11,2	6,1	3,8	2,6	1,5	0,9
22	10,2	7,4	4,3	2,8	2,0	1,1	0,7
23	13,2	9,5	5,5	3,5	2,5	1,4	0,9
24	16,2	11,5	6,5	4,2	2,9	1,6	1,0
25	18,2	12,8	7,1	4,5	3,1	1,7	1,1
26	18,7	12,9	7,0	4,4	3,0	1,6	1,0
27	17,8	11,9	6,3	3,9	2,6	1,5	0,9
28	15,1	9,8	5,1	3,2	2,2	1,2	0,8

Tabell 12b. Tidskonstanter för strålningens variation med tiden.

Tid (h)	
t_1	0,20
t_2	0,28
t_3	0,35
t_4	0,41
t_5	0,55
t_6	0,57
t_7	0,59
t_8	0,63
t_9	0,68





FREDLUND, B - PETERSSON, O - STRANDBERG, S SKYDD MOT BRANDSPRIDNING INOM SMÅHUSBEBYGGELSE I BETONG

R80-1