

Säkerhet vid brand i särskilda boende för personer med vårdbehov

Konsekvensanalys av förändringar i byggreglerna

2009-10-23

Säkerhet vid brand i särskilda boende för personer med vårdbehov

Konsekvensanalys av förändringar i byggreglerna

Beställare

Boverket
Nikolaj Tolstoy

Konsult

Wuz risk consultancy AB
Box 72
244 22 Kävlinge
Tel: 046-14 02 01
Orgnr: 556725-9394
www.wuz.se

Uppdragsansvarig

Fredrik Nystedt, brandingenjör LTH & tekn. lic.
Auktoriserad brandskyddsprojektör BIV
fredrik@wuz.se, 0709-14 01 03

.....

Kvalitetssäkring

Tomas Rantatalo, brandingenjör LTH, Fire Safety Design AB
tomas.rantatalo@fsd.se, 0708-18 02 59

.....

Dokumenthistorik

Datum	Dokument	Kommentar
2009-10-23	Rapport	Kontrollerad

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Mål och syfte.....	4
1.2	Metod.....	4
2	Brandskydd i särskilda boende för personer med vårdbehov	5
2.1	Förenklad dimensionering enligt BBR 15.....	5
2.2	Vanliga alternativa utformningar enligt BBR 15.....	5
2.3	Förenklad dimensionering enligt BBR 20XX.....	5
3	Fakta om boendesprinkler	6
3.1	Tillförlitlighet.....	6
3.2	Påverkan på brandförlopp.....	6
3.3	Effektivitet.....	8
4	Kritisk påverkan vid brand och lämpliga riskmått	10
4.1	Kritisk påverkan vid brand.....	10
4.2	Tillfredsställande säkerhet.....	11
4.3	Riskmått.....	12
5	Kvantitativ riskbedömning av särskilt boende för personer med vårdbehov enligt BBR 15	13
5.1	Inledande riskidentifiering (bedömning av förutsättningar).....	13
5.1.1	Byggnadens utformning.....	13
5.1.2	Skyddsåtgärder.....	13
5.1.3	Brandstatistik.....	14
5.2	Strukturering.....	14
5.2.1	Händelser som påverkar brandförloppet.....	14
5.2.2	Händelser som påverkar utrymningsförloppet.....	15
5.2.3	Händelseträäd.....	15
5.3	Bedömning av konsekvenser.....	16
5.3.1	Brandscenarier.....	16
5.3.2	Bedömning av skada.....	17
5.4	Beräkning och värdering av risk.....	18
6	Kvantitativ riskbedömning av särskilt boende för personer med vårdbehov enligt BBR 20XX	21
6.1	Inledande riskidentifiering (bedömning av förutsättningar).....	21
6.1.1	Byggnadens utformning.....	21
6.1.2	Skyddsåtgärder.....	21
6.1.3	Brandstatistik.....	21
6.2	Strukturering.....	22
6.2.1	Händelser som påverkar brandförloppet.....	22
6.2.2	Händelser som påverkar utrymningsförloppet.....	22
6.2.3	Händelseträäd.....	22
6.3	Bedömning av konsekvenser.....	24
6.3.1	Brandscenarier.....	24
6.3.2	Bedömning av skada.....	25
6.4	Beräkning och värdering av risk.....	25
7	Riskvärdering	28
7.1	Jämförelse av riskmått.....	28
7.2	Komplettering av skydd i föreslagen utformning för BBR 20XX.....	29
7.2.1	Avskiljning av korridor i E 15-C.....	29
7.2.2	Begränsning av antal boenderum.....	32
7.2.3	Allrum/kök/matplats i egen brandcell.....	32
7.3	Sprinklersystemets tillåts släcka branden.....	33
7.4	Utvärdering av risk för dödsfall.....	35
7.5	Kvalitativa aspekter.....	36
7.6	Osäkerheter.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
8	Slutsatser och rekommendationer	37

1 Inledning

Wuz risk consultancy AB har på uppdrag av Boverket utfört en konsekvensanalys som belyser ändringen av riskbilden vid brand som blir resultatet då särskilda boende för personer med vårdbehov förses med automatisk vattensprinkleranläggning, samtidigt som olika lättnader från nu gällande krav inom ramen för förenklad dimensionering.

1.1 Mål och syfte

Konsekvensanalysen och de exempel som redovisas har flera syften:

1. Tjäna som underlag för var nivå enligt förenklad dimensionering av särskilda boende för personer med vårdbehov bör ligga.
2. Visa säkerhetsmässiga konsekvenser av förändringen då automatisk vattensprinkleranläggning tillförs, samtidigt som vissa delar av det traditionella brandskyddet enligt BBR 15 minskas.
3. Ge ett exempel på tillämpning av riskbaserad dimensionering enligt handboken för analytisk dimensionering
4. Föra ett resonemang om andra gränsvärden för kritisk påverkan bör tillämpas för personer som inte själva kan ta sig ut, samt om det är möjligt att verifiera brandsäkerheten i dessa byggnader mot direkt verifierbara kriterier.

I arbetet ska personella resurser beaktas, men de får inte vara avgörande för brandsäkerheten då sådana resurser kan vara svåra att säkerställa över byggnadens livscykel.

1.2 Metod

Denna konsekvensanalys bygger på följande delar:

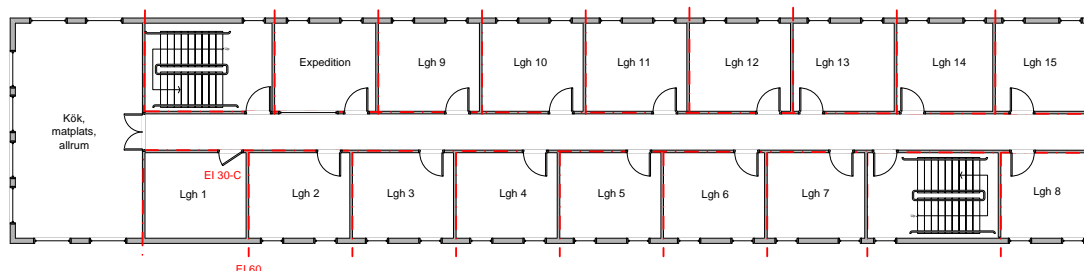
- ♦ En redovisning av byggnadstekniskt brandskydd enligt förenklad dimensionering i särskilda boende för personer med vårdbehov.
- ♦ En genomgång av boendesprinklersystemens förmåga i form av effektivitet och tillförlitlighet.
- ♦ En diskussion av lämpliga mått för att mäta säkerhetsnivån i byggnader där personer inte kan utrymma på egen hand.
- ♦ En kvantitativ riskbedömning av två olika särskilda boende där det ena är en s.k. referensbyggnad uppförd enligt nuvarande byggregler (BBR 15) och den andra är en byggnad försedd med automatisk vattensprinkler samt olika avsteg från förenklad dimensionering (enligt BBR 15).

Den kvantitativa riskbedömningen görs enligt remissutgåvan av "handbok i analytisk dimensionering" i syfte att utvärdera den föreslagna arbetsgången, de indata som ges samt de kriterier som presenteras för värdering av säkerhetsnivån.

2 Brandskydd i särskilda boende för personer med vårdbehov

2.1 Förenklad dimensionering enligt BBR 15

Det byggnadstekniska brandskyddet (utformat enligt BBR 15) i särskilda boende för personer med vårdbehov består i huvudsak av följande delar; brand- och utrymningslarm, boenderum avskiljda i egna brandceller (EI 60) med dörrar i EI 30-C och kök/dagrum i egen brandcell, avskiljd från utrymningskorridoren. Vidare är fönsterutrymning inte tillåten och det ska alltid finnas tillgång till två utrymningsvägar. En sådan byggnad kan ha ett utförande enligt Figur 1, vars storlek begränsas av gångavståndet till trapphusen.



Figur 1 Planlösning för en referensbyggnad uppford enligt förenklad dimensionering (BBR 15).

2.2 Vanliga alternativa utformningar enligt BBR 15

Idag finns önskemål om att bygga särskilda boenden för personer med vårdbehov med en öppnare planlösning och kunna ha dörrar uppställda för att skapa en mer hemlik miljö. Det har lett till att dessa byggnader ofta uppförs utan dörrstängare och med korridorer öppna mot dagrum. Dessa avsteg från förenklad dimensionering kompenseras vanligen med att byggnaderna förses med en automatisk vattensprinkleranläggning (ofta boendesprinkler).

2.3 Förenklad dimensionering enligt BBR 20XX

Arbetshypotesen är att det kommer att krävas en automatisk vattensprinkleranläggning i särskilda boenden efter den pågående revideringen av Boverkets byggregler (BBR 20XX). Om en släckanläggning blir obligatorisk kan det betyda att man kan ge vissa lättnader från andra krav på brandskyddet och ha samma säkerhetsnivå för de boende. Lättnader som utvärderas i denna konsekvensanalys är följande:

- ♦ Krav på brandteknisk avskiljning mellan utrymningskorridor och kök/dagrum utgår.
- ♦ Krav på dörrstängare i brandcellsgräns mellan boenderum och utrymningskorridor utgår.

Andra lättnader som kan vara aktuella är att tillåta flera boenderum i samma brandcell eller minska kraven på brandteknisk avskiljning från EI 60 till EI 30. Det kan också vara möjligt att använda ett Tr2-trapphus som enda utrymningsväg. Dessa lättnader kräver separata verifieringar och omfattas inte av denna konsekvensanalys.

3 Fakta om boendesprinkler

Boendesprinkler har utformats i första hand för personsäkerhet, medan egendomsskydd kommer i andra hand. Samtliga boendesprinkler provas och typgodkänds ("listas") av Underwriters Laboratories Inc. i USA. Erforderligt vattenflöde styrs av fabrikat, sprinklertyp och täckningsyta, vilket anges i sprinklerns datablad. Det finns ett tre huvudsakliga kriterier som en boendesprinklerinstallation ska uppfylla i samband med typgodkännandet:

- ♦ Begränsa den maximala temperaturen i tak till 315 °C.
- ♦ Begränsa den maximala temperaturen på 1,6 m höjd ovan golv till 93 °C.
- ♦ Uppfylla ovanstående kriterier med maximalt två utlösta sprinkler.

Genom att klara av det första kriteriet ges en indikation på att övertändning inte kommer att inträffa. Det andra kriteriet syftar till att skapa en säker miljö för utrymmande människor. Syftet med det sista kriteriet är att påvisa att de två första kriterierna kan hanteras med en begränsad vattenkälla.

3.1 Tillförlitlighet

NFPA:s senaste sammanställning¹ anger att boendesprinkler i vårdanläggningar misslyckas att operera effektivt i 12,5 % av fallen givet att branden är så stor att den skulle kunna aktivera sprinklersystemet. Följande data redovisar tillförlitligheten på ett överskådligt sätt:

- ♦ I 76 % av bränderna är branden för liten² för att aktivera sprinklersystemet.
- ♦ I 21 % av bränderna opererar sprinklersystemet som avsett.
- ♦ I 1 % av bränderna aktiverar sprinklersystemet men vattnet når inte branden eller så är flödet inte tillräckligt stort.
- ♦ I 2 % av bränderna fungerar sprinklersystemet inte alls.

I vårdanläggningar är den huvudsakliga orsaken till att sprinklern inte aktiverar att personal på plats gjort en aktiv släckinsats, innan dess att branden hunnit tillväxa sig tillräckligt stor för att aktivera sprinklersystemet. I de fall då sprinklersystemet inte aktiveras är avstängd vattenkälla den dominerande orsaken.

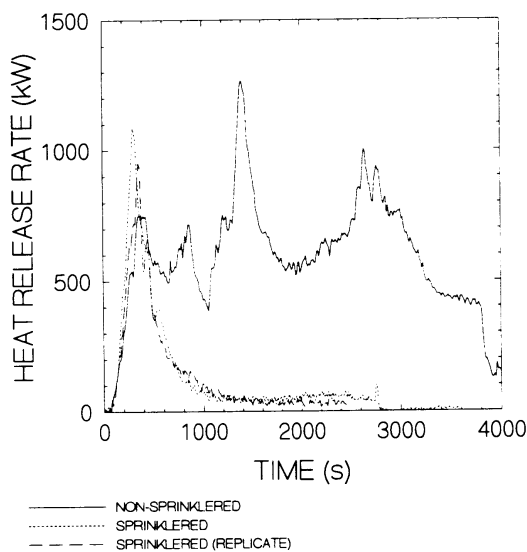
3.2 Påverkan på brandförlopp

I ett antal experimentella försök har Madrzykowski & Vettori³ studerat sprinklerns påverkan på brandförloppet i syfte att ta fram en algoritm för dess effektivitet. I Figur 2 visas hur sprinklern påverkar brandens förlopp.

¹ Hall, J.R., *U.S. Experience with Sprinklers and other Fire Extinguishing Equipment*, Fire Analysis and Research Division National Fire Protection Association, June 2007.

² Med för "liten" brand avses både bränder med begränsad effektutveckling samt bränder som släcks av personal i ett tidigt skede.

³ Madrzykowski, D., Vettori, R., *A Sprinkler Fire Suppression Algorithm*, Journal of Fire Protection Engineering, Vol 4, No 4, Society of Fire Protection Engineers, 1992.



Figur 2 Illustration av sprinklerns påverkan på brandförloppet (Madrzykowski & Vettori³).

Sekizawa m.fl.⁴ utreder hur brandmiljön i rummet påverkas efter det att sprinklern aktiverats. I deras studie framgår det att sprinkleraktiveringen orsakar att all luft i rummet blandas om och den ursprungliga tvåzonsskiktningen upphör. I de flesta fall ökar den optiska tätheten efter sprinkler aktiverats, vilket i huvudsak är relaterat till omrörningen och tillförseln av vatten, se Figur 3 nedan.



Figur 3 Illustration av sprinklerns påverkan på brandgaslagret⁵.

⁴ Sekizawa, A., Takemoto, A., Kozeki, D., Yanai, E., Suzuki, K., *Experimental study on fire hazard before and after sprinkler activation*, 13th meeting of the UNJR panel on Fire Research, March 13-20, 1996, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

⁵ Kumar, S., *CFD Modelling of Fires – RANS versus LES*, Fire Research Station, The Fire Division of BRE, Storbritannien.

Schönberg⁶ har genomfört tio fullskaleförsök för att undersöka om boendesprinkler kan minska koncentrationerna av brandgaser så mycket att liv räddas. Resultatet från försöken med sprinkler visar att det bildas betydligt lägre koncentrationer av kolmonoxid och koldioxid än då sprinklern inte fungerar. Även syrekoncentrationerna är högre samtidigt som temperaturen i brandrummet sänks snabbt efter sprinkleraktivering. Schönberg påpekar dock att sikten i brandrummet blir väldigt begränsad efter det att sprinklern aktiverats. Purser⁷ har med hjälp av ett antal fullskaliga experiment. Slutsatsen från både Schönbergs och Pursers studier är att man kan vistas i rummet, men det kan vara svårt att ta sig ut pga. dålig sikt.

3.3 Effektivitet

Under en period på 10 år har sprinkler visat sig ge en reduktion av risken att omkomma vid brand med 75 % i vårdanläggningar⁸. När det gäller skador på människor i sprinklade bränder kan de uppkomma om:

- ♦ Branden startar i den omkomnes omedelbara närhet.
- ♦ Branden startar i ett dolt utrymme med brännbart material.
- ♦ Branden avger mycket rök (glödbrand) men lite värme i kombination med avsaknad av brandlarm.
- ♦ Branden tillväxer snabbt, avskärmat från sprinklern.

Prince George's County i Maryland (USA) har nästan tjugo års erfarenhet av krav på sprinkler i boendemiljöer. I en sammanställning⁹ redovisar de brandskador vid sprinklade bränder och konstaterar att:

- ♦ I 115 av 121 rapporterade bränder inträffar inga skador på personer.
- ♦ I 6 av 121 bränder skadas totalt 7 personer. Inga människor omkommer.
- ♦ Brännskador på händer och armar dominerar skadeutfallet och orsakas av bränder i samband med matlagning.

När det gäller sprinklersystemets förmåga att förhindra spridning av brand, redovisar NFPA⁸ följande siffror.

⁶ Schönberg, S., *Fullskaleförsök av brand i ett rum med boendesprinkler*, Rapport 5061, Avdelningen för brandteknik, Lunds universitet, Lund, 2000.

⁷ Purser, D., *Sprinklers and Fire Effluents - Methods for Assessing Life Threat from Sprinklered Fires*, ISO TC92/SC3 WG2.

⁸ Hall, J.R., *U.S. Experience with Sprinklers and other Fire Extinguishing Equipment*, Fire Analysis and Research Division National Fire Protection Association, June 2007.

⁹ Siarnicki, R.J., *Residential Sprinklers: One community's experience twelve years after mandatory implementation*, Prince George's County Fire/EMS Department, Maryland, 2001.

Tabell 1 Sprinklernas förmåga att förhindra brandspridning i vårdanläggningar.

Brandens omfattning	Sprinkler	Ej sprinkler
I startföremålet	81 %	70 %
I startområdet	13 %	19 %
I startrummet	4 %	6 %
I brandcellen	0 %	1 %
På våningsplanet	0 %	1 %
Inom byggnaden	1 %	3 %

I Tabell 1 framgår att i 1 av 100 bränder i sprinklade byggnader sprids branden utanför startrummet, medan motsvarande siffra i byggnader utan sprinkler är 5 av 100. Ett sprinklersystem minskar således sannolikheten för övertändning c:a 5 ggr. NFPA:s sammanställning⁸ visar också att brandskadekostnaderna minskar med 50 % om byggnaden är försedd med sprinkler.

4 Kritisk påverkan vid brand och lämpliga riskmått

Genomgången av sprinklersystemets påverkan på brandförloppet i avsnitt 3.2 visar att exempelvis den optiska tätheten (sikttnedsättningen) ökar efter sprinkleraktivering. Samtidigt är det känt att en reducerad effektutveckling leder till mindre produktion av sot och toxiska produkter, vilket påverkar säkerheten positivt. Säkerheten i en byggnad kan antingen mätas mot direkt verifierbara funktionskrav eller genom en relativ jämförelse mot en accepterad lösning. I detta kapitel diskuteras hur kritisk påverkan vid brand ska definieras (avsnitt 4.1) samt vilka riskmått som är lämpliga vid värdering av säkerheten (avsnitt 4.2 och 4.3).

4.1 Kritisk påverkan vid brand

Huruvida utrymningssäkerheten är tillfredsställande kan mätas genom att jämföra tid för utrymning med den tid det tar för att överskrida vissa gränsvärden för kritisk påverkan. I allmänt råd till BBR 15 (avsnitt 5:361) listas gränsvärden för siktbarhet, värmestrålning och temperatur. Exempelvis anges att siktsträckan ska vara minst 10 m i okänd miljö eller minst 5 m i känd miljö. Som tidigare nämnt leder sprinkleraktivering till att siktbarheten försämras, samtidigt som temperaturen och följaktligen värmestrålningen minskar.

I särskilda boenden för personer med vårdbehov kan det inte förväntas att de boende kan utrymma på egen hand. Tiden när utrymning påbörjas blir därför beroende av förekomsten av brand- och utrymningslarm samt antalet personer som är tillgängliga för att bistå vid evakueringen. Tidpunkten för aktivering av utrymningslarmet är möjlig att kvantifiera, men det finns ingen möjlighet att med tillräcklig säkerhet ange hur lång tid det personalassisterande utrymningsförloppet kommer att ta. I dessa boendemiljöer bör därför andra mått på kritisk påverkan än siktbarhet användas. Siktbarhet är inget "akut" bekymmer för de som exponeras för dålig sikt, men kan bli ett problem då dålig sikt leder till försvårad utrymning och därmed finns en risk att personerna exponeras för kritiska nivåer avseende temperatur, värmestrålning och toxicitet. De nivåer som personalen utsätts för är särskilt intressanta.

I mindre utrymnen krävs en förhållandevis liten brand för att gränsvärden för siktbarhet ska överskridas. Detta i kombination med att tiden för assisterad utrymning är svår bedömd föranleder att det är mer intressant att säkerställa att personer som exponeras för brandgaser inte utsätts för kritiska nivåer av värme och toxiska produkter. I remissutgåvan till handbok för analytisk dimensionering presenteras en fraktionsdosmodell¹⁰ som kan användas för att bedöma hur människor påverkas av värme och brandgaser. Modellen utgår beräkningen av ett FED-värde (FED = Fractional Effective Dose). När FED = 1,0 så innebär det att personen som exponerats har blivit medvetlös.

¹⁰ Purser, D. A. (2002), *Toxicity Assessment of Combustion Products*, Chapter 2-6, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition, Society of Fire Protection Engineers, 2002.

Ett försök till generalisering av FED-nivåer för att omfatta personer med olika känslighet visas i Tabell 2. FED 1,0 motsvarar en CO_{Hb}^{11} på 40 % och FED 2,0 förutsätts vara dödlig med CO_{Hb} på 60 %.

Tabell 2 Tolkning av olika FED-nivåer^{12,13}.

FED	Effekt	Kommentar
0,01	Obetydlig (insignificant)	
0,1	Lindriga skador (sub-incapacitating)	
0,3 ¹⁴	Person kan ej av att utrymma på egen hand (incapacitating)	10 % förväntas bli medvetslösa.
1,0	Medvetslöshet till risk för död (sub-lethal)	50 % förväntas bli medvetslösa
2,0	Dödlig (lethal)	

I handboken för analytisk dimensionering föreslås $FED \geq 0,3$ motsvara kritisk påverkan vid brand, jämförbart med en siktbarhet på minst 5 m i brandrummet. I samma handbok föreslås också att $FED \geq 1,0$ kan utgöra kritisk påverkan för scenarier då installerade automatiska släcksystem inte är tillgängliga vid brand.

4.2 Tillfredsställande säkerhet

För närvarande finns inga direkt verifierbara funktionskrav som är tillämpbara för särskilda boenden för personer med vårdbehov, vilka kan användas om byggnaden förses med sprinkler samtidigt som det sker lättnader avseende exempelvis dörrars utformning. Därför mäts tillfredsställande säkerhet i stället genom att jämföra olika riskmått (se avsnitt 4.3 nedan) mellan en byggnad som uppfyller krav enligt förenklad dimensionering och en byggnad med önskvärd utformning.

Säkerheten bedöms som tillfredsställande om riskmått för den aktuella byggnaden är lägre än de som tagits fram för referensbyggnaden. I handboken för analytisk dimensionering anges att alla riskbedömningar ska göras givet att brand inträffar i byggnaden. Det är inte möjligt att ta med frekvensen för brand i beräkningen av riskmått.

¹¹ Kolmonoxid (CO) binder till hemoglobinet (Hb) i blodet och bildar CO_{Hb} , vilket i sin tur minskar blodets möjlighet att transportera syre. Ju större andel av CO_{Hb} i förhållande till den totala halten av hemoglobin, desto värre konsekvenser för människan.

¹² Mowrer, F., Brannigan, V., Purser, D. (2002), *A Probabilistic Approach to Tenability Criteria*, Proceedings from the 4th International Conference on performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Society of Fire Protection Engineers.

¹³ ISO (2002), International Organization for Standardization (ISO), *Life-threatening components of fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data*, ISO Technical Specification, (ISO/TS 13571:2002(E)).

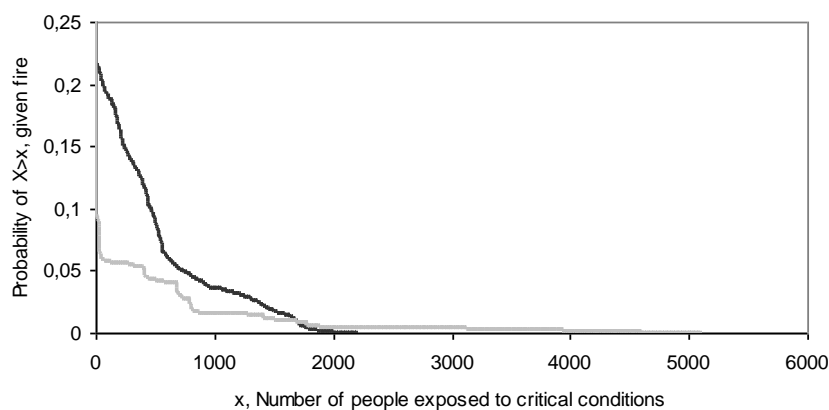
¹⁴ Används i ISO/TS 13571 som förslag på "kritiska förhållanden".

4.3 Riskmått

För att kunna genomföra en kvantitativ riskbedömning är det nödvändigt att definiera de riskmått som ska användas. I den kvantitativa riskbedömning kommer de olika scenariernas sannolikhet och konsekvens att redovisas i samlade mått relaterade till både individuell och kollektiv risk.

Individuell risk kan uttryckas som sannolikheten att någon person i byggnaden kommer till skada, där skada definieras som att gränsvärdet för kritisk påverkan överskrids. Lämpliga gränsvärden för kritisk påverkan (FED-värde) redovisas i avsnitt 4.1.

Kollektiv risk kan uttryckas antingen som en riskprofil, motsvarande en F/N-kurva som används för andra tekniska risker, eller med någon form av medelrisk. Riskprofilen ger intressant information avseende hur konsekvensens storlek förhåller sig till dess frekvens, samtidigt som riskvärderingen kan bli komplicerad då olika principiella utföranden av brandskyddet nästan alltid ger riskprofiler som på något sätt överlappar varandra, se Figur 4.



Figur 4 Riskprofil från ett större köpcentrum där den svarta linjen representerar förenklad dimensionering och den ljusgrå linjen representerar en lösning baserad på analytisk dimensionering¹⁵.

Ett mer lättarbetat riskmått för den kollektiva risken är medelrisken, vilken kan definieras som ett viktat mått av sannolikheten och konsekvensen för resp. scenario.

¹⁵Andersson, L, Olsson, F., *Fire Safety Design of a Large Shopping Mall Using Extended Quantitative Risk Analysis - "The Swedish Case Study"*. Proceedings from the 3rd International Conference on Performance-Based Design and Fire Safety Design Methods, Society of Fire Protection Engineers, Lund, 2000.

5 Kvantitativ riskbedömning av särskilt boende för personer med vårdbehov enligt BBR 15

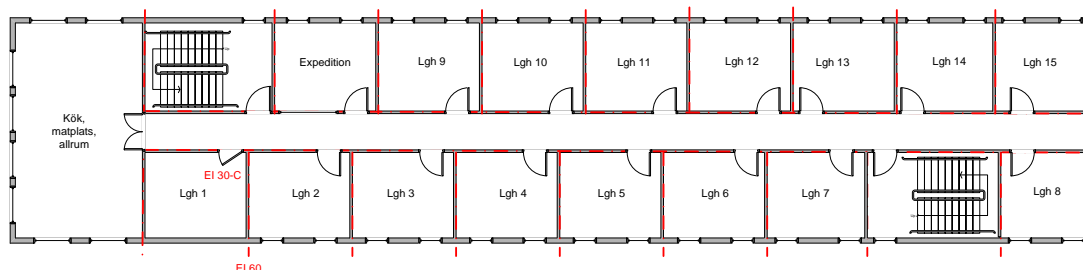
Den kvantitativa riskbedömningen följer anvisningarna i remissutgåvan av handbok i analytisk dimensionering och omfattar följande steg:

- ♦ Inledande riskidentifiering (bedömning av förutsättningar)
- ♦ Strukturering
- ♦ Bedömning av konsekvenser
- ♦ Beräkning och värdering av risk

5.1 Inledande riskidentifiering (bedömning av förutsättningar)

5.1.1 Byggnadens utformning

Analysen berör enbart ett våningsplan, vilket är utformat enligt Figur 5 nedan.



Figur 5 Planlösning för en referensbyggnad uppford enligt förenklad dimensionering (BBR 15).

Byggnaden inrymmer 15 boenderum och det maximala gångavståndet till utrymningsväg är 45 m. Brandskyddet är i detta fall oberoende av på vilken våning det brinner på. Konsekvenserna om branden sprids utanför brandrummet och det aktuella våningsplanet kan dock öka avsevärt om det finns ett särskilda boenden på flera våningsplan i samma byggnad. Detta händelseförlopp behandlas inte i denna konsekvensanalys.

5.1.2 Skyddsåtgärder

Brandskyddet i byggnaden följer förenklad dimensionering enligt BBR 15, vilket innebär följande skyddsåtgärder:

- ♦ Det finns två separata utrymningsvägar, vilka nås via en gemensam korridor i egen brandcell. Varje trapphus är en egen brandcell.
- ♦ Kök och övriga gemensamma utrymnen är egna brandceller.
- ♦ Det finns ett brand- och utrymningslarm.
- ♦ Varje lägenhet eller rum är en egen brandcell.
- ♦ Dörrar i brandcellsgräns ska förses med dörrstängare
- ♦ Ventilationssystemet skall förhindra brandgasspridning mellan brandcellerna

5.1.3 Brandstatistik

Räddningsverkets insatsstatistik för 1996-2007 visar att av 3 100 bränder i äldreboende är c:a 30 % relaterade till boenderum, c:a 35 % till kök, 15 % till gemensamhetsutrymmen samt c:a 20 % till övriga utrymmen, varav utrymningsvägar står för c:a 5 %. Vanliga brandorsaker är glömd spis, rökning och levande ljus. Av de bränder som uppkommer i byggnader för vård av äldre tillväxer endast 21 %. Baserat på våningsplanets utformning (se Figur 5) finns två principiella scenarier – brand i boenderum och brand i kök/matplats/allrum.

Av de 3 100 bränderna som ingår i statistikmaterialet har totalt 2 986 bränder en angiven omfattning. Av dessa bränder har 2 298 varit släckta vid räddningstjänstens ankomst, vilket motsvarar en andel på 77 %. Statistiken visar också att 75 % av bränderna inträffar mellan kl. 07:00-21:00.

5.2 Strukturering

Den kvantitativa riskbedömningen bygger på ett antal scenarier som enligt handboken för analytisk dimensionering kan delas in i två grupper – händelser som påverkar brandförloppet och händelser som påverkar utrymningsförloppet.

5.2.1 Händelser som påverkar brandförloppet

Brandförloppet påverkas av:

- ♦ Brandens placering (boenderum / allrum). Statistiken i avsnitt 5.1.3 ger följande relativa sannolikheter:
 - Sannolikheten för brand i *boenderum* är $30 \% / (30 \% + 50 \%) = 37,5 \%$.
 - Sannolikheten för brand i *allrum* är $50 \% / (30 \% + 50 \%) = 62,5 \%$.
- ♦ Branden släcks eller självslocknar i ett tidigt skede (ja / nej). Amerikansk statistik (se avsnitt 3.1) anger hur stor del av bränderna som är för små för att aktivera sprinklersystemet. Denna statistik överensstämmer med Räddningsverkets uppgifter.
 - Sannolikheten att branden släcks/självslocknar är 76 %.
- ♦ Dörr till brandrummet (öppen / stängd). Dörrar i brandcellsgräns är försedda med dörrstängare. Vanligtvis används dörrstängare av typen free-swing, vilket innebär att dörrstängarfunktionen aktiveras först vid brandlarm.
 - Sannolikheten att en enskild dörr är stängd vid brand är 85 %¹⁶.

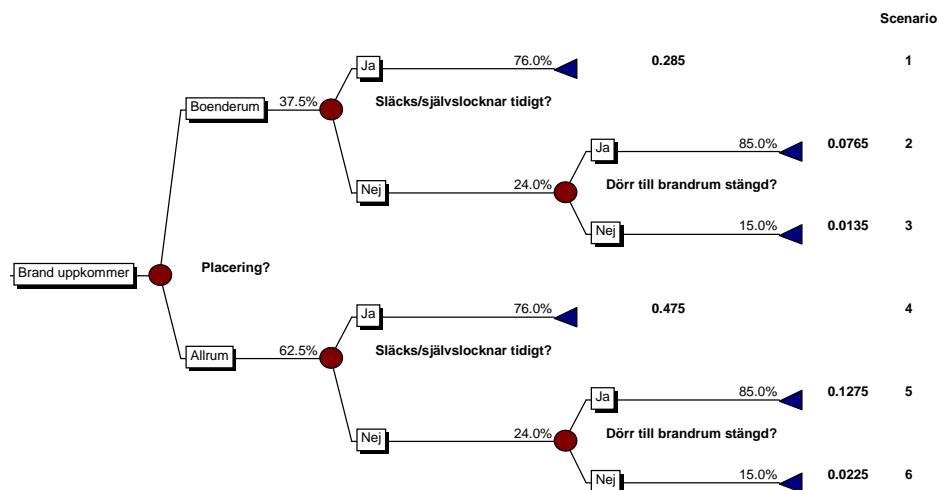
¹⁶ Tillförlitligheten är något lägre än traditionella dörrstängare vilka har en tillförlitlighet på c:a 90 %. Anledningen till detta är att freeswingdörrar styrs av ett centralt brandlarm och inte via lokala detektorer i anslutning till respektive dörr.

5.2.2 Händelser som påverkar utrymningsförloppet

I riskbedömningen för det särskilda boendet blir utrymningsförloppet mycket svårt att kvantifiera, vilket beskrivs närmre i avsnitt 4.1. Därför kommer riskbedömningen att fokusera på att värdera vilken risknivå som råder i byggnaden, utan hänsyn till att personer evakueras. Antagandet kan förefalla orimligt, men då denna riskbedömning i första hand görs för att skapa ett underlag för att kunna jämföra risk mot en annan byggnad, kan antagandet accepteras.

5.2.3 Händelsetråd

De tre händelserna som redovisas i avsnitt 5.2.1 sätts samman i ett händelsetråd för att strukturera problemet om möjliga beräkningar av sannolikheter och konsekvenser, se Figur 6.



Figur 6 Händelsetråd för brand i byggnad uppförd enligt BBR 15.

För de fall då dörren till brandrummet inte är stängd (scenario 3 och 6 i Figur 6) krävs en beräkning av hur många andra dörrar i brandcellsgräns som inte stänger. Detta kan göras med hjälp av en binomialfördelning¹⁷, vilken enkelt kan beräkna sannolikheten för att ett givet antal dörrar står i öppet läge, med utgångspunkt i samma sannolikhet att en enskild dörr står öppen. I scenario 3 är det intressant att veta hur många dörrar till övriga boenderum (14 st) som är öppna, medan det i scenario 6 rör sig om huruvida dörrar är öppna i samtliga boenderum (15 st).

Indata för beräkning av sannolikheten för ett visst antal öppna dörrar är sannolikheten att en enskild dörr står öppen (15 %), samt det totala antalet dörrar (14 resp. 15 st). Resultatet redovisas i Tabell 3.

¹⁷ En binomialfördelning är en diskret fördelning som hanterar upprepade (diskreta) försök med fix sannolikhet.

Tabell 3 Sannolikhet för ett visst antal dörrar (med dörrstängare) är öppna vid brand.

Antal dörrar öppna	Sannolikhet	Antal dörrar öppna	Sannolikhet
0 av 14	10,277 %	0 av 15	8,735 %
1 av 14	25,390 %	1 av 15	23,123 %
2 av 14	29,124 %	2 av 15	28,564 %
3 av 14	20,558 %	3 av 15	21,843 %
4 av 14	9,977 %	4 av 15	11,564 %
5 av 14	3,521 %	5 av 15	4,490 %
6 av 14	0,932 %	6 av 15	1,320 %
7 av 14	0,188 %	7 av 15	0,300 %
8 av 14	0,029 %	8 av 15	0,053 %
9 av 14	0,003 %	9 av 15	0,007 %
10 av 14	0,000 %	10 av 15	0,001 %
11 av 14	0,000 %	11 av 15	0,000 %
12 av 14	0,000 %	12 av 15	0,000 %
13 av 14	0,000 %	13 av 15	0,000 %
14 av 14	0,000 %	14 av 15	0,000 %
		15 av 15	0,000 %

5.3 Bedömning av konsekvenser

5.3.1 Brandscenarier

I handboken för analytisk dimensionering anges fyra s.k. erforderade brandscenarier tillsammans med dimensionerande värden på effektutveckling, tillväxthastighet och brandgasproduktion.

Erfordrat brandscenario nr 1 är den grupp av scenarier som utgör de s.k. värsta troliga i byggnaden. Dimensionerande effektutveckling är 5 MW med en tillväxthastighet på 0,047 kW/s². Produktionen av sot är 0,06 g/g och kolmonoxidproduktionen är 0,02 g/g. Förbränningsvärmets är 24 MJ/kg.

Erfordrat brandscenario nr 2 och nr 3 behöver inte studeras då byggnaden är försedd med ett automatiskt brand- och utrymningslarm, utformat för fungera även vid glödbränder. Erfordrat brandscenario 4 är en grupp av scenarier som i första hand är intressant att studera om hänsyn har tagits till aktiva system (som t.ex. sprinkler och brandgasventilation) vid analys av erforderat brandscenario nr 1. Inom ramen för erforderat brandscenario nr 4 kan också vara aktuellt att undersöka hur utrymningsförloppet påverkas av olika kombinationer av fel. Detta är dock inte aktuellt här då utrymningsförloppet inte modelleras (se avsnitt 4.1 och 5.2.2).

5.3.2 Bedömning av skada

I riskbedömningen definieras skada på följande sätt:

- ♦ Skada inträffar i brandrummet om inte branden släcks/självlocknar i ett tidigt skede.
- ♦ Skada inträffar i övriga rum om dels dörren till brandrummet är öppen samtidigt som en dörr till ett annat boende rum står öppen.

Inom ramen för riskbedömningen antas att det finns en person i varje boenderum. Eftersom kritisk påverkan vid brand definieras med ett FED-värde större än 0,3 (se avsnitt 4.1) görs en grov överslagsberäkning för att avgöra om och när detta gränsvärde överskrids för de olika scenarierna. Beräkningsgången är tagen från Mulholland¹⁸ och redovisas nedan:

$$M_{\text{sot}} = m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{sot}}$$

$$C_{\text{sot}} = \frac{M_{\text{sot}}}{V}$$

$$K = K_m \cdot C_{\text{sot}}$$

$$S = \frac{E}{K}$$

där

M_{sot} är massan sot som bildats, g

$m_{\text{bränsle}}$ är mängden förbränt bränsle, g

y_{sot} är sotproduktionen, g/g bränsle

C_{sot} är koncentrationen av sot, g/m³

V är den omblandade volymen, m³

K är "extinction coefficient", m⁻¹

K_m är den specifika "extinction coefficient", 7,6 m²/g

S är siktbarheten i m

E är ett mått på illuminansen, 3 för genomlysta skyltar och 8 för efterlysande

Modellen för beräkning av FED-värdet finns redovisad i remissutgåvan till handbok i analytisk dimensionering och resultatet av beräkningarna redovisas Tabell 4 nedan. Modellen är förenklad då den förutsätter att brandgaser sprids jämt till samtliga rum med öppen dörr.

¹⁸ Mulholland, G.W., *Smoke Production and Properties*, Chapter 2-13, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition, Society of Fire Protection Engineers, 2002.

Tabell 4 Tid för överskridande av gränsvärden för kritisk påverkan vid brand.

Scenario	Tid för FED $\geq 0,3$	Tid för FED $\geq 1,0$
Endast brandrummet	240 s	300 s
Brandrum + 2 boenderum	400 s	580 s
Brandrum + 4 boenderum	440 s	> 600 s
Brandrum + 8 boenderum	480 s	> 600 s
Brandrum + 12 boenderum	520 s	> 600 s

Beräkningsresultatet redovisat i Tabell 4 visar att det går fort att överskrida gränsvärdet för kritisk påverkan (FED $\geq 0,3$). Men, det finns en möjlighet för personalen att göra en snabb insats, givet att brand- och utrymningslarmet fungerar som avsett. Värt att notera är att personalen kommer få i sig större mängder brandgaser eftersom gör en större fysisk ansträngning i samband med utrymningen. Överslagsberäkningar visar att de kan bistå med utrymningen i c:a 2 min om dörren till brandrummet är öppen. Dödliga förhållanden inträffar i brandrummet efter knappt 7 min (400 s).

Det finns ingen direkt skillnad mellan brand i boenderum eller brand i allrum. Eftersom allrummet är större än ett boenderum förskjuts tiderna för kritisk påverkan något, men inte så pass mycket att det sker någon direkt förändring av de tider som redovisas i Tabell 4.

5.4 Beräkning och värdering av risk

För att kunna ta fram de olika riskmåten krävs en sammanställning av sannolikheten och konsekvensen för resp. scenario. Sammanställningen baseras på händelseträdet redovisat i Figur 6, sannolikheter för öppna dörrar redovisade i Tabell 3 och konsekvenser redovisade i Tabell 4.

Tabell 5 Sammanställning av sannolikhet och konsekvens för resp. scenario^{19,20}.

Scenario	Sannolikhet	Konsekvens
1	28,5 %	0
2	7,65 %	1
3-0	0,139 %	1
3-1	0,343 %	2
3-2	0,393 %	3
3-3	0,278 %	4

¹⁹ Notera att "3-1" i scenarionumreringen avser scenario 3 i händelseträdet samt att ytterligare en dörr till ett annat boenderum är öppen.

²⁰ Scenarier med en sannolikhet på mindre än 10^{-5} har uteslutits från sammanställningen.

Tabell 5 Sammanställning av sannolikhet och konsekvens för resp. scenario,. (forts.)

Scenario	Sannolikhet	Konsekvens
3-4	0,135 %	5
3-5	0,048 %	6
3-6	0,013 %	7
3-7	0,003 %	8
4	47,5 %	0
5	12,75 %	0
6-0	0,197 %	0
6-1	0,520 %	1
6-2	0,643 %	2
6-3	0,491 %	3
6-4	0,260 %	4
6-5	0,101 %	5
6-6	0,030 %	6
6-7	0,007 %	7
6-8	0,001 %	8

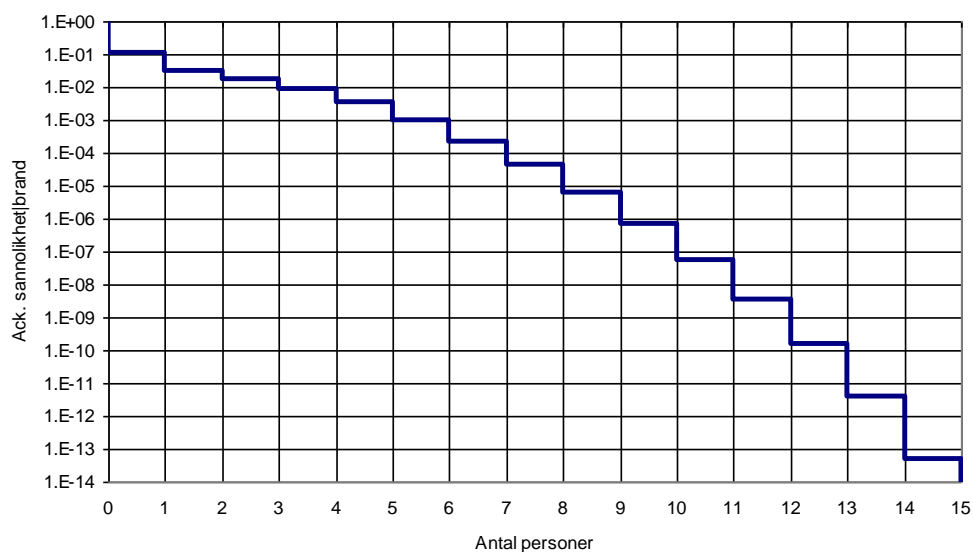
Individrisken, definierad som sannolikheten att minst en person kommer till skada ($FED \geq 0,3$) vid brand kan beräknas genom följande uttryck:

$$R_{individ} = 1 - \sum P_i (Kons = 0)$$

Medelrisken beräknas med följande uttryck:

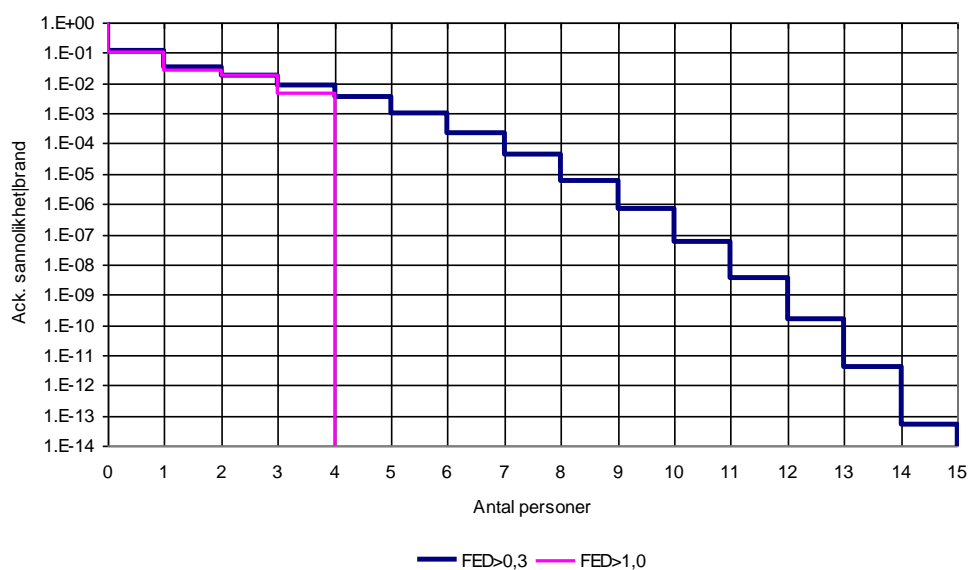
$$R_{medel} = \sum P_i \cdot K_i$$

Individrisken för ett brandskydd utformat enligt BBR 15 blir således 0,11 och medelrisken är 0,17. Det är också möjligt att använda informationen i Tabell 5 för att rita upp en riskprofil, se Figur 7.



Figur 7 Riskprofil för brandskydd utformat enligt BBR 15.

Om skada skulle definieras som medvetlöshet ($FED \geq 1,0$) i stället för kritisk påverkan ($FED \geq 0,3$) så blir individrisken den samma (0,11) medan medelrisken sjunker något (0,16). Riskprofilen får däremot ett annorlunda utseende, se Figur 8.



Figur 8 Riskprofil vid brand för olika FED-värden.

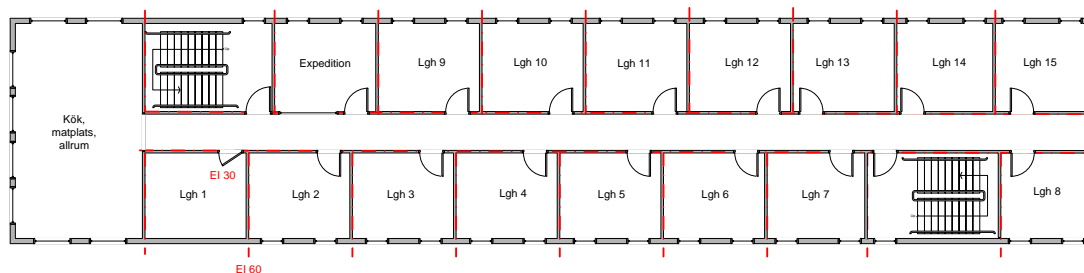
6 Kvantitativ riskbedömning av särskilt boende för personer med vårdbehov enligt BBR 20XX

Den kvantitativa riskbedömningen genomförs utifrån samma principer som redovisats i kapitel 5.

6.1 Inledande riskidentifiering (bedömning av förutsättningar)

6.1.1 Byggnadens utformning

Analysen berör enbart ett våningsplan, vilket är utformat enligt Figur 9 nedan.



Figur 9 Planlösning för en byggnad uppford enligt förslag till utformning i BBR 20XX.

Byggnaden inrymmer 15 boenderum och det maximala gångavståndet till utrymningsväg är 45 m.

6.1.2 Skyddsåtgärder

Brandskyddet i byggnaden följer förenklad dimensionering enligt förslag i BBR 20XX, vilket innebär följande skyddsåtgärder:

- ♦ Det finns två separata utrymningsvägar, vilka nås via en gemensam korridor i egen brandcell.
- ♦ Kök/matplats/allrum kan tillhöra den gemensamma korridoren för utrymning.
- ♦ Det finns ett brand- och utrymningslarm.
- ♦ Det finns en automatisk vattensprinkleranläggning utformade enligt SBF:s rekommendation "Boendesprinkler".
- ♦ Varje lägenhet eller rum är en egen brandcell.
- ♦ Dörrar i brandcellsgräns mellan boenderum och korridor behöver inte förses med dörrstängare
- ♦ Ventilationssystemet skall förhindra brandgasspridning mellan brandcellerna

6.1.3 Brandstatistik

Se avsnitt 5.1.3.

6.2 Strukturering

Detta avsnitt utgår från samma struktur som finns redovisad i avsnitt 5.2. Händelser som är gemensamma med de redovisade i avsnitt 5.2 förklaras inte närmre här, utan läsaren hänvisas till beskrivningar i avsnitt 5.2.

6.2.1 Händelser som påverkar brandförloppet

Händelser rörande brandens placering och huruvida branden släcks eller självslocknar i ett tidigt skede redovisas i avsnitt 5.2.1. Vidare gäller:

- ♦ Sprinklersystemet släcker/kontrollerar branden. I avsnitt 3.1 redovisas amerikansk statistik, vilken kan tillämpas i riskbedömningen.
 - Sannolikheten att sprinklersystemet släcker/kontrollerar branden är 87,5 %.
- ♦ Dörr till brandrummet (öppen / stängd). Dörrar i brandcellsgräns är inte försedda med dörrstängare och de förväntas i huvudsak att vara öppna. Ett försiktigt antagande är att tre av fyra dörrar står öppna vid brand.
 - Sannolikheten att en enskild dörr är stängd vid brand är 25 %²¹.

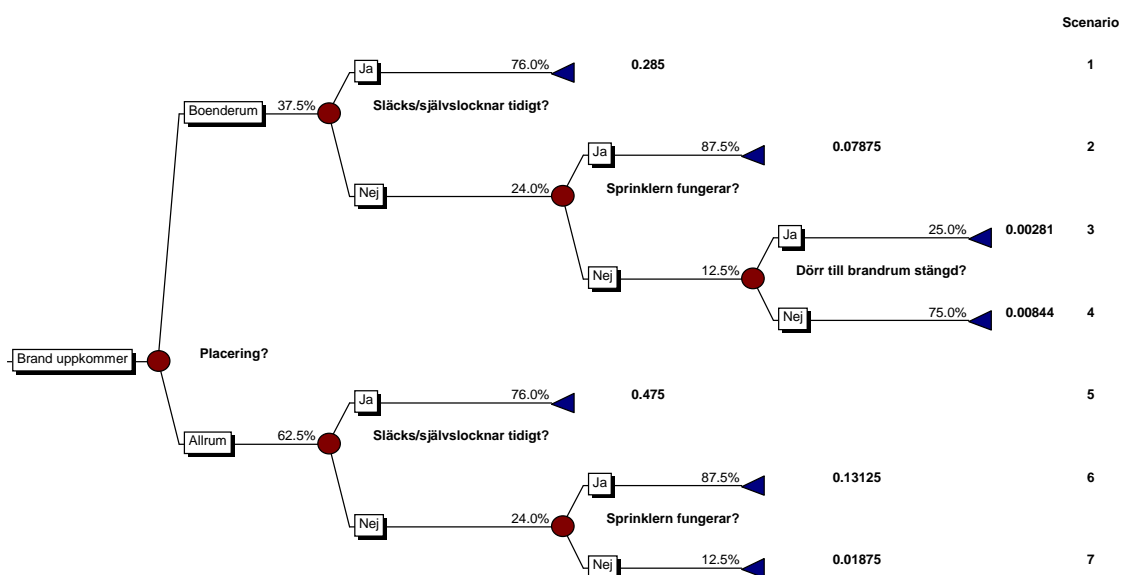
6.2.2 Händelser som påverkar utrymningsförloppet

Se avsnitt 5.2.2.

6.2.3 Händelsetråd

De tre händelserna som redovisas i avsnitt 6.2.1 sätts samman i ett händelsetråd för att strukturera problemet om möjliggöra beräkningar av sannolikheter och konsekvenser, se Figur 10.

²¹ Tillförlitligheten är något lägre än traditionella dörrstängare vilka har en tillförlitlighet på c:a 90 %. Anledningen till detta är att freeswingdörrar styrs av ett centralt brandlarm och inte via lokala detektorer i anslutning till respektive dörr.



Figur 10 Händelsetråd för brand i byggnad uppförd enligt förslag till utformning i BBR 20XX.

Om det kan förutsättas att det krävs en ej fungerande sprinkleranläggning för att överskrida $FED \geq 0,3$ är det endast scenario 4 och scenario 7 som kan leda till en konsekvens i andra boenderum än där branden inträffar. I avsnitt 6.3.2 redovisas beräkningar som styrker detta påstående samt vad som förväntas inträffa i brandrummet vid sprinkleraktivering. Hur stor konsekvensen blir styrs av hur många dörrar till andra boenderum som står öppna, vilket kan beräknas med samma metod som redovisas i avsnitt 5.2.3. Indata för beräkning av sannolikheten för ett visst antal öppna dörrar är sannolikheten att en enskild dörr står öppen (75 %), samt det totala antalet dörrar (14 resp. 15 st). Resultatet redovisas i Tabell 6.

Tabell 6 Sannolikhet för ett visst antal dörrar är öppna vid brand.

Antal dörrar öppna	Sannolikhet	Antal dörrar öppna	Sannolikhet
0 av 14	0,000 %	0 av 15	0,000 %
1 av 14	0,000 %	1 av 15	0,000 %
2 av 14	0,000 %	2 av 15	0,000 %
3 av 14	0,004 %	3 av 15	0,001 %
4 av 14	0,030 %	4 av 15	0,010 %
5 av 14	0,181 %	5 av 15	0,068 %
6 av 14	0,816 %	6 av 15	0,340 %
7 av 14	2,796 %	7 av 15	1,311 %
8 av 14	7,340 %	8 av 15	3,932 %
9 av 14	14,680 %	9 av 15	9,175 %
10 av 14	22,019 %	10 av 15	16,515 %

Tabell 6 Sannolikhet för ett visst antal dörrar är öppna vid brand. (forts.)

Antal dörrar öppna	Sannolikhet	Antal dörrar öppna	Sannolikhet
11 av 14	24,021 %	11 av 15	22,520 %
12 av 14	18,016 %	12 av 15	22,520 %
13 av 14	8,315 %	13 av 15	15,591 %
14 av 14	1,782 %	14 av 15	6,682 %
		15 av 15	1,336 %

6.3 Bedömning av konsekvenser

6.3.1 Brandscenarier

I handboken för analytisk dimensionering anges fyra s.k. erforderade brandscenarier tillsammans med dimensionerande värden på effektutveckling, tillväxthastighet och brandgasproduktion.

Erfordrat brandscenario nr 1 är den grupp av scenarier som utgör de s.k. värsta troliga i byggnaden. Dimensionerande effektutveckling är 5 MW med en tillväxthastighet på 0,047 kW/s², men hänsyn får dock tas till en automatisk vattensprinkleranläggning genom att låta branden förbli konstant vid den tidpunkt då sprinklersystemet aktiverar. Beräkningar med Detact-t²² (aktiveringstemperatur 68° C, RTI-värde 50 (ms)^{1/2} och takhöjd 2,5 m, 12 m² per sprinklerhuvud) visar att sprinklersystemet aktiverar efter 120 s då effektutvecklingen är på 675 kW. Dimensionerande produktion av kolmonoxid är 0,03 g/g. Förbränningsvärmets är 40 MJ/kg.

Erfordrat brandscenario nr 2 och nr 3 behöver inte studeras då byggnaden är försedd med ett automatiskt brand- och utrymningslarm, utformat för fungera även vid glödbränder.

I erforderat brandscenario 4 studeras effekten av att sprinklersystemet inte är tillgängligt. Detta scenario är identiskt med erforderat brandscenario 1 för utformning enligt BBR 15, redovisat i avsnitt 5.3.1.

²² Evans D.D., Stroup D.W. *Methods of Calculating the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings*. NBSIR 85-3167, National Bureau of Standards, Gaithersburg, 1985.

6.3.2 Bedömning av skada

I riskbedömningen definieras skada på följande sätt:

- ♦ Skada inträffar i brandrummet:
 - Om inte branden släcks/självslocknar i ett tidigt skede, oavsett om sprinklersystemet fungerar eller inte.
- ♦ Skada inträffar i övriga rum då branden tillväxer, dörren till brandrummet är öppen samtidigt som en dörr till ett annat boenderum står öppen.

Inom ramen för riskbedömningen antas att det finns en person i varje boenderum. Hypotesen är att ingen (undantaget de som vistas i brandrummet) kan komma till skada ($FED \geq 0,3$) om sprinklersystemet fungerar. Utifrån samma metodik som i avsnitt 5.3.2 beräknas FED-värden vid sprinkleraktivering. Resultatet redovisas i Tabell 7.

Tabell 7 Tid för överskridande av gränsvärden för kritisk påverkan vid en sprinklerkontrollerad brand.

Scenario	Tid för $FED \geq 0,3$	Tid för $FED \geq 1,0$
Endast brandrummet	300 s	480 s
Brandrum + 2 boenderum	> 600 s	> 600 s
Brandrum + 4 boenderum	> 600 s	> 600 s
Brandrum + 8 boenderum	> 600 s	> 600 s
Brandrum + 12 boenderum	> 600 s	> 600 s

Beräkningsresultatet redovisat i Tabell 7 visar att det går fort att överskrida gränsvärdet för kritisk påverkan ($FED \geq 0,3$) i brandrummet, men också att tiden för medvetlöshet ($FED \geq 1,0$) förlängts i förhållande till resultaten i Tabell 4. Dödsfall ($FED \geq 2,0$) inte förväntas under de första 10 min och personalen utsätts inte för kritisk påverkan ($FED \geq 0,3$) under brandförloppets första 10 min.

När det gäller erfordrat brandscenario 4 så är konsekvenserna desamma som erfordrat brandscenario 1 redovisade i Tabell 4 i avsnitt 5.3.2.

6.4 Beräkning och värdering av risk

För att kunna ta fram de olika riskmått krävs en sammanställning av sannolikheten och konsekvensen för resp. scenario. Sammanställningen baseras på händelseträdet redovisat i Figur 6, sannolikheter för öppna dörrar redovisade i Tabell 6 och konsekvenser redovisade i Tabell 7.

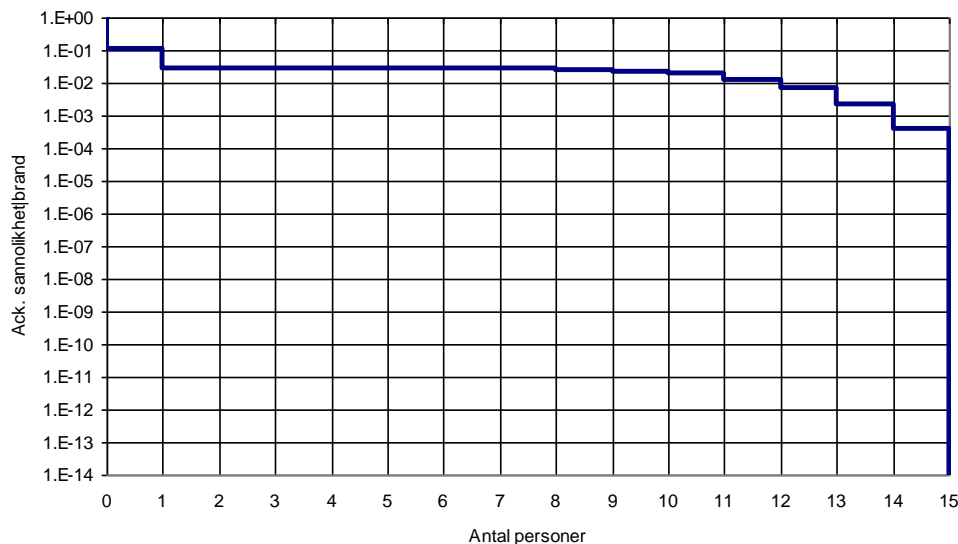
Tabell 8 Sammanställning av sannolikhet och konsekvens för resp. scenario^{23,24}.

Scenario	Sannolikhet	Konsekvens
1	28,5 %	0
2	7,875 %	1
3	0,281 %	1
4-5	0,002 %	6
4-6	0,007 %	7
4-7	0,024 %	8
4-8	0,062 %	9
4-9	0,124 %	10
4-10	0,186 %	11
4-11	0,203 %	12
4-12	0,152 %	13
4-13	0,07 %	14
4-14	0,015 %	15
5	47,5 %	0
6	13,125 %	0
7-5	0,001 %	5
7-6	0,006 %	6
7-7	0,025 %	7
7-8	0,074 %	8
7-9	0,172 %	9
7-10	0,310 %	10
7-11	0,422 %	11
7-12	0,422 %	12
7-13	0,292 %	13
7-14	0,125 %	14
7-15	0,025 %	15

²³ Notera att "4-5" i scenarionumreringen avser scenario 4 i händelseträdet samt att ytterligare fem dörrar till andra boenderum är öppna.

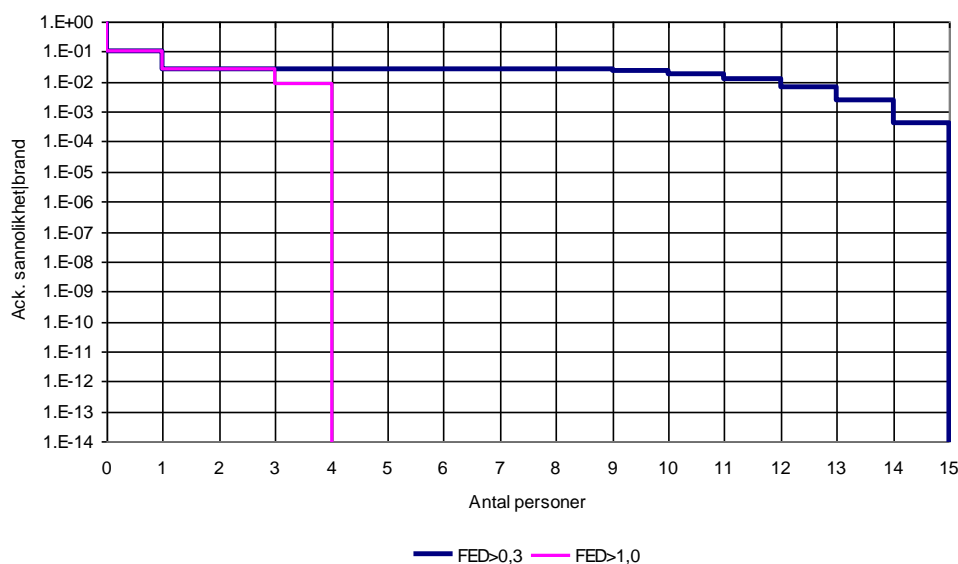
²⁴ Scenarier med en sannolikhet på mindre än 10^{-5} har uteslutits från sammanställningen.

Riskmåttet beräknas enligt avsnitt 5.4 och individrisken för ett brandskydd utformat enligt BBR 20XX blir 0,11. Medelrisken är 0,39. Det är också möjligt att använda informationen i Tabell 8 för att rita upp en riskprofil, se Figur 11.



Figur 11 Riskprofil för brandskydd utformat enligt förslag i BBR 20XX.

Om skada skulle definieras som medvetlöshet ($FED \geq 1,0$) i stället för kritisk påverkan ($FED \geq 0,3$) så antar individrisken ett värde på 0,11 och medelrisken är 0,17. Riskprofilen får ett annorlunda utseende, se Figur 12.

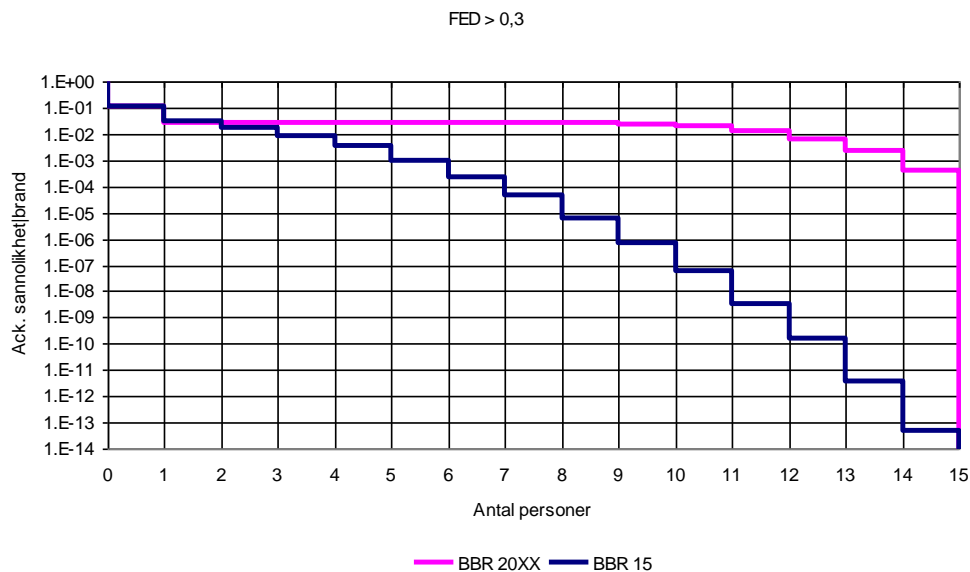


Figur 12 Riskprofil vid brand för olika FED-värden.

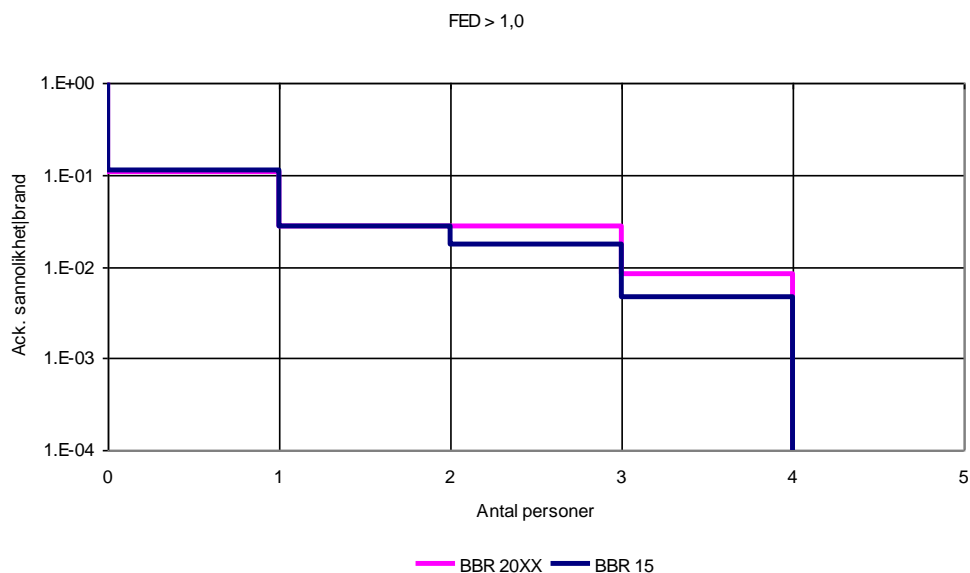
7 Riskvärdering

7.1 Jämförelse av riskmått

Om vi förutsätter att en utformning enligt förenklad dimensionering i BBR 15 ger en tillfredsställande säkerhet så kan vi utvärdera hur väl föreslagen utformning enligt BBR 20XX lever upp till samhällets krav. I Figur 13 och Figur 14 jämförs riskprofilerna för de två utformningarna.



Figur 13 Jämförelse av riskprofiler för FED \geq 0,3.



Figur 14 Jämförelse av riskprofiler för FED \geq 1,0.

I Tabell 9 och Tabell 10 jämförs individ- och medelrisk för de två utformningarna.

Tabell 9 Jämförelse av riskmått för FED $\geq 0,3$.

Riskmått	BBR 20XX	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,39	0,17

Tabell 10 Jämförelse av riskmått för FED $\geq 1,0$.

Riskmått	BBR 20XX	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,17	0,16

Beräkningarna visar att föreslagen utformning enligt BBR 20XX inte ger en säkerhet som är lika bra som en utformning enligt BBR 15. Några anledningar till detta är:

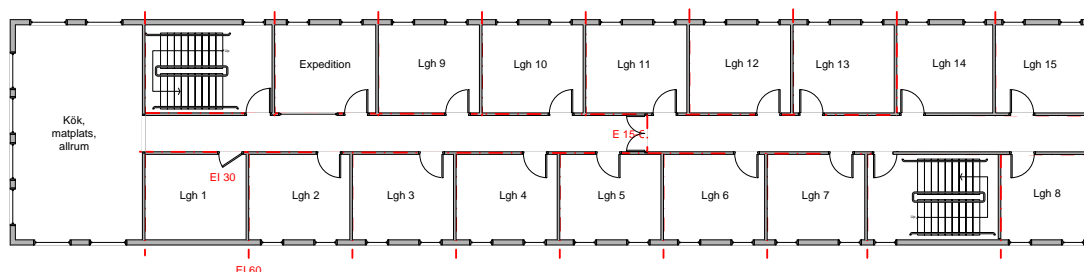
- ♦ Brandskyddet är inte lika bra.
- ♦ Brandskyddet är bättre på att skydda mot svåra skador (FED $> 1,0$) än vad det skyddar mot lindrigare skador (FED $< 0,3$).
- ♦ Metodiken i "Handbok för analytisk dimensionering" är för konservativ till sprinklersystemens nackdel.

I avsnitt 7.2-7.4 görs vissa förändringar i brandskyddets utformning, samtidigt som dimensioneringsmetodiken i vissa delar ifrågasätts och förslag till ändringar presenteras.

7.2 Komplettering av skydd i föreslagen utformning för BBR 20XX

7.2.1 Avskiljning av korridor i E 15-C

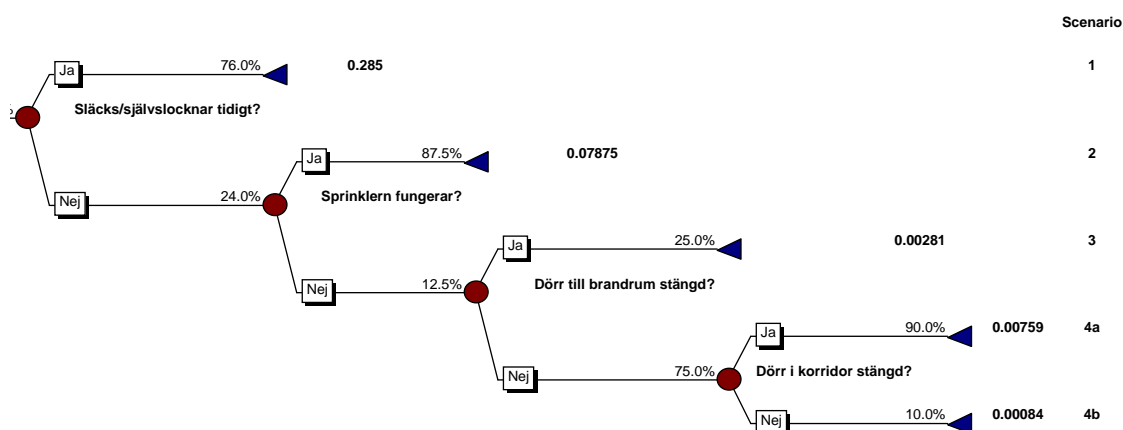
Ett problem med föreslagen utformning i BBR 20XX är att spridningen av brandgaser blir alldeles för omfattande då dörrstängare saknas. Ett sätt att begränsa brandspridningen är att avskilja den gemensamma korridoren med ett parti i E 15-C, se Figur 15.



Figur 15 Utformning enligt BBR 20XX kompletterad med ett avskiljande parti i den gemensamma utrymningskorridoren i E 15-C.

Händelserna är i princip de samma som i avsnitt 6.2, undantaget en förändring av händelseträdet, vilken visas i Figur 16. För de scenarier där dörren till brandrummet inte är stängd kan nu följande inträffa:

- ♦ Dörren i korridoren stänger och begränsar den möjliga spridningen av brandgaser till de rum som finns i samma korridordel som brandrummet. Här antas att det finns 8 boenderum i den berörda delen
- ♦ Dörren i korridoren stänger inte och samtliga 15 boenderum kan påverkas av brand.



Figur 16 Del av händelsetråd då korridoren försetts med ett dörrparti i E 15-C.

Bedömning av konsekvenser sker enligt avsnitt 6.3 och beräkning av risk sker enligt avsnitt 6.4. I Tabell 11 och Tabell 12 jämförs individ- och medelrisk för utformning enligt BBR 15 och BBR 20XX med E 15-C parti i korridoren.

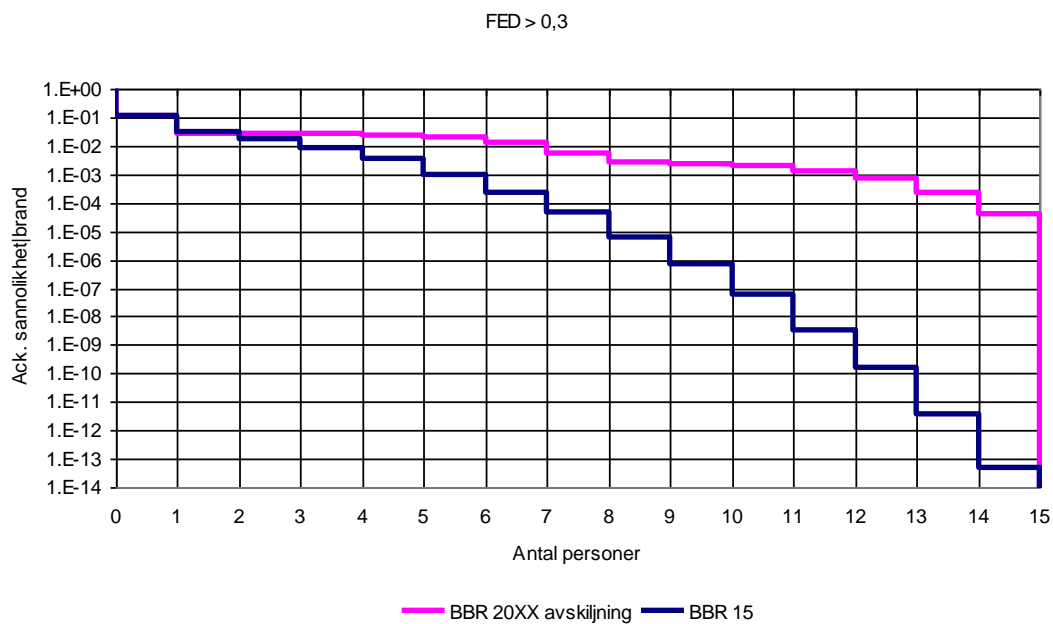
Tabell 11 Jämförelse av riskmått för FED $\geq 0,3$.

Riskmått	BBR 20XX avskiljning	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,26	0,17

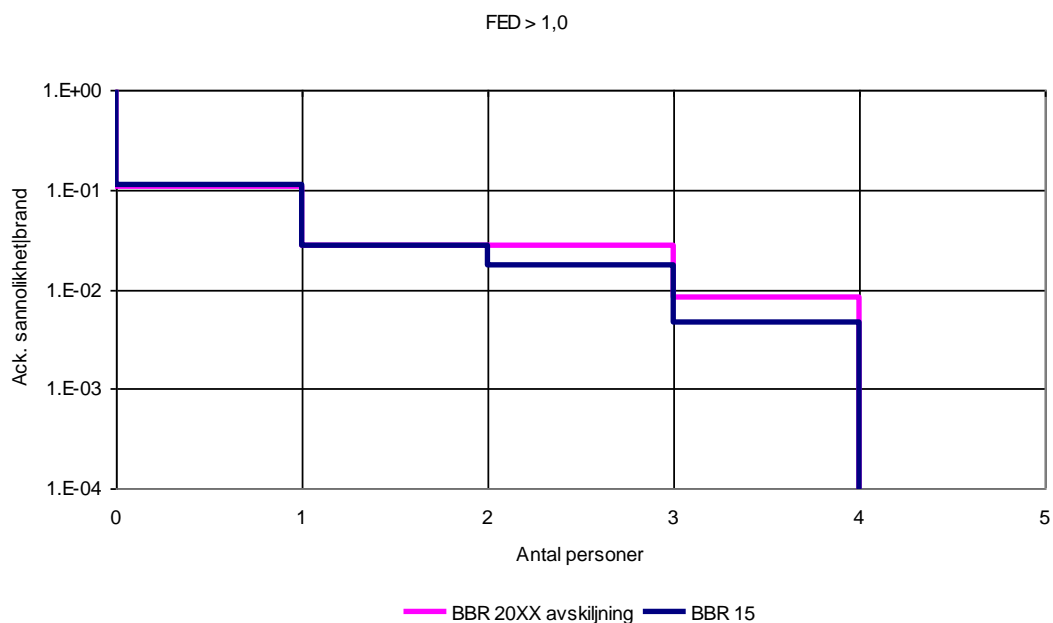
Tabell 12 Jämförelse av riskmått för FED $\geq 1,0$.

Riskmått	BBR 20XX avskiljning	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,17	0,16

Jämförelsen av risk visar att en byggnad enligt BBR 15 presterar bättre avseende både individ- och medelrisk. I Figur 17 och Figur 18 redovisas riskprofilerna för de två utformningarna. Det finns således ett behov av att föra in ytterligare brandskydd i utformning enligt BBR 20XX.



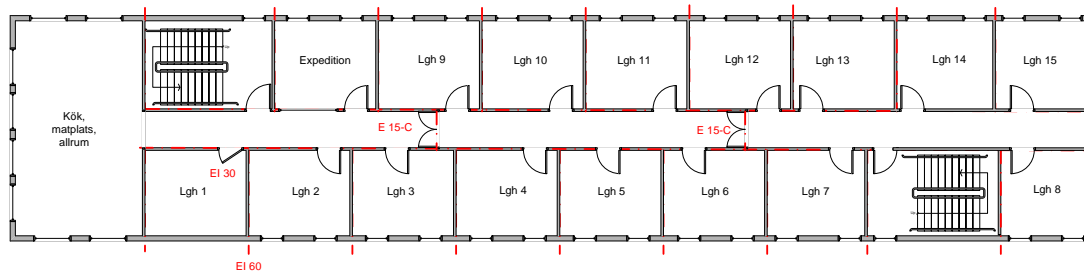
Figur 17 Jämförelse av riskprofiler för FED $\geq 0,3$ för utformning enligt BBR 15 samt utformning enligt BBR 20XX med E 15-C parti i utrymningskorridoren.



Figur 18 Jämförelse av riskprofiler för FED $\geq 1,0$ för utformning enligt BBR 15 samt utformning enligt BBR 20XX med E 15-C parti i utrymningskorridoren.

7.2.2 Begränsning av antal boenderum

Som ett komplement till avskiljningen i korridoren (se Figur 15) kan antalet boenderum som ingår i en avskiljd del av utrymningskorridoren begränsas. En första ansats är att det får vara maximalt sex (6) boenderum inom en sådan enhet, se Figur 19.



Figur 19 Utmärkning enligt BBR 20XX kompletterad med avskiljande partier i den gemensamma utrymningskorridoren som maximerar antal boende till sex (6) inom en avskiljd enhet.

Riskbedömningen i avsnitt 7.2.1 kan då göras om med utgångspunkt i denna begränsning. Det totala antalet boenderum på ett våningsplan blir nu 12, vilket kan jämföras med 15 i utformning enligt BBR 15. I Tabell 13 jämförs individ- och medelrisk för utformning enligt BBR 15 och BBR 20XX med E 15-C parti i korridoren samt med en begränsning till maximalt 12 boenderum.

Tabell 13 Jämförelse av riskmått för FED $\geq 0,3$.

Riskmått	BBR 20XX avskiljning och totalt 12 boenderum	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,22	0,17

Tabell 13 visar en viss sänkning av medelrisken (från 0,26 till 0,22) vid begränsning av antalet boenderum. Dock presterar fortfarande en utformning enligt BBR 15 bättre. I avsnitt 7.2.3 tas möjligheten att utföra allrum i samma brandcell som utrymningskorridoren bort.

7.2.3 Allrum/kök/matplats i egen brandcell

Föreslagen utformning enligt BBR 20XX (se avsnitt 6.1) medför att det inte behövs dörrstängare mellan boenderum och utrymningskorridoren och att allrum/kök/matplats kan utgöra en gemensam brandcell med korridoren. Riskmåttan visar att det inte går att nå en säkerhetsnivå som är jämförbar med BBR 15 om båda dessa avsteg kombineras, även om korridoren förses med en avskiljning i E 15-C. För att undersöka om det är möjligt att utföra dörrar till boenderum utan krav på dörrstängare kommer en ny riskbedömning göras med följande utformning av brandskyddet:

- ♦ Dörr mellan boenderum och korridor utförs utan dörrstängare.
- ♦ Allrum utgör egen brandcell med dörr i EI 30-C.
- ♦ Utrymningskorridoren delas upp i två delar med avskiljning i E 15-C.
- ♦ Inte fler än 6 boenderum får ha dörr mot en och samma del av utrymningskorridoren.

Riskbedömningen görs med samma metodik som redovisats i avsnitt 7.2.1 och i Tabell 14 jämförs individ- och medelrisk.

Tabell 14 Jämförelse av riskmått för FED \geq 0,3.

Riskmått	BBR 20XX avskiljning och totalt 12 boenderum. Allrum i egen brandcell	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,13	0,17

Tabell 14 visar avskiljningen av allrummet med en självstängande dörr ger en medelrisk som blir lägre än utformning enligt BBR 15. Eftersom medelrisken blev ca 25 % lägre undersöks om det är möjligt att plocka bort kravet på avskiljning i korridoren. Resultatet redovisas i Tabell 15.

Tabell 15 Jämförelse av riskmått för FED \geq 0,3.

Riskmått	BBR 20XX avskiljning och totalt 12 boenderum. Allrum i egen brandcell	BBR 15
Individrisk	0,11	0,11
Medelrisk	0,18	0,17

Tabell 15 visar att riskmåttarna är väldigt lika för de två utformningarna.

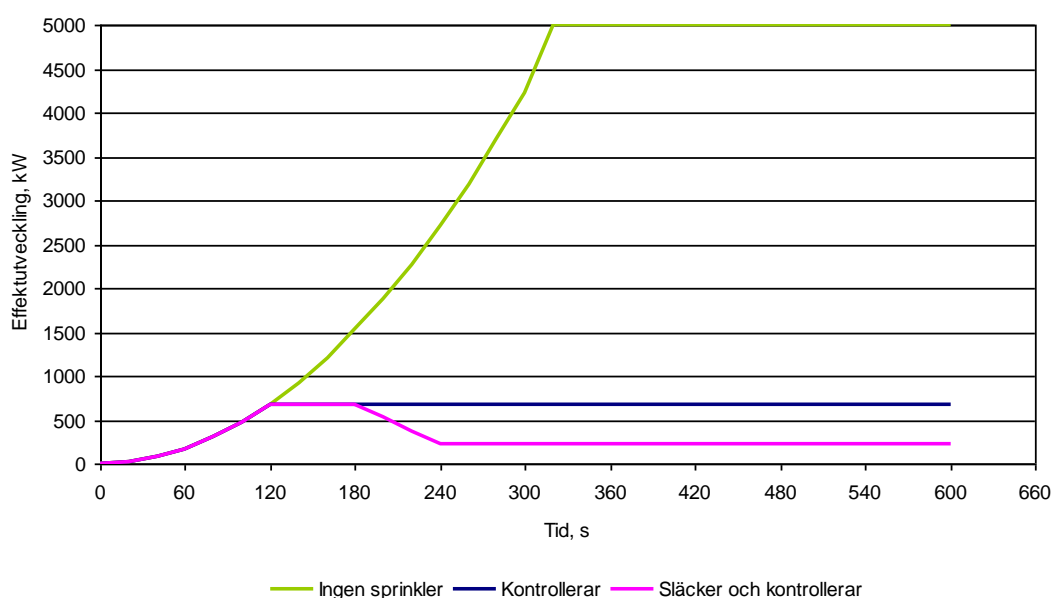
7.3 Sprinklersystemets tillåts släcka branden

Den metodik som använts i riskbedömningen bygger på att den person som vistas i brandrummet alltid kommer till skada. Beräkningarna visar att det finns en uppenbar risk för att medvetlöshet inträffar i brandrummet, oavsett om där finns sprinkler eller inte. Sprinklersystemets effekt behandlas förhållandevis konservativt då brandens storlek inte tillåts minska efter sprinkleraktivering. I avsnitt 3.2 visas utdata från försök med sprinkler och det kan konstateras att effektutvecklingen avtar efter sprinkleraktivering för att slutligen släcka branden.

Försök utförda av BRE²⁵ visar att sprinklersystemet släcker mindre bränder som har en maximal effekt under 5 MW efter en kort tidsperiod. Ett förslag till en mer nyanserad bedömning av sprinklernas effektivitet, baserad på BRE:s försök redovisas nedan:

- ♦ Efter sprinkleraktivering hålls effektutvecklingen konstant under 1 minut.
- ♦ Därefter minskar effektutvecklingen till 1/3 av effekten vid tidpunkten för aktivering. Denna minskning sker under den påföljande minuten.
- ♦ Effektutvecklingen hålls sedan konstant på denna nivå för att ta hänsyn till att sprinkleranläggningen inte alltid släcker branden helt.

I Figur 20 visas effektutvecklingen baserat på olika effektivitet hos sprinkleranläggningen.



Figur 20 Effektutveckling utan sprinkler, med sprinklerkontroll (enligt handbok i analytisk dimensionering) samt då sprinklersystemet antas släcka och kontrollera branden.

I avsnitt 6.3.2 redovisas en bedömning av skada baserad på att sprinklersystemet kontrollerar branden och håller effektutvecklingen konstant. I Tabell 16 redovisas hur vilken skada som inträffar om sprinklersystemet tillåts släcka och därefter kontrollera brandens effektutveckling.

²⁵ BRE FRS, *Design Fires Database*, v. 1.2, Building Research Establishment Ltd, 2002.

Tabell 16 Tid för överskridande av gränsvärden för kritisk påverkan vid en sprinklerkontrollerad brand.

Scenario	Tid för FED $\geq 0,3$	Tid för FED $\geq 1,0$
Endast brandrummet	320 s	> 600 s
Brandrum + 2 boenderum	> 600 s	> 600 s
Brandrum + 4 boenderum	> 600 s	> 600 s
Brandrum + 8 boenderum	> 600 s	> 600 s
Brandrum + 12 boenderum	> 600 s	> 600 s

Den stora skillnaden mot förväntad skada då sprinklersystemet inte har en släckverkan att nå medvetlöshet (FED $\geq 1,0$) blir längre än 10 min och förväntas därmed inte inträffa. Riskmått utformning enligt BBR 20XX (kapitel 6) räknas om och redovisas i Tabell 17.

Tabell 17 Reviderade riskmått när sprinklersystemet tillåts släcka och kontrollera branden. Gäller för FED $\geq 1,0$ ²⁶.

Riskmått	BBR 20XX sprinklern släcker	BBR 15
Individrisk	0,03	0,11
Medelrisk	0,09	0,17

Om skada mäts som "medvetlöshet" samtidigt som hänsyn tas till sprinklersystemets släckande effekt blir skillnaden mellan BBR 20XX och BBR 15 stor.

7.4 Utvärdering av risk för dödsfall

Beräkningar i avsnitt 6.3.2 visar att sprinklersystemet inte förmår att undvika kritisk påverkan (FED $\geq 0,3$) eller medvetlöshet (FED $\geq 1,0$) i brandrummet. Den uppgift som sprinklersystemet klarar bäst är därför snarare att undvika dödsfall än att undvika exponering av brandgaser som kan ge lindriga alternativt svårare skador. En grov riskbedömning görs mellan en lösning enligt BBR 15 (kapitel 5) och en lösning enligt BBR 20XX (kapitel 6), givet att kriteriet för skada är "dödsfall", motsvarande ett FED-värde på mer än 2,0. Resultatet redovisas i Tabell 18.

Tabell 18 Reviderade riskmått avseende på dödsfall (FED $\geq 2,0$).

Riskmått	BBR 20XX sprinklern släcker	BBR 15
Individrisk	0,03	0,11
Medelrisk	0,03	0,11

²⁶ Det sker inga förändringar av riskmått för FED $\geq 0,3$.

Riskbedömningen visar att sannolikheten att omkomma minskar med 73 %, vilket överensstämmer med amerikansk statistik (75 %) redovisad i avsnitt 3.3.

7.5 Kvalitativa aspekter

Ett faktum när dörrstängare byts mot sprinkler är att spridningen av brandgaser kommer att bli mer omfattande. I detta sammanhang är det viktigt att beakta att det rör sig om kalla brandgaser med ett litet innehåll av giftiga ämnen. Personalen kommer att behöva förflytta sig genom brandgaser, men sprinklersystemet förhindrar att förhållandena blir sådana att varken personal eller de boende skadas.

Räddningstjänsten kommer att möta en mer omfattande utbredning av rök. Denna rök är kall och räddningsmanskapets säkerhet äventyras inte. Deras huvudsakliga uppgift vid brand blir att vädra ut brandgaser ur byggnaden.

8 Slutsatser och rekommendationer

Givet att särskilda boenden för personer med vårdbehov förses med automatisk vattensprinkleranläggning, utformad enligt SBF:s rekommendationer om "Boendesprinkler" kan brandskyddet utformas enligt nedan:

- ♦ Boendesprinkler.
- ♦ Heltäckande brand- och utrymningslarm.
- ♦ Boenderum utgör egen brandcell i EI 60.
- ♦ Utrymningskorridoren är en egen brandcell där matsal/kök/allrum kan ingå.
- ♦ Dörrar mellan utrymningskorridoren och boenderum kan utföras utan krav på dörrstängare.
- ♦ Utrymningskorridoren förses med brandgastätt parti i E 15-C, till vilket maximalt sex (eller åtta) boenderum får ansluta.

Metodiken för analytisk dimensionering redovisad i Boverkets handbok justeras enligt nedan.

- ♦ Erfordrat brandscenario 3 utgår givet att byggnaden har ett automatiskt brandlarm med tillhörande utrymningslarm.
- ♦ Om den maximala effektutvecklingen är $\leq 5,0$ MW när sprinklersystemet aktiverar ska systemet tillåtas släcka branden enligt nedan:
 - Efter sprinkleraktivering hålls effektutvecklingen konstant under 1 minut.
 - Därefter minskar effektutvecklingen till 1/3 av effekten vid tidpunkten för aktivering. Denna minskning sker under den påföljande minuten.
 - Effektutvecklingen hålls sedan konstant på denna nivå för att ta hänsyn till att sprinkleranläggningen inte alltid släcker branden helt.
- ♦ Om brandens dimensionerande effektutveckling har blivit större än 5,0 MW när sprinklersystemet aktiverar ska effektutvecklingen förbli konstant efter sprinkleraktivering.
- ♦ Förbränningsvärme (MJ/kg) flyttas till tabell för värden på brandgasproduktion och justeras enligt följande:

○ Kontor, skolor, hotell och vårdlokaler	24 MJ/kg
○ Samlingslokaler och bostäder	30 MJ/kg
○ Påverkan av automatiskt släcksystem	40 MJ/kg