



# Brandskyddstekniska alternativ till stegutrymning

Michael Strömgren



## Förord

Rapporten är en del av min åtta veckor långa sommarpraktik och handlar om alternativa brandskyddslösningar till stegutrymning. Bakgrunden till rapporten är den kommande BBR-revideringen och att räddningstjänstens roll i byggreglerna ses över. Alternativa brandskyddslösningar har analyserats med avseende på framförallt personsäkerhet och ekonomiska aspekter över byggnadens livscykel.

Stort tack till Staffan Abrahamsson, Anders Johansson och Tomas Rantatalo som alla har handlett mig under arbetets gång. Tack även till övriga avdelningar på Boverket som har varit behjälpliga i sakfrågor.

Karlskrona augusti 2007

Michael Strömgren

# Innehåll

Sammanfattning .....	5
Inledning .....	6
Syfte .....	6
Mål .....	6
Metod .....	6
Avgränsningar .....	6
Begränsningar .....	7
Definitioner .....	7
Dagens system i Sverige .....	8
Vad säger dagens byggregler? .....	8
Synpunkter från diverse aktörer .....	10
Litteratur .....	11
Statistik .....	11
Internationell jämförelse .....	13
Sammanställning .....	13
Danmark .....	14
Norge .....	15
Finland .....	16
England och Wales .....	16
Beskrivning av brandskyddslösningar .....	17
Typobjekt .....	17
Idag tillåtna brandskyddslösningar .....	17
Möjliga framtida brandskyddslösningar .....	18
Konsekvensanalys .....	19
Personsäkerhet .....	19
Kostnadseffektivitet .....	20
Boendemiljö .....	22
Resultat .....	23
Personsäkerhet .....	23
Kostnadseffektivitet .....	24
Boendemiljö .....	25
Diskussion och slutsats .....	26
Val av bästa alternativ .....	26
Ökad verifierbarhet .....	27
Referenser .....	29
Skriftliga källor .....	29
Muntliga källor .....	30
Internet .....	30
Bilaga A – Statistik .....	31
Bilaga B – Personsäkerhet .....	33
Bilaga C – Verifieringsbehov .....	36
A. Tr2 trapphus 10 m .....	36
B. Avskilt trapphus och räddningstjänst .....	37
C. Avskilt trapphus och sprinkler .....	39
D. Tr2 trapphus 15 m .....	40
Bilaga D Kostnader .....	42

# Sammanfattning

Rapporten är en analys av alternativa brandskyddslösningar till stegutrymning från flerbostadshus med tre till åtta våningsplan. Första delen ger en bakgrund till projektet vilket följs av möjliga alternativa brandskyddslösningar baserat på andra länders byggregler. Slutligen analyseras både dagens och möjliga framtida brandskyddslösningar med avseende på personsäkerhet, kostnader och boendemiljö.

Bakgrunden visar att det finns starka incitament för att räddningstjänsten ej bör räknas som en förutsättning för brandskyddet i byggnader. Räddningstjänstens förutsättningar förändras över tid, står utanför byggherrens kontroll och Boverket har inte mandat att reglera räddningstjänsten. Att se räddningstjänsten enbart som extra resurs är dessutom i linje med andra länders byggregler. Internationellt är kraven på säkerhet i bostäder och kontor upp till åtta våningar högre än dagens system i Sverige med Tr2-trapphus eller stegutrymning.

Resultatet av konsekvensanalysen visar att det inte finns några självklara brandskyddstekniska lösningar som alternativ till stegutrymning. Samtliga alternativ innebär högre bygg- och/eller förvaltningskostnader över byggnadens livscykel. Brandskyddslösningen som ger högst säkerhet och gynnsammast boendemiljö, sprinkler, kostar betydligt mer än övriga brandskyddslösningar. Alternativet med Tr2-trapphus innebär lägst (men fortfarande accepterad) säkerhetsnivå och är dyrare än den traditionella lösningen med stegutrymning. Högre säkerhet med sprinkler kan möjligtvis tillåta samtida lättnader på andra delar av brandskyddet med lägre kostnader som följd men detta kräver vidare utredning med hänsyn på säkerhetsnivån. Fördelningen av kostnaderna över bygg- respektive förvaltningskostnad skiljer sig mellan brandskyddslösningarna och därmed också för olika aktörer.

Egenskaper och säkerhetsattribut i dagens preacceptabla lösningar har identifierats genom analys av verifieringsbehov. Analysen visar skillnader i säkerhetsattribut mellan brandskyddslösningarna som är i linje med bakgrunden till rapporten. Egenskaper och säkerhetsattribut är viktiga att identifiera för att öka verifierbarheten.

# Inledning

Revidering av Boverkets byggregler är planerad till 2010-2011. I planeringen av BBR-revideringen har principer och ramar för revideringar fastställts. De juridiska ramarna för revideringen har klargjorts i rättsutredningar och visar att Boverket ej har mandat att reglera organisatoriskt brandskydd (Boverket 2005). Organisatoriskt brandskydd består av räddningstjänst och intern brandskyddsorganisation (t.ex. personal). Byggreglerna tillåter idag utrymning med hjälp av räddningstjänst för kontor och bostäder (BBR 5:3). Förutsättningarna har också förändras med Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) och det är inte självklart vilka krav som kan ställas på räddningstjänsterna. Brandskyddslösningar som alternativ till stegutrymning utreds därför i denna rapport.

## Syfte

Syftet är att jämföra dagens byggregler i avseendet utrymning assisterat av räddningstjänst med stegutrustning mot alternativa lösningar som inte förutsätter räddningstjänst. I rapporten har *byggnadens livscykel* och krav på *ökad verifierbarhet* beaktats särskilt. Detta är två av huvudprinciperna i BBR-revideringen (Boverket 2004a). Personsäkerhet, ekonomiska konsekvenser och förändring av boendemiljön beaktas. Faktorer och konsekvenser beaktas både ur ett samhällsperspektiv och för utsatta grupper.

## Mål

Delmål ett är att ge en bild över dagens situation i Sverige med avseende på stegutrymning och om detta har förändrats sedan 1994. Delmål två är att presentera alternativa lösningar till räddningstjänsten som resurs vid utrymning. Delmål tre är att värdera konsekvenserna av de möjliga lösningarna jämfört med nollalternativet, d.v.s. dagens system.

## Metod

Första delmålet uppnås genom litteraturstudier, synpunkter från diverse aktörer och analys av statistik. Alternativa lösningar, delmål två, undersöks genom internationella jämförelser och litteraturstudier. Slutligen görs en semi-kvantitativ säkerhetsjämförelse med en riskindexmetod. För att värdera ekonomiska konsekvenser görs en nuvärdeskalkyl av livscykelkostnaderna för respektive brandskyddslösning. Konsekvenser för boendemiljön behandlas enbart kvalitativt.

## Avgränsningar

Byggnader som berörs avgränsas till bostadshus 3-8 våningar (max 25 m höga). Kontorshus 2-8 våningar analyseras ej särskilt men rapportens giltighet för kontor tas upp i diskussionen.

## Begränsningar

Då projektet har pågått under semestertid har möjligheterna till intervjuer och kontakt med relevanta organisationer varit begränsade.

## Definitioner

Följande benämningar på trapphuslösningar används i rapporten i enlighet med Boverkets rapport om utrymningsdimensionering (Boverket 2006c) och BBR (BFS 2006:22).

Tr1 – trapphus i egen brandcell ansluten med brandsluss

Tr2 – trapphus i egen brandcell med anslutning via sluss

Avskilt trapphus – trapphus i egen brandcell

Öppen interntrappa – trapphus utan avskiljande väggar som kan leda till utrymningsväg

## Dagens system i Sverige

Stegutrymning som alternativ utrymningsväg är en etablerad lösning i Sverige för bostäder och kontor upp till åtta våningar. I samband med nya byggregler 1994 förtydligades byggherrens ansvar i förhållande till byggnadsnämnden. Detta ledde till mindre inflytande för räddningstjänsterna vid nybyggnation och alltså mindre samordning mellan brandskyddets projekterings- och förvaltningsskede. Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) har dessutom inneburit större möjligheter för kommunerna att anpassa räddningstjänstens resurser efter eget behov. Om räddningstjänsten är en förutsättning för brandskyddet kan detta innebära att antingen kommunens självbestämmanderätt inskränks eller att säkerhetsnivån kan försämrats. Dagens system kan därför ifrågasättas vad gäller beständighet över byggnadens livscykel.

### Vad säger dagens byggregler?

Nedan ges en kortfattad genomgång av BVF Förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. med ändringar införda t.o.m. SFS 2006:138 samt BBR uppdaterad till och med BFS 2006:22. med avseende på utrymning. Kraven på tillgänglighet för funktionshindrade i tas också upp.

Dagens regler	Problematik
I 4 § BVF ställs bland annat krav på att byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt. Kravet medger alltså att personer i byggnaden antingen skall ta sig ut på egen hand eller räddas på ett alternativt sätt. Idag tillåts räddning med hjälp av intern eller extern organisation så som personal eller räddningstjänst	Räddning på annat sätt med hjälp av intern/extern organisation utesluts i rättsutredningen om organisatoriska krav (Boverket 2005). Tillflykt till säker plats eller räddning med hjälp av teknisk installation som exempelvis sprinkler kan däremot fortfarande tillåtas.
I BBR 5:1 framgår att ytterliggare brandskyddsåtgärder kan krävas i de fall där räddningstjänsten inte kan förväntas ingripa inom normal insatstid och deras ingripande är en förutsättning för att byggnaden skall kunna utrymmas på avsett sätt.	I dagsläget är detta ett problem eftersom definitionen för insatstid ej finns med i LSO som ersatte räddningstjänstlagen. Insatstid är därför definierat i BBR vilket innebär att krav indirekt ställs på räddningstjänsterna.
BBR 5:31 anger att tillfredsställande utrymning skall kunna ske vid brand. Detta förtydligas i det allmänna rådet som	Räddningstjänsten som extern organisation utesluts från byggreglerna enligt ovan Organisatoriska brandskydds-

<p>antingen fullständig utrymning av personer eller en förflyttning till säker flyktplats inom byggnaden för de personer som befinner sig inom den del som direkt berörs av branden. I allmänna rådet framgår också att man skall ta hänsyn till de byggnadstekniska och organisatoriska brandskyddsåtgärderna med hänsyn till vald utrymningsstrategi.</p>	<p>åtgärder utesluts som alternativ enligt ovan</p>
<p>BBR 5:312 anger att fönsterutrymning är tillåtet för bostäder – dock inte i särskilda boenden för personer med vårdbehov – eller kontor och jämförliga utrymmen i en byggnad. Hänsyn skall tas till om räddningstjänstens utrustning kan användas vid utrymningen</p>	<p>Här förutsätts enligt 5:1 normal insatstid med tillägget om räddningstjänstens utrustning kan användas. Förutom kravet på att organisatoriska förutsättningar utesluts är detta ett problem idag på andra sätt. Räddningstjänstens insatstid och utrustning förändras över tid i samband med omfördelning av resurser och effektiviseringar. Dessutom kan verksamhetsförändringar innebära att byggnaden ej lever upp till kraven i byggreglerna, t.ex. när ett serviceboende övergår till att bli särskilt boende för personer med vårdbehov.</p> <p>Kontor är också ett problemområde då det idag är otydligt hur brandcellsindelning skall göras. Brandceller kan följaktligen utgöra ett eller två hela våningsplan. Kraven på gångavstånd begränsar visserligen indirekt antalet berörda personer. Det kan dock handla om ett ansenligt antal personer i en brandcell som har ett trapphus och räddningstjänst som utrymning.</p>

<p>BBR 5:313 anger när en enda utrymningsväg kan vara ett alternativ. Här framgår att Trapphus av Tr1 och Tr2 är fullgoda alternativ till att exempelvis ha avskilt trapphus och utrymning med hjälp av räddningstjänst. För kontor upp till 16 våningar ställs krav på Tr1 trapphus. För kontor upp till åtta våningar och bostäder upp till 16 våningar – förutom särskilda boenden för personer med vårdbehov – gäller att Tr2 trapphus kan användas som enda utrymningsväg.</p>	<p>Det är relativt ovanligt att dessa lösningar används idag p.g.a. ökade kostnader (Stockholms läns brandbefälsförening 2006). Värt att notera är att kraven på kontor är högre, Tr1 för våningar 8-16 att jämföra med Tr2 för bostäder.</p>
<p>Enligt 12§ BVF ställs krav på tillgänglighet i bostäder för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga, med vissa undantag för en- eller tvåbostads-hus. Krav på hiss eller motsvarande ställs för byggnader högre än tre plan.</p>	<p>Inga krav ställs på frångänglighet i BBR annat än att tillfredsställande utrymning kan ske. Utrymning av personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga med hjälp av räddningstjänst har visat sig problematiskt (Räddningsverket 2001, Möller &amp; Nygren 2004). Eftersom hissar vanligen ej kan användas vid brand innebär detta att utrymningsalternativ kan vara bristfälliga för vissa grupper.</p>

## Synpunkter från diverse aktörer

Frågan om organisatoriska förutsättningar och särskilt räddningstjänstens roll i byggreglerna har diskuterats med åtskilliga aktörer. Källorna utgörs framförallt av särskilda yttranden och synpunkter från både räddningstjänst och brandkonsulter under Boverkets seminarium om brandskydd (Boverket 2007). Nedan följer synpunkter från respektive aktör.

### Räddningsverket

I arbetet med revideringen av BBR har diskussioner förts med Räddningsverket. Här följer en sammanfattning av Räddningsverkets yttrande med anknytning till räddningstjänsten som förutsättning i BBR. Räddningsverkets ställning är att PBL skall vara oberoende av LSO och att PBL alltså självständigt skall uppnå tillfredsställande säkerhet för liv, hälsa och miljö (Räddningsverket 2007). Framförallt är det LSO som ger möjlighet påverka utformningen av räddningstjänsten med hänsyn till de kommunala förutsättningarna. Räddningstjänst som förutsättning för brandskyddet i byggreglerna påpekas som olämpligt av Räddningsverket då räddningstjänsten är en resurs som har förändrats och som kommer att

förändras över tid. Särskilt utpekade nedläggning/flytt av stationer, förändring i bemanning (heltid till deltid) och differentiering av styrkor.

### **Boverkets seminarium**

Följande synpunkter inhämtades under Boverkets seminarium 070531 och 070601 (Boverket 2007). Brandkonsulter respektive räddningstjänst utgjorde ungefär lika stora delar av besökarna. Därtill deltog, Räddningsverket, Boverket, Svenska Brandskyddsföreningen, Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap och SP. Synpunkterna angående räddningstjänstens roll i BBR var följande:

1. BBR bör vara oberoende av räddningstjänsten.
2. Lokaler där folk ej kan utrymma själva bör ha högre brandskydd oberoende av internt/externt organisatoriskt brandskydd.
3. Räddningstjänstens säkerhet bör framgå tydligare
4. Räddningstjänstens roll bör förtydligas i huruvida den ska vara del av drift- och underhållsplanen?
5. Insatstid och förhållande till krav/lösningar behöver klargöras.
6. Vad händer vid förändringar av räddningstjänsten?

## **Litteratur**

Försök med utrymning av rörelsehindrade genom fönster med hjälp av räddningstjänst har utförts. Resultatet visar att det går men tar lång tid. Bärbar stege kan vara omöjligt och utrymning av rörelsehindrade vara olämpligt även av andra anledningar (Brand, A, Sörqvist, M, 2000). Ingen statistik finns tillgänglig på hur vanligt det är med personskador vid brand för funktionshindrade (Möller & Nygren 2004). Det är dock troligt att riskbildningen för gruppen funktionshindrade, med sannolika/troliga variationer inom gruppen, är större än för gemene man (SRV 2001). Utrymning med hjälp av räddningstjänst för denna grupp kan därför vara bristfällig.

## **Statistik**

**För att få en inblick i dagens situation med avseende på stegutrymning följer en sammanställning av tillgänglig statistik. Räddningsverket samlar in data om räddningsinsatser baserat på räddningstjänstens insatsrapporter från 1996 och framåt. Tyvärr finns ingen statistik kopplat till antal våningsplan och 2005 slog man samman högfordon och stege i insatsrapporten. I**

Tabell 1 framgår att ungefär 30-40 räddningsinsatser görs varje år med livräddning med hjälp av stege eller högfordon. Detta är ett relativt litet statistiskt underlag och man bör vara försiktig med tolkningar av ytterligare analyser som görs utifrån detta. Detta kan dock jämföras med totalt 806 insatser där rökdykning använts som livräddande åtgärd 2005. Av dessa var 566 insatser i bostäder. Totalt genomfördes ungefär 10000-13000 insatser vid brand i byggnad under 1996-2006.

**Tabell 1 Antal räddningsinsatser mellan 1996-2006 där livräddning med hjälp av stega eller högfordon förekommit, se även bilaga A.**

År	Antal insatser
1996	39
1997	41
1998	30
1999	34
2000	32
2001	30
2002	42
2003	31
2004	16
2005	44
2006	34

Vidare analys av statistiken visar av de fall där livräddning med hjälp av stega eller högfordon har förekommit så räddas i genomsnitt 2-3 personer per år med hjälp av högfordon och 1,5-2 personer med hjälp av stega. Bakgrunden till detta är räddningsverkets statistik 1996-2006, se bilaga A.

Statistik för hur ofta brand har spridit sig till annan brandcell ger en indikation på hur ofta personer i lägenheter angränsande till brandrummet hotas. I flerbostadshus med mer än två våningar bor det 2370000 personer jämfört med 4580000 i övriga hus i Sverige. Detta gäller personer mellan 16-84 år (SCB 2004). För flerbostadshus 3-8 våningar gjordes 102 insatser där brand hade spridit sig till annan brandcell vid räddningstjänstens ankomst. Motsvarande siffra för övriga hus var 760 insatser. För övriga hus är det fyra gånger vanligare per boende med spridning till annan brandcell än för flerbostadshus. Detta indikerar att brandcellsgränser fungerar väl i flerbostadshus. För flerbostadshus skadas däremot fler när branden sprider sig till flera brandceller. Det är dubbelt så vanligt med lindriga eller allvarliga skador i flerbostadshus 3-8 våningar per boende. Däremot är det hälften så vanligt med omkomna i samma typ av bränder. Om personer i eller utanför brandcellen skadas eller förolyckas framgår inte av statistiken. Ursprunglig data från SRV finns i Bilaga A.

Stockholms läns brandbefälsförening har varit involverade i ett projekt angående projekteringsunderlag i de fall där räddningstjänsten förutsätts för tillfredsställande utrymning. Där har en grundligare analys gjorts vilken återfinns i Bilaga A. Statistiken indikerar att brand i flera rum eller flera brandceller är dubbelt så vanligt när livräddning med högfordon sker som när livräddning med rökdykning sker. Detta stämmer även till viss del med den totala statistiken. Dock är underlaget endast 96 insatser med högfordon och *Annat* utgör 109 insatser. Posten *Annat* kan vara andra typer av stegutrymning men det är osäkert vad mer den innehåller. Resultaten bör därför tolkas med försiktighet. Att livräddning med hjälp av högfordon sker vid större bränder förefaller dock rimligt. Detta säger dock inte särskilt mycket om säkerhetsnivån i byggnader där räddningstjänsten är en förutsättning för utrymningen (Stockholms läns brandbefälsförening 2006).

# Internationell jämförelse

För att undersöka alternativa sätt för att uppnå tillfredsställande utrymnings säkerhet har en studie gjorts avseende andra länders byggregler. Urvalet av länder har framförallt gjorts med hänsyn till byggreglernas struktur (funktionsbaserade) och likheter ländernas förutsättningar. Resultatet sammanfattas kortfattat nedan för att sedan följas av en mer ingående förklaring till respektive lands byggregler.

## Sammanställning

Nedan presenteras accepterade lösningar för bostäder respektive kontor som är mindre än 22 meter höga, den höjd som normalt kan nås av räddningstjänstens eventuella stegbilar. Detta motsvarar cirka åtta våningar. Accepterade lösningar presenteras med motsvarigheten i svenska termer, t.ex. så motsvarar norskt Tr3 trapphus ett svenskt Tr1 trapphus. Generellt är kraven i andra länder högre då Tr1 oftast krävs till skillnad från Tr2-trapphus i Sverige.

### Sverige

#### *Bostäder*

- 2 oberoende avskilda trapphus
- 1 avskilt trapphus samt stegutrymning med räddningstjänst
- 1 Tr2 trapphus (upp till 16 vån, gångavstånd max 10m)

#### *Kontor*

- 2 oberoende avskilda trapphus
- 1 avskilt trapphus samt stegutrymning med räddningstjänst
- 1 Tr2 trapphus (upp till 8 vån, AR: gångavstånd max 10m)

### Danmark

#### *Bostäder*

- 2 avskilda trapphus
- 1 avskilt trapphus samt stegutrymning med räddningstjänst med begränsning i antal bostäder/våning, antal personer/brandcell och brandcellsarea
- 1 säkerhetstrappa (motsvarar Tr1)

#### *Kontor*

- 2 avskilda trapphus
- 1 avskilt trapphus, stegutrymning med räddningstjänst, med begränsning av antal personer/brandcell och brandcellarea
- 1 Tr1/Tr2 trapphus

## Norge

Utrymning är tillfredsställande om brandcellen leder direkt till säker plats eller till korridor/sluss som leder till två oberoende utrymningsvägar/säker plats.

### Bostäder

- 2 oberoende avskilda trapphus
- 1 avskilt trapphus, automatisk vattensprinkleranläggning samt möjlighet till stegutrymning med räddningstjänst<sup>1</sup> (max 15 m gångavstånd)
- 1 Tr1 trapphus samt möjlighet till stegutrymning med räddningstjänst<sup>1</sup> (max 15 m gångavstånd)

### Kontor

- 2 oberoende avskilda trapphus

## Finland

Generellt två oberoende utrymningsvägar där stegutrymning kan vara den ena. Inga särskilda typer av trapphus tillåter endast en utrymningsväg.

### Bostäder

- 2 avskilda trapphus
- 1 avskilt trapphus samt utrymning med hjälp av räddningstjänst (krävs förhandling)
- 1 avskilt trapphus samt reservutgång (t.ex. stege) där utrymning kan ske på egen hand

### Kontor och Lager/Produktion upp till 300 m<sup>2</sup>

Samma som för bostäder.

## England och Wales

Funktionskravet skiljer sig här från nordiska byggregler genom att utrymning skall kunna ske utan extern hjälp. Räddningstjänsten ses alltså som en extra säkerhet. I byggreglerna finns också särskilda regler för funktionshinder säkerhet, t.ex. tillgång till säker plats (Department of Communities and Local Government 2007b).

### Bostäder (med mer än en våning över 4.5 m över marknivå)

- 2 öppna intertrapphus som är fysiskt avskilda från varandra
- 1 avskilt trapphus samt 1 alternativ utrymning (t.ex. utrymning via annat våningsplan eller sektionering i trapphuset)
- 1 avskilt trapphus samt automatisk vattensprinkleranläggning

## Danmark

Byggreglerna i Danmark är uppdelade i två delar beroende på objektstyp och ansvarig myndighet är Erhvervs- og Byggestyrelsen, EBST. Bygg-

<sup>1</sup> Tidigare krävdes godkännande av räddningstjänsten men denna "aksept" gavs sällan av räddningstjänsterna (Stenstad, 2007).

reglementena är uppdelade för småhus respektive flerbostadshus och byggnader för affärsverksamhet. För projektet i fråga är alltså endast byggreglementena för flerbostadshus intressant, Byggningsreglement 1995 för erhvervs- og etagebyggeri (EBST 2007).

Regelsystemet i Danmark är likt det svenska i sin uppbyggnad men skillnader finns. Grundkravet är att rum där personer kan befinna sig skall ha s.k. räddningst öppning eller på annat sätt motsvarande utrymnings-säkerhet. Detta förutsätter också att rummet är egen brandcell. Motsvarande utrymningssäkerhet kan vara två oberoende utrymningsvägar. I reglerna definieras räddningsöppning - redningsåbning - som ett fönster eller balkong som ska fylla tre syften; (1) möjliggöra utrymning med hjälp av räddningstjänstens stegar, (2) ge personer möjlighet att tillkännage sin närvaro till räddningstjänsten, (3) rökgasventilering. Särskilda krav för räddningsöppningens utformning och tillgängligheten för räddningstjänsten specificeras också (EBST 2007).

En skillnad mot det svenska systemet är hur räddningstjänsten organiseras. I Danmark finns sedan lång tid både statlig och företagsdriven räddningstjänst. För att reglera säkerhetsnivån och begränsa rationaliseringar är utformningen av räddningstjänstens förhållandevis uppstyrt. Räddningstjänsten i Danmark är därför mer uniform än i Sverige där den kommunala självbestämmanderätten över räddningstjänsten är stor.

Som förtydligande av byggreglementena ges Eksempelsamling om brandsikring af byggeri (EBST 2006) ut. Här finns exempel på hur man kan uppfylla reglementen. I exempelnsamlingen beskrivs i en tabell hur utrymningsvägar kan dimensioneras. Dimensionerande förutsättningar är personantal, area och särskilda risker. Det sistnämnda behandlas inte i detta projekt. I brandceller med färre än 50 personer och en area mindre än 150 m<sup>2</sup> räcker det med en ordinarie utrymningsväg samt räddningsöppning. I bostäder anses brandcellsindelningen tillräcklig för att förhindra brand- och brandgasspridning mellan lägenheterna och därmed anses utrymning med hjälp av räddningstjänst tillfredsställande säkert, dock begränsas antalet lägenheter per våning till fyra. Säkerheten i detta avseendet är alltså något högre än i Sverige då de tillfällen räddningstjänsten kan användas dessutom begränsas med avseende på antal brandceller, antal personer och/eller golvarea.

## Norge

I Norge har man haft ungefär samma problem med säkerställande av utrymningssäkerhet som vi i Sverige har idag. Man ändrade därför byggreglerna 2003 och införde kravet att räddningstjänsten måste ge godkännande för att utrymning med hjälp av räddningstjänsten skulle kunna tillgodoräknas. Eftersom detta är ett åtagande som innebär ansvar för kommunerna och därigenom ekonomisk bindning har få räddningstjänster i Norge gett något godkännande. Detta ledde till att man måste bygga trapphus som är minst lika säkra som Norges motsvarighet till svenska Tr1 trapphus. Detta skapade i sin tur en uppsjö av olika varianter som sades uppnå samma säkerhet som Tr1 (SINTEF 2006).

Räddningstjänsternas utrustning och bemanning har efter kommunernas jakt på besparingar vid flera tillfällen blivit kommunala beslutsfrågor. I en

kommun blev det billigare att minska utryckningsstyrkan från fem till fyra man genom att göra sig av med stegbil och stegbilschaufför. Istället bekostade man alternativ utrymning från det fåtalet byggnader som tidigare varit beroende av räddningstjänsten för säker utrymning. Samtidigt skaffade man bättre stegar som når upp till tre våningar. Det finns också exempel på andra kommuner i Norge som har försökt detta men som inte klarat av kostnaderna (Brannmannen 2005).

Eftersom kommunerna och räddningstjänsten sällan har godkänt fönsterutrymning med hjälp av räddningstjänst under byggnadens livstid har en regeländring skett. Godkännande av räddningstjänsten krävs ej längre. Nu räcker det med ett Tr1 trapphus samt att fönster eller balkong från varje lägenhet görs tillgängligt för räddningstjänsten. Man har också förtydligat kraven på Tr1 trapphus för att säkerställa att rök- och brandgas ej sprids till trapphuset. Även automatisk vattensprinkleranlägg i kombination med avskilt trapphus anses vara en acceptabel lösning. Dock krävs i alla fall med endast ett trapphus minst ett fönster eller balkong som är åtkomlig för räddningstjänstens stegutrustning. Bakgrunden till detta finns i SINTEFs rapport (SINTEF 2006). Värt att notera är att maximalt gångavstånd till utrymningsväg för våningsplan med bara en tillgänglig trappa är 15 meter till skillnad från Sveriges 10 meter.

## Finland

Finlands byggbestämmelsehandling innehåller dels föreskrifter och anvisningar. Systemet motsvarar i princip BBR. Här finns också en svensk översättning vilken har analyserats (Miljöförvaltningen Finland 2002).

Generellt är kravet att två oberoende utrymningsvägar skall finnas. Hiss eller liknande räknas ej som acceptabel utrymningsväg. Utgångar skall utformas så att det är möjligt att med bår transportera rörelsehindrade personer. En ordinarie utrymningsväg, som avskilt trapphus, tillåts från byggnader med högst åtta våningar men då ska samtidigt reservutgång finnas. Reservutgången förutsätter att man på egen hand eller med hjälp av räddningstjänst kan utrymma. Detta gäller endast för bostäder samt för kontor eller produktions/lagerutrymmen vilka har en lägenhetsyta på mindre än 300 m<sup>2</sup>. Om reservutgång utnyttjas skall förhandlingar ske med den lokala räddningstjänsten (Miljöförvaltningen Finland 2002).

## England och Wales

Byggreglerna i England och Wales är uppdelade i två volymer: en för bostäder och en övriga byggnader (Department of Communities and Local Government 2007a och 2007b). En stor skillnad jämfört med svenska byggregler är att utrymning alltid skall kunna ske utan extern hjälp. Grundkravet är två oberoende utrymningsvägar eller en utrymningsväg om automatisk vattensprinkleranläggning används.

# Beskrivning av brandskyddslösningar

Utgångspunkten för möjliga alternativ är dagens byggregler och studien av byggregler i andra länder. Beskrivningen av olika möjliga tekniska följs av en beskrivning av det objekt som anses representativt. Detta följs i nästa kapitel av en konsekvensanalys av respektive alternativ med avseende på säkerhetsmässiga, ekonomiska och andra aspekter. Som typobjekt väljs punkthus med bostäder. Detta kan också principiellt motsvara lamellhus eller skivhus som har flera trapphus men som ej är förbundna med varandra över våningarna (alltså flera sammanbyggda punkthus). Detta utesluter exempelvis alternativ med två oberoende trapphus. Kontor byggs oftast med mer än ett trapphus av praktiska skäl. Kontor skiljer sig också med avseende på brandcellsindelning och att personer i byggnaden är vakna. Kontor behandlas därför ej i analyserna (Rantatalo 2007).

## Typobjekt

Hustypen som analysen grundar sig på kallas för punkthus och byggs vanligtvis med en trappa och stegutrymning. Punkthus definieras enligt SCB som en fristående byggnad med en samlad byggnadsyta, minst tre våningars höjd och en gemensam centralt belägen trappa. Lägenheter av denna hustyp utgör ungefär 30-40 % av totala antalet nybyggda lägenheter i flerbostadshus under 1995-2005. Under 80-talet var hustypen ovanligare, ungefär 20 % av lägenheterna ingick i punkthus då men trenden är en ökad mängd lägenheter i nybyggda punkthus. Statistiken är hämtad från SCB:s register över nybyggnation med beslut om statligt stöd (SCB 2007). Kontor med enbart ett trapphus anses ovanligare och analyseras ej i detalj. Flerbostadshus av hustypen punkthus med 3-8 våningar är alltså vanligast. För att representera variation i kostnad och säkerhet väljs antalet våningsplan till fem och antalet lägenheter per våningsplan till fyra (Lars Estlander 2007). En diskussion om känsligheten i dessa antaganden förs i sista kapitlet.

### Specifikationer, generellt

- Flerbostadshus
- Hustyp punkthus
- Fem våningsplan
- Fyra lägenheter per våningsplan
- 67,4 m<sup>2</sup>/lägenhet (genomsnitt 2005 enligt SCB 2007)
- Totalt 270 m<sup>2</sup> bostadsarea/våningsplan
- Totalt 1350 m<sup>2</sup> bostadsarea i huset

## Idag tillåtna brandskyddslösningar

För att förenkla beskrivningen av brandskyddslösningarna jämförs samtliga med ett punkthus med ett avskilt trapphus och ingen räddnings-

tjänståtkomst. Gångavståndet från lägenhetsdörr till utrymningsväg är maximalt 10 m.

#### **A. Tr2 trapphus 10 m**

Maximalt 10 m gångavstånd från lägenhetsdörr till utrymningsväg. Trapphuset är utfört i egen EI 60 brandcell med 90cm breda EI 30 dörrar på varje våningsplan. Detta medför något större yta för trapphus för dörren och avsats innanför dörren.

#### **B. Avskilt trapphus och räddningstjänst**

Avskilt trapphus. Räddningsväg krävs fram till huset och innebär krav på uppställningsplats på de sidor av huset som normalt ej har väg. Inifrån måste öppningsbara fönster finnas, vilket är standard och därmed lika för samtliga alternativ.

## Möjliga framtida brandskyddslösningar

Urvalet av möjliga framtida brandskyddslösningar är baserat på den internationella jämförelsen.

#### **C. Avskilt trapphus och sprinkler**

Avskilt trapphus och bostadssprinkler i lägenheterna.

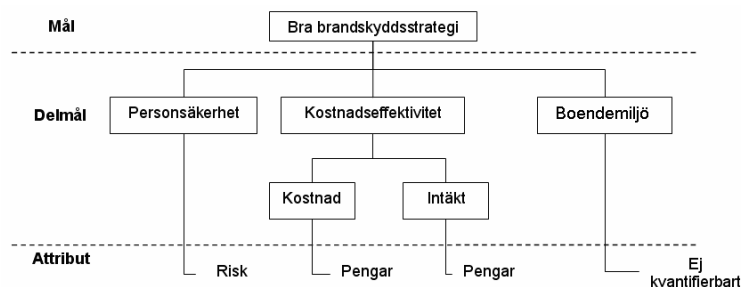
#### **D. Tr2 trapphus 15 m**

Ökat gångavstånd från 10 m till 15 m från brandcell till Tr2 trapphus. I Norge tillåts 15 m gångavstånd till Tr1 trapphus. Trapphuset är utfört i egen EI 60 brandcell med 90cm breda EI 30 dörrar på varje våningsplan. Med denna brandskyddslösning blir projekteringsfriheten större och punkthus med större bostadsarea och/eller fler lägenheter.

# Konsekvensanalys

För att värdera möjliga alternativ till dagens situation måste konsekvenser för respektive lösning utredas. Konsekvenserna för respektive lösning (se Figur 1) kan vara sådana som rör:

1. Personsäkerhet
2. Kostnadseffektivitet
3. Boendemiljö



Figur 1 Schematisk skiss över mål och delmål med brandskydd, omarbetad utifrån Lundin & Olsson (2000).

## Personsäkerhet

Utgångspunkten för att bedöma personsäkerhet är att bedöma risknivån för respektive brandskyddslösning samt att fastställa samhällets minimikrav. Riskanalysen utförs med en semi-kvantitativ indexmetod som är enkel och som ger en grov relativ jämförelse av brandsäkerheten för respektive brandskyddslösning. I jämförelsen antas den preskriptiva brandskyddslösning som håller lägst risknivå uppfylla samhällets minimikrav. Eftersom indexmetoden är en grov riskanalysmetod analyseras brandskyddslösningarna för att avgöra hur stora osäkerheterna är och vilket verifieringsbehov som finns.

### Samhällets minimikrav på personsäkerhet

Utgångspunkten för analys av personsäkerheten är att de förenklade byggreglerna uppnår samhällets minimikrav på säkerhet. Om man med jämförelse kan visa att säkerheten för en brandskyddslösning är minst lika bra som med förenklad dimensionering har acceptabel säkerhetsnivå uppnåtts. Utrymning från bostäder med tre till åtta våningar kan lösas på tre möjliga sätt. Generellt anses två oberoende utrymningsvägar som det mest robusta alternativet så detta antas hålla högst säkerhetsnivå och utesluts därmed. Av de andra två brandskyddslösningarna, A. Tr2-trapphus och B. Avskilt trapphus och räddningstjänst, är det inte självklart vilken som ligger närmast samhällets minimikrav på personsäkerhet.

Bägge lösningarna är åtminstone accepterade sedan 1975 (SBN 1975) och sedan dess har dessutom säkerheten förbättrats med exempelvis krav på brandvarnare i bostäder. För att rangordna alternativen görs en kvalitativ

bedömning med stöd av en indexmetod. Indexmetoden är utvecklad vid Lunds tekniska högskola för att bedöma säkerhetsnivån i flerbostadshus (Karlsson 2002). Eftersom indexmetoden är utvecklad för att systematiskt ge en helhetsbild av säkerhetsnivån kan tidigare nämnda brandskyddslösningar C och D inkluderas i analysen. Detta ger en grov värdering av säkerhetsnivån och ger en relativ jämförelse mellan alla fyra brandskyddslösningar.

#### Värdering av säkerhetsnivån

I den relativa jämförelsen av brandskyddslösningar undersöks endast de parametrar som skiljer sig åt. Kortfattat utgår indexmetoden från att brandsäkerhet i en byggnad kan struktureras i flera nivåer med policy, mål, strategier och parametrar, se Bilaga B. I sin tur är parametrarna uppdelade i underparametrar vilka organiseras i beslutstabeller utifrån vilka ett mätbart betyg kan erhållas. Parametrarna viktas med hänsyn till bidraget till brandsäkerheten. Grunden till viktningen är baserad på sk Delphi-metod där experter på brandsäkerhet från flera nordiska länder deltog.

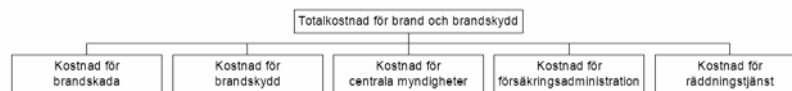
Slutprodukten är en lista med parametrar där varje enskild komponent av brandskyddet värderas och ges betyg. Detta är en enkel metod för att uppskatta säkerheten i flerbostadshus och kan användas för att grovt rangordna olika brandskyddslösningar. Målen i metoden är både personsäkerhet och egendomsskydd. Eftersom endast personsäkerhet är aktuellt sätts målet "Rädda egendom" till noll. Detta är tidigare beprövat i en utvärdering av metoden (Hultqvist & Karlsson 2000). Arbetsgången i detalj framgår i Bilaga B.

#### Verifieringsbehov

För att bedöma behovet och omfattningen av verifiering används *Brandskyddshandbokens* (LTH 2005) metod för att jämföra förändringar av brandskyddet med de accepterade lösningarna enligt förenklad dimensionering. Detta görs med hjälp av matriser som arbetsverktyg där man systematiskt går igenom förändringar av brandskyddet och vilken effekt detta leder till med avseende på egenskapskraven i §4 BVF. Genomgång av de särskilda attribut som framgår i den mer omfattande modellen i *Safety in case of fire* (Lundin 2005). Som tillägg beaktas särskilt även utrymningssäkerhet för funktionshindrade och äldre. Verktygen för att bedöma verifieringsbehov är inte tillräckligt för att avgöra säkerhetsnivån. Däremot kan säkerhetsattribut som kan vara viktiga för funktionskraven identifieras. Samtidigt identifieras behovet av ytterliggare verifiering. Underlaget för bedömning av verifieringsbehov finns i Bilaga C.

## Kostnadseffektivitet

Kostnadseffektivt brandskydd har utforskats på Brandteknik, LTH. Rapporten *Kostnadseffektiv utformning av brandskydd* (Lundin & Olsson, 2000) utgör grunden för den ekonomiska analysen i denna rapport. Den totala kostnaden för brand och brandskydd ur ett nationellt perspektiv delas upp i fem delar enligt Figur 2.



**Figur 2 Totalkostnad för brand och brandskydd med underkomponenter (Lundin & Olsson 2000).**

Perspektivet och därmed det ekonomiskt mest optimala beslutet skiljer sig uppenbarligen på vilken aktör man är. Det som är ekonomiskt fördelaktigt för byggherren är inte nödvändigtvis en bra ekonomisk lösning för entreprenören. Principen för samhällsekonomisk bedömning är att det optimala beslutet leder till maximal vinst för samhället. Fördelningarna av kostnaderna bortses därför från så länge det finns potential till kostnadsfördelning genom andra medel. I praktiken innebär detta att man exempelvis kan fördela kostnader med skatteåtgärder. Fördelningen av kostnaderna på olika aktörer redovisas dock i enlighet med Boverkets principer för samhällsekonomisk bedömning (Boverket 2004b).

### Teori brandskyddskostnad

#### *Kostnad för brandskada och försäkringsadministration*

Kostnaden för brandskada och försäkringskostnad kan slås ihop genom förenkling. Antagandet bygger på att det brandskada hanteras helt försäkringsmässigt och att premien är konstant för samtliga brandskyddsåtgärder (Lundin & Olsson 2000). I praktiken innebär detta att kostnaderna för den enskilde inte påverkas av brandskyddsalternativen men man bortser från eventuell minskad brandskadekostnad ur det totala samhällsekonomiska perspektivet. Detta kan motiveras med att kostnaden för brandskador för bostadsbränder är små men innebär osäkerheter i den samhällsekonomiska analysen. Personskador och liknande kostnader tas ej hänsyn till i den ekonomiska analysen utan behandlas under personsäkerhet.

#### *Kostnad för brandskydd*

Kostnaden för brandskydd består både av byggkostnaden och den framtida förvaltningskostnaden. Fördelningen av dessa kostnader skiljer sig men i det här fallet antas byggherren vara densamma som förvaltaren. I huvudsak blir då kostnaden uppdelad på två aktörer, byggherren och entreprenören. Lundin och Olsson (2000) pekar på att 40-80 % av totala brandskyddskostnaden utgörs av byggkostnaden. För att få en helhetsbild bör därför en analys över hela byggnadsverkets livscykel göras. Man bör då också beakta hur kostnaden fördelar sig; byggherren påverkas av den totala brandskyddskostnaden medan entreprenören endast påverkas av byggkostnaden. Detta är dock en förenkling.

#### *Kostnad för centrala myndigheter*

Detta är en relativt liten del av den totala kostnaden för brand och brandskydd och kan dessutom antas vara lika för samtliga alternativ. Denna bortses därför ifrån.

### *Kostnad för räddningstjänst*

Kostnaden för räddningstjänst kan skilja sig framförallt mellan brandskyddslösning A och övriga. Eftersom det befintliga byggnadsbeståndet kräver räddningsinsats blir möjligheterna för de flesta kommuner inte så stora direkt. För vissa, mindre kommuner, kan det vara möjligt att minska bemanning och/eller avskaffa stegbil eller liknande. Detta kan vara lönsamt även om brandskyddet i de byggnader som idag kräver stegutrymning behöver kompletterande brandskyddsåtgärder. Detta har exempelvis skett i Norge. Även i Sverige finns exempel på kommuner som gjort sig av med stegbil (Länstidningen i Östersund 2006). Eftersom uppskattning av räddningstjänstens kostnader innehåller stora osäkerheter behandlas detta endast kvalitativt.

### **Ekonomisk kalkylmetod**

För att ta hänsyn till brandskyddskostnaden över hela byggnadens livscykel görs en livscykelkostnadsanalys (LCC-analys). För att ta hänsyn till när kostnaderna inträffar används nuvärdesmetoden. Utgångspunkten för nuvärdesmetoden är att man har avkastningskrav på kapital. Kostnader över tid diskonteras därför med kalkylräntan så att de blir jämförbara (Lundin & Olsson 2000). Real kalkylränta för samhällsekonomiska beräkningar väljs till 4 % efter Boverkets rekommendationer (Boverket 2004b).

$$LCC = A_{inv} + \sum_{i=0}^n \frac{DU_i}{(1+r)^i} + \frac{A_r}{(1+r)^{n_1}} + \frac{A_v}{(1+r)^{n_2}}$$

$A_{inv}$  = anskaffningskostnad (byggkostnad)

$DU_i$  = drift och underhållskostnad år  $i$

$A_r$  = reinvesteringskostnad

$A_v$  = avvecklingskostnad

$n_1$  = komponentens livslängd

$n_2$  = byggnadens livslängd

$r$  = real kalkylränta

$i$  = index för vilket år kostnaden uppkommer

Livscykelkostnad för brandskyddet är föremål för stora osäkerheter eftersom det rör sig om kostnader fördelade över lång tid, skillnader i pris för olika delar av landet och beroende på ortstorlek m.m. För att ta hänsyn till osäkerheterna görs en Monte Carlo simulering där indata representeras av sannolikhetsfördelningar.

## **Boendemiljö**

Beslutsvärdering avgränsas ej enbart av till säkerhet och ekonomiska konsekvenser. Det finns även arkitektoniska egenskaper och kvalitéer i boendemiljön, som kan vara svåra att värdera i monetära termer. Ingen fördjupning görs med avseende på detta men ett enkelt kvalitativt resonemang förs för respektive alternativ.

## Resultat

Resultatet av konsekvensutredningarna framgår i Tabell 2 nedan.

**Tabell 2 Sammanställning av resultatet ur konsekvensutredningen.**

	Person-säkerhet	Kostnads-effektivitet (tkr)	Boendemiljö
A Tr2	Ok	118'-187'	*
B Avskilt + RTJ	Ok	35'-44'	**
C Avskilt + sprinkler	Ok+	373'-496'	***
D Tr2 +15m	?	-	**

## Personsäkerhet

Indexmodellen visar det viktade delbetyget i Tabell 3 för respektive brandskyddslösning. Det är viktigt att notera att endast en liten del av det totala antalet parametrar har beaktats då övriga har antagits vara lika för alla alternativ. Redovisade delbetyg kan därför bara jämföras i absoluta tal men inte i storleksförhållande. Resultatet från indexmetoden visar att A kan anses något mindre säkert än B, se Tabell 3. Skillnaderna är dock små men med utgångspunkt ur resultatet bör alltså A vara nivån för samhällets minsta acceptansnivå.

I jämförelse med möjliga alternativa brandskyddslösningar får alternativ C, avskilt trapphus och sprinkler, högst betyg. Alternativ D som innebär längre gångavstånd till utrymningsväg får, självklart, ett lägre betyg än alternativ A. Man bör dock påpeka att alternativ A ligger över samhällets minsta acceptansnivå. Alternativ D kan endast vara en acceptabel lösning om man kan visa att denna säkerhetsnivå minst motsvarar samhällets krav. Underlaget för bedömningen och indata finns redovisat i Bilaga B.

**Tabell 3 Sammanställning av betyg för respektive brandskyddslösning.**

Dagens brandskyddslösningar	Viktat delbetyg	Rangordning
A. Tr2 trapphus 10 m (samhällets miniminivå)	0,37	3
B. Avskilt trapphus och räddningstjänst	0,42	2
<b>Möjliga framtida brandskyddslösningar</b>		
C. Avskilt trapphus och sprinkler	0,57	1
D. Tr2 trapphus 15 m	0,35	4

För att ge mer nyans genomfördes en analys av verifieringsbehovet för att både kvalitativt avgöra hur brandskyddet påverkas samt avgöra vilket ytterliggare verifieringsbehov som finns. Analysen visar att det är olika delar av brandskyddet som påverkas i de olika brandskyddslösningar men effekten blir lika bra eller bättre än för nollalternativet A. Detta gäller inte alternativ D som innebär något försämrad säkerhet. Stora skillnader märks i attributanalysen. För alternativ B med räddningstjänsten märks flera av de faktorer som påpekats i bakgrunden till rapporten. Detta är exempelvis beroende av mänskligt agerande, känslighet över byggnadens livscykel, osäkerhet rörande tillförlitligheten. Här uppmärksammas också den flexibilitet som räddningstjänsten har vilket är positivt.

För alternativ C med sprinkler förbättras säkerheten på flera sätt indirekt eftersom brandtillväxten förhindras eller kontrolleras tidigt i brandförloppet. Detta medför positiva följd effekter på flera delar av brandskyddet och indikerar säkerhetsnivån är hög. Särskilt blir säkerheten för äldre och rörelsehindrade bättre. I attributanalysen framkommer dock att brandskyddet blir komplexare med tekniska system och också mer sårbart. Känsligheten förbättras eftersom brandsäkerheten i byggnader med sprinklersystem är mindre känsligt för verksamhetsförändringar. Alternativ D blir framförallt känsligare för att utrymmande personer går åt rätt håll då maximala gångavståndet ökar från 20 m till 30 m. Eftersom boende har lokalkännedom är detta möjligtvis ett mindre problem. Underlag för analysen av verifieringsbehov finns i Bilaga C.

## Kostnadseffektivitet

Livscykelkostnadsanalys med avseende på bygg- och förvaltningskostnader har genomförts. Endast kostnader som skiljer mellan alternativet har kvantifierats. Resultatet bygger på Monte Carlo simuleringar där indata har varierats med sannolikhetsfördelningar. Man bör observera att kommunens kostnader för räddningstjänst. Brandskadekostnad har inte heller beaktats utan anses vara helt försäkringsreglerat.

**Tabell 4 Sammanställning av livscykelkostnader (LCC) för respektive brandskyddslösning.**

Dagens brandskyddslösningar	LCC	Rangordning	$A_{inv}/LCC$
A. Tr2 trapphus 10 m	118'-187'	2	~40%
B. Avskilt trapphus och räddningstjänst	35'-44'	1	100%
<b>Möjliga framtida brandskyddslösningar</b>			
C. Avskilt trapphus och sprinkler	373'-496'	3	~80%
D. Tr2 trapphus 15 m	-	-	-

Eftersom alternativ D innebär ett större punkthus med andra förutsättningar är detta alternativ inte jämförbart. Man bör också titta på hur kostnaderna fördelar sig över olika aktörer. I sista kolumnen i Tabell 4 framgår kostnadsfördelningen mellan byggkostnad och total livscykelkostnaden. Övriga kostnader är förvaltningskostnader under byggnadens livscykel. Ur tabellen framgår att byggkostnaden blir väsentligt högre för C, sprinkler medan för A, Tr2, är kostnaderna fördelade mer över tid. Investeringskostnaden för sprinkler ligger i storleksordningen 1-2 % av den totala byggkostnaden medan övriga ligger ungefär en tiopotens lägre. Detta baseras på en totalkostnad på ca 20000 kr/m<sup>2</sup> (SCB 2007).

## Boendemiljö

Arkitektoniskt skiljer sig lösningarna relativt mycket från varandra. Den största skillnaden är hur trapphusen är utformade. Brandskyddslösningarna med Tr2-trapphus skapar en tråkigare boendemiljö, särskilt för boende på de lägre våningsplanen som oftare använder trappan. I samtliga hus över två våningar finns dock hiss vilket ger trappan en sekundär roll, framförallt i byggnader högre än fyra våningar då trappan oftast minimeras.

## Diskussion och slutsats

Av bakgrunden till rapporten framgår det att räddningstjänstens roll vid utrymning bör ses över. Det finns emellertid inga självklara byggnadstekniska alternativ om man enbart ser räddningstjänsten som en extra säkerhet. Nedan följer en diskussion om de brandskyddstekniska alternativen.

### Val av bästa alternativ

Utgångspunkten för alternativa brandskyddsalternativ är att de skall uppnå samhällets minimikrav på brandsäkerhet. Samtliga alternativ uppnår detta men för D, Tr2 trapphus med 15 meters gångavstånd, är det osäkert. Osäkerheten beror på att samhällets minimikrav på brandsäkerhet ej är explicit definierat och brandskyddslösning D kan därför behöva utredas ytterligare.

I den samhällsekonomiska kostnadskalkylen jämförs brandskyddslösningarna A, B och C. Resultatet visar att C, sprinkleralternativet, blir avsevärt mycket kostsammare än övriga. Säkerheten förbättras dock på flera områden och ger även andra värdefulla attribut enligt analysen av verifieringsbehov. Detta indikerar att tekniska byten kan vara möjliga för att ge en lägre kostnad men fortfarande en acceptabel säkerhetsnivå. Möjliga tekniska byten har diskuterats bland annat i *Deaths in residential sprinklers* (Nystedt 2003). De som kanske är mest intressanta ur ett ekonomiskt perspektiv kan vara förlängt gångavstånd, reducerat brandmotstånd från R90-R60 i väggar samt lägre krav på brand- eller brandgas-spridning i ventilationssystemet. Reduktion av brandceller och bärverk föreslås i samband med sprinklerinstallation föreslås också i utredningen om byggnadsklassificering (Brandkonsulten AB och Bengt Dahlgren AB 2007).

Besparingar genom reduktion av brandmotstånd från R90 till R60 i väggar för typobjektet med stålstomme blir i storleksordningen 80-90 tkr baserat på en minskning av brandisoleringen med en gipsskiva a 100 kr/m<sup>2</sup> på omslutningsarean. Minskat krav på ventilationssystemets brandskydd kan ligga på storleksordningen 100-150 tkr baserat på ca 10000 kr/brandspjäll med reduktion av ett brandspjäll i varje av de 16 lägenheterna. Storleksordningen indikerar att kostnadsreduceringen med tekniska byten möjligen kan minska kostnaden med sprinkler till hälften. Detta är dock grova överslag som ej tar ett helhetsgrepp på de möjliga tekniska lösningar som finns och innehåller stora osäkerheter.

### Livscykelräkande

De samhällsekonomiska kalkylerna är gjorda över tid vilket är beaktat genom nuvärdeskalkyl. Säkerhetsnivån över tid behandlas kvalitativt genom systematisk genomgång av brandskyddets egenskaper. Räddningstjänst som alternativ är påverkat av kommunernas ekonomi och personsäkerheten kan påverkas av förändringar i bemanning, material och insattid. Sprinkler med regelbundet innehåll håller hög säkerhetsnivå även vid

verksamhetsförändringar, t ex övergång från serviceboende till boende för äldre med funktionshinder.

#### **Extra säkerhet**

I både Danmark och Norge ställs alltid krav på åtkomlighet för räddningstjänst vilket ger en extra säkerhet. Sveriges accepterade Tr2 trapphus utesluter detta krav och bör endast övervägas om det finns ett behov av att höja den generella säkerhetsnivån. Detta behov har ej identifierats.

#### **Egendomsskydd**

Ingen hänsyn har tagits till värdet av egendomsskydd som särskilt alternativ C med sprinkler innebär. Detta innebär osäkerheter i den samhälls-ekonomiska analysen. Känsligheten i detta bedöms dock som liten eftersom brandcellerna som berörs är små med relativt begränsad ekonomisk omfattning.

#### **Typobjekt och antal våningar**

Eftersom typobjektet är flerbostadshus i fem våningar diskuteras känsligheten rörande antalet våningsplan. Samma typ av brandskyddslösningar är möjliga för flerbostadshus 3-8 våningar. Antalet våningar påverkar både kostnaderna och säkerheten för brandskyddsalternativen. Direkt ser man att alternativ B är oberoende av antalet våningar medan kostnaderna för alternativ A och C i princip är proportionella mot antalet våningar. Detta bör också beaktas och då framgår alternativ B som ännu mer kostnadseffektiv. Säkerheten minskar troligtvis med fler antal våningar då katastrofpotentialen ökar med hänsyn på ökad maximal konsekvens.

#### **Rapportens giltighet för kontorshus**

Som typobjekt valdes flerbostadshus i fem våningar. Eftersom objektstypen som tillåter stegutrymning innefattar kontor 2-8 våningar bör också dessa diskuteras. Det är dock relativt ovanligt med kontorshus med ett trapphus men säkerheten kan vara lägre eftersom kraven på brandcellsindelningen är lägre för kontor. Den ökade risken med större brandceller minskar dock genom att människor i kontorsverksamhet bara är verksamma dagtid och vid fullt medvetande. Säkerhetsmässigt är det därför svårt att dra några direkta slutsatser eftersom verksamhetstyperna och brandskyddets förutsättningar skiljer sig mycket åt. Statistiskt är det ovanligt med dödsfall i kontor (Räddningstverkets webbplats 2007).

Brandskyddsalternativens kostnader kan för kontorshus jämfört med bostadshus i liknande utformning vara av samma storleksordning. Trappan blir sekundär liksom för bostadshus men fler eller större hissar kan behövas.

## **Ökad verifierbarhet**

Eftersom kraven inför BBR-revideringen bland annat är ökad verifierbarhet tas detta upp i rapporten. För att öka verifierbarheten bör egenskaperna och säkerhetsattributen hos brandskyddslösningarna identifieras. Detta framgår delvis i analysen av verifieringsbehov men ytterliggare undersökningar kan behövas. I analysen framgår exempelvis känsligheten i brandskydds-

lösningarna över byggnadens livscykel. Det finns också andra faktorer som har visat sig viktiga för samhället som kan behöva identifieras. Viktiga faktorer har identifierats av Wolski (2000) och kan vara möjliga att implementera i metoden för analys av verifieringsbehov. Exempel på detta kan vara katastrofpotential eller kontrollerbarhet av riskerna (risken för tredje man).

Idag är tillåtna lösningar med ett trapphus alternativ A med Tr2-trapphus och B med räddningstjänst. Bägge lösningarna kan därför antas uppnå samhällets krav på säkerhet. Samtidigt visar analysen av verifieringsbehov att lösningarna skiljer sig i effekt och säkerhetsattribut på vissa punkter. Exempelvis innebär Tr2-trapphus sektionering av varje våning så att konsekvensen av brand- eller brandgasspridning är mindre än i B. Tr2-trapphus framstår också som en mer robust lösning över tid vilket är i linje med bakgrunden till rapporten. Identifierade egenskaper och säkerhetsattribut är viktiga faktorer för verifierbara funktionskrav.

# Referenser

## Skriftliga källor

- Boverket (2004a), *Principer för BBR-Revideringar*, Boverket, Karlskrona.
- Boverket (2004b), *Vad kostar det samhället? ABC i samhällsekonomiska bedömningar*, Boverket, Karlskrona.
- Boverket (2005), *Rättsutredning organisatoriska krav 20050509*.
- Boverket (2006a), Förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. med ändringar införda t.o.m. SFS 2006:138.
- Boverket (2006b), Regelsamling för byggande – BBR, Uppdaterad till och med BFS 2006:22, Boverket, Karlskrona.
- Boverket (2006c), *Utrymningsdimensionering*, Boverket, Karlskrona.
- Brandkonsulten AB och Bengt Dahlgren AB (2007), *Utredning byggnadsklassificering 2007-02-27*.
- Brand, A, Sörqvist, M, (2000) *Utrymningsssäkerhet för rörelsehindrade*, Rapport 5071, Lunds universitet, Lund.
- Department of Communities and Local Government (2007a), *Approved Document B – Volume 1 – Dwellinghouses*, NBS, London.
- Department of Communities and Local Government (2007b), *Approved Document B – Volume 2 – Buildings other than dwellinghouses*, NBS, London.
- Ehrvervs- og byggestyrelsen [EBST], Eksempelsamling om brandsikring af byggeri April 2006, EBST, Köpenhamn.
- Hultquist, H., Karlsson, B. (2000), *Evaluation of a Fire Risk Index Method for Multi-storey Apartment Buildings, Report 3088*, Department of Fire Safety Engineering, Lunds universitet, Lund.
- Karlsson, B., (2002), *Fire Risk Index Method – Multistorey Apartment Buildings FRIM-MAB version 2.0*, Trätek, Stockholm.
- Lundin, J. & Olsson, F. (2000), *Kostnadseffektiv utformning av brandskydd*, Lunds universitet, Lund.
- Lundin, J (2005), *Safety in case of fire – The effect of changing regulation*, Lunds universitet, Lund.
- Lunds tekniska högskola (2005), *Brandskyddshandboken, Rapport 3134*, Brandteknisk, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Möller M. & Nygren, G. (2004) *Funktionshindrades riskbild i publika lokaler – med avseende på utrymning*, Lunds universitet, Lund.
- Nystedt, F. (2003), *Deaths in Residential Fires – An Analysis of Appropriate Fire Safety Measures*, Lunds universitet, Lund.
- Räddningsverket (2001), *Utrymningsssäkerhet för rörelsehindrade, pub nr P21-388*, Räddningsverket, Karlstad.
- Räddningsverket (2007), *Svar på PM/ videomöte med Boverket*, Diarienum: 179-2007, Räddningsverket, Karlstad.
- SCB (2004), *Så bor vi i Sverige - Bostäder, boendemiljö och transporter 1975–2002*, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2007), *Bostads- och byggnadsstatistik årsbok 2007*, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SINTEF (2006), *Trapperom i boligblokker. Vurdering av rømningsikkerhet ved brann – NBL A06113*, Trondheim.

- Stockholms läns brandbefälsförening (2006), *Stegutrymning med räddningstjänstens medverkan – minnesanteckningar möte Nacka brandstation 12/9-06*, Stockholms läns brandbefälsförening – Utskottet för plan- och byggfrågor, Stockholm.
- Wolski, A. et al. Accomodating perceptions of risk in performance-based building fire safety code development, *Fire Safety Journal*, Vol. 34, pp297-309, 2000.

## Muntliga källor

- Estlander, Lars (2007-07-30), Intervju angående arkitektur.
- Holmstedt, Gösta (2007-08-09), Intervju/mailkorrespondens angående kostnader för sprinklersystem.
- Stenstad, Vidar (2007-07-17), Intervju angående räddningstjänstens roll i norska byggregler.

## Internet

- Boverkets webbplats (2007-07-24), *Redovisning grupparbeten 31 Maj*, <http://www.boverket.se/upload/Bygga%20och%20förvalta/bifogade%20filer/Nybyggnad/Brandskydd/Framtidens%20byggregler/Redovisning%20Grupparbeten%2020070531.pdf>, Boverket.
- Boverkets webbplats (2007-07-24), *Redovisning grupparbeten 1 Juni*, <http://www.boverket.se/upload/Bygga%20och%20förvalta/bifogade%20filer/Nybyggnad/Brandskydd/Framtidens%20byggregler/Redovisning%20Grupparbeten%2020070601.pdf>, Boverket.
- Brannmannen (2005-01-05, Hämtad 2007-07-24), *Slutt på Stigebil som andre rømningsvei?*, [http://www.brannmannen.no/arkiv/2005/1-05/sider/slutt\\_pa\\_stigebil.htm](http://www.brannmannen.no/arkiv/2005/1-05/sider/slutt_pa_stigebil.htm), Brannmannen, Oslo.
- Bygganalys (2007, Hämtad 2007-07-24), *Bygganalys kalkylhjälpmedel på nätet*, <http://calnet.ciber.se/>, Bygganalys AB, Stockholm.
- Ehrrvervs- og byggestyrelsen [EBST] (2007-07-26), *Bygningsreglement for erhvervs- og etagebyggeri (inkl. tillæg 1-15)*, [http://www.ebst.dk/BR95\\_13/0/53/0](http://www.ebst.dk/BR95_13/0/53/0), EBST.
- Länstidningen i Östersund (2006-03-23, Hämtad 2007-07-24), *Höjdfordon inte längre nödvändigt*, [http://www.ltz.se/artikel\\_standard.php?id=314201&avdelning\\_1=101&avdelning\\_2=103](http://www.ltz.se/artikel_standard.php?id=314201&avdelning_1=101&avdelning_2=103).
- Miljöförvaltningen Finland (2002, Hämtad 2007-07-27), *Finlands Byggbestämmelse samling - Byggnaders brandsäkerhet, föreskrifter och anvisningar*, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=27284&lan=sv>, Miljöförvaltning, Finland.
- Räddningsverkets webbplats (2007-07-24), *Indikatorer Data och Analys*, <http://ida.srv.se/port/main/p/a0087>, Räddningsverket.
- Statens bygningstekniske etat [BE] (2007-07-26), *Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven Kap. VII Personlig og materiell sikkerhet*, <http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/TekVeil07-07.pdf>, BE.

## Bilaga A – Statistik

Livräddning vid brand i byggnad med hjälp av högfordon eller steg

År	Högfordon, från 2005 även steg		Annat - "steg" i preciseringstexten		Totalt	
	Antal insatser	Summa räddade människor	Antal insatser	Summa räddade människor	Antal insatser	Summa räddade människor
1996	31	81	8	18	39	99
1997	27	88	14	32	41	120
1998	19	145	11	13	30	158
1999	28	79	6	10	34	89
2000	18	67	14	35	32	102
2001	22	45	8	13	30	58
2002	21	52	21	38	42	90
2003	25	37	6	10	31	47
2004	10	25	6	10	16	35
2005	42	104	2	4	44	108
2006	33	52	1	0	34	52

Sökning på "steg" gav fyra alternativ: steg, skarvsteg, utskjutssteg och bärbar steg

**Figur 3 Statistik från räddningsverket, sammanställd av Colin McIntyre (colin.mcintyre@srv.se).**

**Tabell 5 Statistik baserad på studie av Stockholms läns brandbefälsförening (2006) samt generell statistik från Räddningsverket statistikportal IDA (2007). Tabellen är bearbetad.**

Brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst (antal bränder)					
	Rökdyk med mask	Rökdyk ej mask	Högf	Annat	Generellt
2000-2004					
Brandens omfattning	med mask	ej mask			
Endast rökutveckling	55	96	2	13	9568
Brand i startföremålet	82	135	21	19	13952
Brand i ett rum	53	160	33	39	18836
Brand i flera rum	38	83	32	28	5766
Brand i flera brandceller	9	11	7	5	4180
Branden släckt/slocknad	3	9	1	5	927
Ej angiven					82
Totalt	240	494	96	109	53311
2000-2004					
Brandens omfattning					
Endast rökutveckling	22,9%	19,4%	2,1%	11,9%	17,9%
Brand i startföremålet	34,2%	27,3%	21,9%	17,4%	26,2%
Brand i ett rum	22,1%	32,4%	34,4%	35,8%	35,3%
Brand i flera rum	15,8%	16,8%	33,3%	25,7%	10,8%
Brand i flera brandceller	3,8%	2,2%	7,3%	4,6%	7,8%
Branden släckt/slocknad	1,3%	1,8%	1,0%	4,6%	1,7%
Ej angiven					0,2%
Totalt	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

**Antal skadade och omkomna vid bostadsbränder som räddningstjänsten larmats till för åren 1996-2006 där brandens omfattning varit '1 flera brandceller', dvs. branden har spridit sig.**

Bränder i flerbostadshus för våningsplan 3-8				
År	Totalt antal bränder	Antal personer som i olyckan skadades lindrigt	Antal personer som i olyckan skadades svårt	Antal personer som i olyckan omkom
1996	6	3	1	
1997	13	11	4	3
1998	10	4		
1999	5	4		
2000	10	5	3	1
2001	9	19		1
2002	4	5		
2003	16	13	3	3
2004	7			
2005	12	27	2	
2006	10	4	2	

Övriga bostadsbränder (villa, rad/par/kedjehus, fritidshus), oavsett våningsplan				
Totalt antal bränder	Antal personer som i olyckan skadades lindrigt	Antal personer som i olyckan skadades svårt	Antal personer som i olyckan omkom	
82	9			4
101	13	1		5
70	8	1		
64	11	3		3
57	2	2		1
63	10	1		2
67	14	3		2
79	6			1
63	8			3
61	12			2
53	8	1		4
760	101	12		27

## Bilaga B – Personsäkerhet

Risikanalysmetoden för bedömning av personsäkerhet som har valts är en indexmetod för bedömning av brandsäkerhet i flervånings bostadshus. Indexmetoden bygger på att ingående parametrar i brandskyddet betygssätts och viktas beroende på deras bidrag till brandsäkerheten. Viktningen och betygsskalan bygger på bedömningar av experter i flera nordiska länder där s k Delphimetod har använts. I Tabell 6 nedan framgår den övergripande strukturen i olika nivåer följt av Tabell 7 där viktningarna av respektive parameter och relevanta underparametrar framgår (Karlsson 2002). Resultatet av bedömningen framgår i Tabell 8 och i Tabell 9 ges en utförligare beskrivning och motiv till val av indata..

**Tabell 6 Strukturen i indexmetoden med policy, mål och strategier (Karlsson 2002).**

Policy
Acceptabel brandsäkerhet i flervånings bostadshus
Mål
O1 Rädda liv
O2 Rädda egendom
Strategier
S1 Aktivt brandskydd för att begränsa brandtillväxten
S2 Passivt/konstruktionstekniskt brandskydd
S3 Säker utrymning
S4 Säker släckning
Parametrar
P1-P17 (se Tabell 7)

**Tabell 7 Ingående parametrar och viktning med hänsyn på personsäkerhet.**

		Personsäkerhetsindex
P1	Ytskikt i lägenheter	0,0623
P2	Släcksystem	0,0658
P2a	Automatiska sprinklersystem	spec.
P2b	Bärbar släckutrustning	spec.
P3	Räddningstjänst	0,0571
P3a	Räddningstjänstens förmåga	0,31
P3b	Utryckningstid	0,47
P3c	Tillgänglighet för släckning och utrustning	0,22
P4	Brandcellsindelning	0,0623
P5	Avskiljande konstruktioner	0,0588
P6	Dörrar	0,0718
P7	Fönster	0,0407
P8	Fasader	0,0363
P9	Vindar	0,032
P10	Närliggande byggnader	0,0242
P11	Rökspridning	0,0701

P12	Brandvarnare	0,0814
P13	Larm	0,0762
P14	Utrymningsvägar	0,0839
P14a	Typ av utrymningsväg	0,34
P14b	Dimensioner och layout	0,27
P14c	Utrustning	0,16
P14d	Ytskikt på väggar, tak och golv	0,23
P15	Bärande konstruktion	0,0463
P16	Underhåll och information	0,0692
P17	Ventilationssystem	0,0614

**Tabell 8 Betyg och viktat betyg i personsäkerhetsbedömningen.**

	Betyg				Viktat betyg			
	A	B	C	D	A	B	C	D
P1					0	0	0	0
P2	0	0	4	0	0	0	0,263	0
P2a	N	N	M	N				
P2b	F	F	F	F				
P3	2,18	3,62	2,18	2,18	0,124	0,207	0,124	0,124
P3a	4	5	4	4				
P3b	2	3	2	2				
P3c	0	3	0	0				
P4	3	2	2	3	0,187	0,125	0,125	0,187
P5					0	0	0	0
P6					0	0	0	0
P7					0	0	0	0
P8					0	0	0	0
P9					0	0	0	0
P10					0	0	0	0
P11					0	0	0	0
P12					0	0	0	0
P13					0	0	0	0
P14	0,74	1,08	0,74	0,47	0,062	0,091	0,062	0,039
P14a	-1	0	-1	-1				
P14b	4	4	4	3				
P14c								
P14d								
P15					0	0	0	0
P16					0	0	0	0
P17					0	0	0	0
				<b>Totalt</b>	<b>0,37</b>	<b>0,42</b>	<b>0,57</b>	<b>0,35</b>

A Tr2 trapphus 10m

B Avskilt trapphus och räddningstjänst

C Avskilt trapphus och sprinkler

D Tr2 trapphus 10m

Tabell 9 Beskrivning och motiveringar till val av indata/betyg.

	Parameter	Beskrivning
P1	Ytskikt i lägenheter	Alla lika.
P2	Släcksystem	-
P2a	Automatiska sprinklersystem	C. Bostadssprinkler endast i bostadslägenheter.
P2b	Bärbar släckutrustning	A-D. Brandsläckare på varje våningsplan.
P3	Räddningstjänst	-
P3a	Räddningstjänstens förmåga	A, C, D allt utom släckbil. B, allt.
P3b	Utryckningstid	A, C, D 10-15 min. B, 5-10 min.
P3c	Tillgänglighet för släckning och utrustning	A, C, D inga fönster tillgängliga.. B, ett fönster tillgängligt.
P4	Brandcellsindelning	B, C 100-200m <sup>2</sup> . A, D 50-100m <sup>2</sup> .
P5	Avskiljande konstruktioner	Alla lika.
P6	Dörrar	Alla lika. <sup>2</sup>
P7	Fönster	Alla lika.
P8	Fasader	Alla lika.
P9	Vindar	Alla lika.
P10	Närliggande byggnader	Alla lika.
P11	Rökspridning	Alla lika.
P12	Brandvarnare	Alla lika.
P13	Larm	Alla lika.
P14	Utrymningsvägar	-
P14a	Typ av utrymningsväg	A, C, D 1 tr (antagit -1p <sup>3</sup> ) B, 1 tr 1 fönster.
P14b	Dimensioner och layout	A, B, C 5-8 vån, 4 rum, <10m D 5-8 vån, 4 rum, 10-15m
P14c	Utrustning	Alla lika.
P14d	Ytskikt på väggar, tak och golv	Alla lika.
P15	Bärande konstruktion	Alla lika.
P16	Underhåll och information	Alla lika ().
P17	Ventilationssystem	Alla lika.

<sup>2</sup> Hänsyn till bättre brandcellsindelning tas istället i P4. Därför antar samtliga alternativ ha samma dörrar även om A och D har en sluss.

<sup>3</sup> Alternativet med endast ett trapphus och inget fönster som utrymningsväg finns ej med i tabellen för P14a. För att ta hänsyn till mindre säkerhet väljs ett värde ett betygssteg under noll (-1).

## Bilaga C – Verifieringsbehov

Nedan följer en genomgång av verifieringsbehovet för respektive brandskyddslösning. Genomgången görs med matriser för att systematiskt analysera olika egenskaper som förändras i brandskyddet. Matriserna är utvecklade som verktyg för att analysera verifieringsbehovet vid analytisk dimensionering och tekniska byten (LTH 2005). Ett tillägg har gjorts i Tabell 11, säkerhet för funktionshindrade och äldre. Bakgrunden är att dessa grupper har visat sig mer utsatta vid brand (Brand & Sörqvist 2000, Möller & Nygren 2004, SRV 2001). Utgångspunkten är nollalternativet A, Tr2 trapphus 10 m, som motsvarar samhällets minimikrav på säkerhet.

### A. Tr2 trapphus 10 m

Detta är nollalternativet som motsvarar samhällets minimikrav på säkerhet. För nollalternativet är fälten blanka då detta är referenspunkten för jämförelser.

**Tabell 10 Förändring av brandskydd.**

		Avsnitt i BBR	Tekniskt byte										
			Tillägg				Avsteg						
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Riskkälla	5:4	Skydd mot uppkomst av brand											
	5:5	Skydd mot brandspridning inom brandcell											
	5:6	Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller											
	5:7	Skydd mot brandspridning mellan byggnader											
Exponering	5:9	Anordningar för brandsläckning											
Effekt	5:3	Utrymning vid brand											
	5:8	Bärförmåga vid brand											

**Tabell 11 Effekt av borttaget skydd, övriga aspekter är eget tillägg.**

Egenskapskrav i §4 BVF	Tekniskt byte							
	Tillägg				Avsteg			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Byggnadens bärförmåga								
Utveckling och spridning av brand och brandgas								
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk								
Utrymningssäkerhet								
Räddningsmanskapets säkerhet								
Övriga aspekter								
Funktionshindrade och äldres säkerhet								

**Tabell 12** Matris för att bedöma om egenskap påverkats och om det har allvarlig effekt på säkerheten.

Egenskaper hos brandskyddet	Tekniskt byte			
	Påverkas egenskapen av de tekniska bytena?		Betydelse för säkerheten?	
	1	2	1	2
Funktion				
Mänskligt agerande				
Brandskyddsstrategins komplexitet				
Brandskyddets komplexitet				
Flexibilitet				
Känslighet				
Tillförlitlighet				
Sårbarhet				

## B. Avskilt trapphus och räddningstjänst

Tillägg 1 innebär åtkomlighet för räddningstjänst med stegbil.

Avsteg 1 innebär avskilt trapphus istället för Tr2 trapphus.

**Tabell 13** Förändring av brandskydd för B jämfört med A.

		Avsnitt i BBR	Tekniskt byte										
			Tillägg				Avsteg						
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Riskkälla	5:4	Skydd mot uppkomst av brand											
	5:5	Skydd mot brandspridning inom brandcell											
Exponering	5:6	Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller							- <sup>3</sup>				
	5:7	Skydd mot brandspridning mellan byggnader											
	5:9	Anordningar för brandsläckning	+ <sup>1</sup>										
Effekt	5:3	Utrymning vid brand	+ <sup>2</sup>										
	5:8	Bärförmåga vid brand											

<sup>1,2</sup> Detta innebär att räddningstjänsten får möjlighet att komma åt fönster i samtliga lägenheter med stegbil. Möjlighet till både utrymning och släckning via fönster blir därmed möjligt.

<sup>3</sup> Bytet mot avskilt trapphus innebär större konsekvens vid eventuell brand- eller brandgasspridning. Jämfört med Tr2-fallet drabbas i detta fall hela trapphuset.

**Tabell 14 Effekt av borttaget skydd för B jämfört med A.**

Egenskapskrav i §4 BVF	Tekniskt byte							
	Tillägg				Avsteg			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Byggnadens bärförmåga								
Utveckling och spridning av brand och brandgas	+ <sup>1</sup>				- <sup>4</sup>			
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk								
Utrymnings säkerhet	+ <sup>2</sup>				- <sup>5</sup>			
Räddningsmanskapets säkerhet								
Övriga aspekter								
Funktionshinder och äldres säkerhet	(+) <sup>3</sup>				(-) <sup>6</sup>			

<sup>1</sup> Effekten blir ett skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller då möjligheterna till släckinsats är bättre.

<sup>2</sup> Utrymningsmöjligheterna förbättras då det nu finns två oberoende utrymningsvägar.

<sup>3</sup> Försök med utrymning av rörelsehinder med räddningstjänst har dock visat att det är besvärligt och tar lång tid (Brand & Sörqvist, 2000 Möller & Nygren 2004, SRV, 2001).

<sup>4</sup> Eftersom trapphuset ej är sektionerat från våningsplanen är skyddet mot brand- och brandgasspridning sämre.

<sup>5</sup> Detta innebär också sämre utrymningsmöjligheter generellt då trapphuset lättare kan rökfyllas.

<sup>6</sup> I avskilt trapphus är funktionshinder mindre säkra än i ett Tr2 trapphus. Därför påverkas också deras säkerhet negativt.

**Tabell 15 Matris för att bedöma om egenskap påverkats och om det har allvarlig effekt på säkerheten för B jämfört med A.**

Egenskaper hos brandskyddet 0 = ingen märkbar påverkan * = egenskaper påverkas - = säkerheten påverkas negativt + = säkerheten påverkas positivt	Tekniskt byte			
	Påverkas egenskapen av de tekniska bytena?		Betydelse för säkerheten?	
	1	2	1	2
Funktion	0			
Mänskligt agerande <sup>1</sup>	*		-	
Brandskyddsstrategins komplexitet	0			
Brandskyddets komplexitet	0			
Flexibilitet <sup>2</sup>	*		+	
Känslighet <sup>3</sup>	*		-	
Tillförlitlighet <sup>4</sup>	*		-	
Sårbarhet <sup>5</sup>	*		-	

<sup>1</sup> Räddningstjänsten som förutsättning är en mänsklig faktor och förutsätter larmning, att man hittar dit i tid, etc.

<sup>2</sup> Flexibiliteten blir bättre då räddningstjänsten innebär en extra utrymningsväg samt viss möjlighet att klara av oförutsedda situationer.

<sup>3</sup> Eftersom man är beroende av räddningstjänsten är bemanning, material och insatstid känsliga parametrar.

<sup>4</sup> Tillförlitligheten för trapphuset försämras men samtidigt förutsätts räddningstjänst vara där inom viss tid med rätt material.

<sup>5</sup> Beroende av fri räddningsväg och att personer i byggnaden inväntar räddningstjänst innan evakuering kan vara sårbara parametrar.

## C. Avskilt trapphus och sprinkler

Tillägg 1 – Automatisk vattensprinkleranläggning

Avsteg 1 – Avskilt trapphus

**Tabell 16 Förändring av brandskydd jämfört med nollalternativet, A.**

		Avsnitt i BBR	Tekniskt byte										
			Tillägg				Avsteg						
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Riskkälla	5:4	Skydd mot uppkomst av brand											
Exponering	5:5	Skydd mot brandspridning inom brandcell	+ <sup>1</sup>										
	5:6	Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller					- <sup>2</sup>						
	5:7	Skydd mot brandspridning mellan byggnader											
	5:9	Anordningar för brandsläckning											
	Effekt	5:3	Utrymning vid brand										
	5:8	Bärförmåga vid brand											

<sup>1</sup> Syftet med sprinkler är att tidigt släcka eller kontrollera branden, alltså skydd mot brandspridning inom brandcell.

<sup>2</sup> Bytet mot avskilt trapphus innebär större konsekvens vid eventuell brand- eller brandgasspridning. Jämfört med Tr2-fallet drabbas i detta fall hela trapphuset.

**Tabell 17 Effekt av borttaget skydd, jämfört med nollalternativ A.**

Egenskapskrav i §4 BVF	Tekniskt byte								
	Tillägg				Avsteg				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Byggnadens bärförmåga	(+) <sup>1</sup>								
Utveckling och spridning av brand och brandgas	+ <sup>2</sup>				- <sup>7</sup>				
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk	(+) <sup>3</sup>								
Personer som befinner sig i byggnaden	(+) <sup>4</sup>				- <sup>8</sup>				
Räddningsmanskapets säkerhet	(+) <sup>5</sup>								
Övriga aspekter									
Funktionshindrade och äldres säkerhet	+ <sup>6</sup>				(-) <sup>9</sup>				

<sup>1-5</sup> Eftersom sprinkler förhindrar eller kontrollerar brandtillväxt i brandcellen ger detta många indirekta positiva effekter.



	5:9	Anordningar för brandsläckning								
Effekt	5:3	Utrymning vid brand					- <sup>1</sup>			
	5:8	Bärförmåga vid brand								

<sup>1</sup> Förlängt tillåtet gångavstånd från lägenhet till trapphus innebär större antal personer/våningsplan och ökad sannolikhet för problem i utrymningsväg.

**Tabell 20 Effekt av borttaget skydd, jämfört med nollalternativ A.**

Egenskapskrav i §4 BVF	Tekniskt byte							
	Tillägg				Avsteg			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Byggnadens bärförmåga								
Utveckling och spridning av brand och brandgas								
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk								
Personer som befinner sig i byggnaden					- <sup>1</sup>			
Räddningsmanskapets säkerhet								
Övriga aspekter								
Funktionshindrade och äldres säkerhet								

<sup>1</sup> Effekten blir sämre utrymningsmöjligheter generellt. Då detta är sämre säkerhet än det idag tillåtna Tr2 trapphuset med 10 m bör säkerhetsnivån analyseras grundligare.

**Tabell 21 Matris för att bedöma om egenskap påverkats och om det har allvarig effekt på säkerheten för D jämfört med A.**

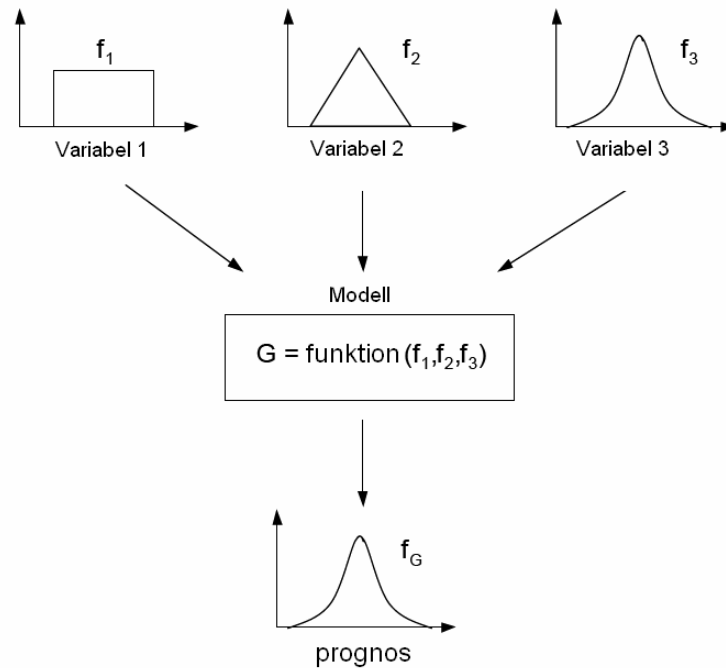
Egenskaper hos brandskyddet 0 = ingen märkbar påverkan * = egenskaper påverkas - = säkerheten påverkas negativt + = säkerheten påverkas positivt	Tekniskt byte			
	Påverkas egenskapen av de tekniska bytena?		Betydelse för säkerheten?	
	1	2	1	2
Funktion <sup>1</sup>	*		-	
Mänskligt agerande <sup>2</sup>	*		-	
Brandskyddsstrategins komplexitet	0			
Brandskyddets komplexitet	0			
Flexibilitet	0			
Känslighet	0			
Tillförlitlighet	0			
Sårbarhet	0			

<sup>1</sup> Funktionen försämrats då avståndet till det skyddade Tr2 trapphuset blir längre.

<sup>2</sup> Eftersom avståndet är längre är det av större vikt att personer går åt rätt håll på vägen till utrymningsväg.

## Bilaga D Kostnader

Eftersom beräkning av livscykelkostnader innehåller stora osäkerheter har Monte Carlo simulering i programmet @Risk, Palisade Decision Tools använts. Metoden går ut på att man genom definierar indata med sannolikhetsfördelningar för att spegla osäkerheterna. Utifrån fördelningarna och modellen för livscykelkostnad samplas värden tusentals gånger vilket ger en prognos på livscykelkostnaden. Principen framgår schematiskt i Figur 4.



**Figur 4** Principen för Monte Carlo simuleringar.

Monte Carlo simuleringar ger också bra möjligheter att analysera känsligheten för de ingående parametrarna. Nedan framgår den indata som har valts i simuleringarna i form av fördelningar eller punktvärden. Samtliga indata antas vara oberoende av varandra. Detta antagande kan diskuteras då t ex sprinklerpriser kan vara högre i glesbygd där också hyresintäkt/yta samtidigt kan vara lägre. Utgångspunkten för att jämföra kostnaden är att förutsättningar som är lika förkortas bort. Därför är utgångspunkten i kostnadsjämförelsen ett punkthus med avskilt trapphus utan räddningstjänst. Livslängd för sprinklersystemet antas vara lika med byggnadens då man normalt antar minst 40 års verksam tid. Återinvesteringskostnader bortses från i analysen då kostnaderna för exempelvis dörrstängare anses försumbara i sammanhanget.

**Tabell 22 Indata för Monte Carlo simulering av livscykelkostnadskalkyl.**

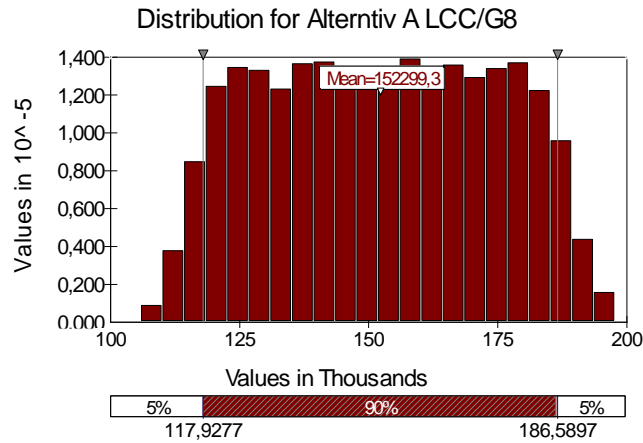
Indata	Värde/Fördelning	Referens
real kalkylränta	4 %	Boverket (2004b)
byggnadens livslängd	50 år	
total bostadsarea	1350 m <sup>2</sup>	Uppskattat baserat på SCB 2007
hyresintäkt per yta	Uniform(500; 1200) kr/m <sup>2</sup> *år	SCB 2007
sprinklersystem	Uniform(200;300) kr/m <sup>2</sup>	LTH 2005, Holmstedt 2007
Sprinkler DoU	4000-5000 kr/år	Holmstedt 2007
Branddörr EI30, ej glas, 90cm	Uniform(4000; 6000) kr/st	LTH 2005, Byggnalys 2007
Tomtmark, anläggning	Uniform(700; 900) kr/m <sup>2</sup>	Byggnalys 2007
Brandcellsgräns EI60	Uniform(650; 850) kr/m <sup>2</sup>	Byggnalys 2007

**Tabell 23 Förutsättningar för livscykelkostnadskalkyl.**

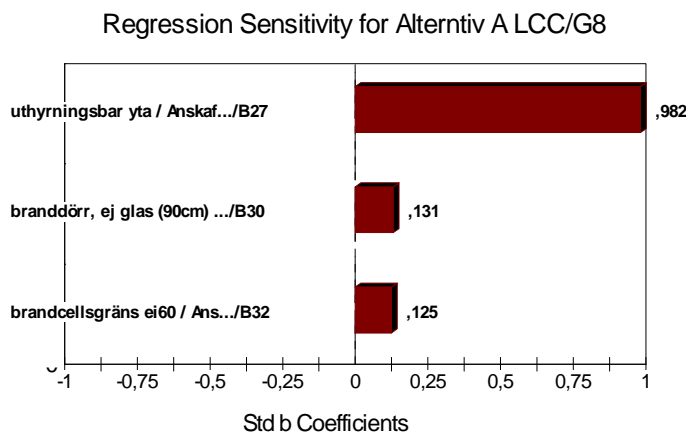
	Grundinvestering	Drift och underhåll
<b>A. Tr2, 10m</b>		
Tr2 minskad uthyrningbaryta		1m <sup>2</sup> /våning
Branddörr EI30	1st/våning	
EI60 vägg alla plan	9,6m <sup>2</sup> /våning	
<b>B. Avskilt + RTJ</b>		
Avskilt trapphus	0	
Räddningsväg	50m <sup>2</sup> tomtmark	
Öppningsbara fönster	0	
<b>C. Avskilt + Sprinkler</b>		
Avskilt trapphus	0	
Sprinklersystem	270 m <sup>2</sup> /våning (samtidig bostadsarea)	270 m <sup>2</sup> /våning (samtidig bostadsarea)
<b>D. Tr2, 15m</b>	Ej med i kalkylen	Ej med i kalkylen

**A. Tr2 trapphus 10 m**

På våning 5-8 används huvudsakligen stor hiss och liten trappa oavsett trapptyp. Lite mindre tillgänglig yta per våningsplan, uppskattat till 1m<sup>2</sup> på grund av dörr och avsats i trappan. Kostnad för branddörr och brandcellsgräns till trapphuset.



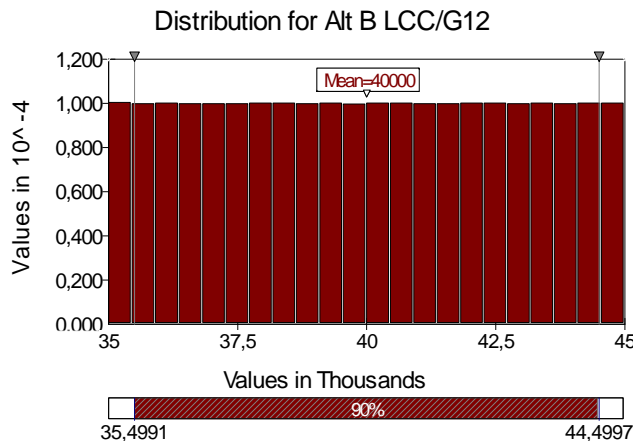
Figur 5 Fördelning av livscykelkostnaden i tkr för Tr2 trapphus och 10 meters gångavstånd.



Figur 6 Tornadodiagram som beskriver känsligheten för ingående parametrar. Uthyrningsbar yta framgår tydligt som känsligast parameter.

### B. Avskilt trapphus och räddningstjänst

Avskilt trapphus (i egen EI60 brandcell) med EI30 dörrar. Eftersom räddningstjänsten skall ha tillgång till husets sidor krävs mark som uppställningsplats. Ytan uppskattas till storleksordningen  $50 \text{ m}^2$  och innebär en relativt liten kostnad och är därför inte så känslig parameter. Man bör också märka att denna kostnad är oberoende av antalet våningsplan till skillnad från kostnaderna för övriga alternativ. Dessutom krävs öppningsbara fönster men detta anses vara standard och därmed lika för alla alternativ.

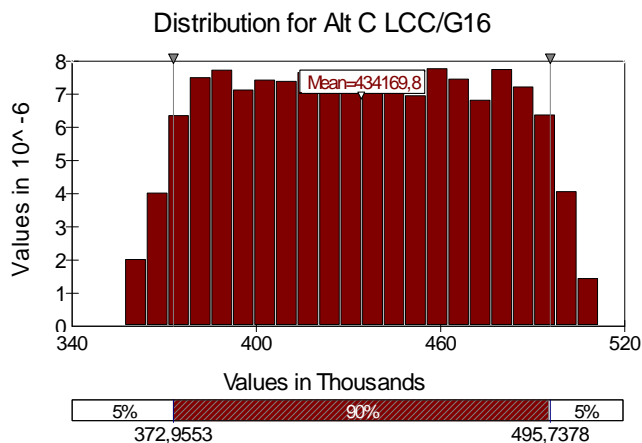


Figur 7 Fördelning för livscykelkostnaden i tkr för avskilt trapphus och stegutrymning.

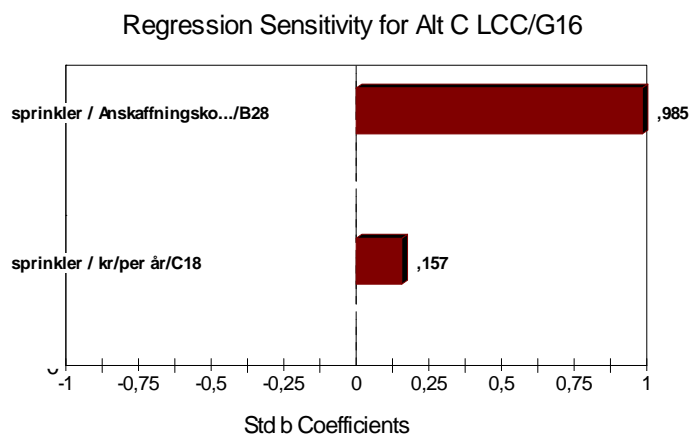
Kostnaden för detta alternativ är enbart beroende av uppställningsplatsen vilket gör att endast storleken och kostnaden för markytan är känsliga parametrar. Därför görs presenteras ingen känslighetsanalys.

### C. Avskilt trapphus och sprinkler

Sprinkler innebär grundinvesteringskostnad för sprinklercentral, rörledningar mm. Detta uppskattas till 200 kr/m<sup>2</sup> och där tillkommer eventuella kostnader för servisledning, 150 kr/m, tryckhöjande pump, 6000 kr, och bassäng 20000 kr. Användning av boendesprinkler är begränsat för hus med mer än fyra våningar och bortses därför från. Uppgifterna är baserat på uppskattningar av Gösta Holmstedt, på Sprinklerfrämjandet och Brandkonsulten (Holmstedt 2007). Uppgiften i Brandskyddshandboken från 2005 är 250-300 kr/m<sup>2</sup> (LTH 2005). Detta verkar därför som en rimlig grundinvesteringskostnad då priserna också varierar över landet samt beroende på hur många våningar man har eftersom vissa kostnader är fasta oavsett huset höjd. Som fördelning väljs därför en likformig fördelning mellan 200-300 kr/m<sup>2</sup>. Drift och underhållskostnader uppskattas till 2,5 kr/m<sup>2</sup>\*år men är högre för mindre byggnader och likformig fördelning 4000-5000 kr/år väljs därför för hela byggnaden (Holmstedt 2007).



**Figur 8** Fördelning för livscykelkostnaden i tkr för avskilt trapphus och sprinkler.



**Figur 9** Tornadodiagram som beskriver känsligheten för ingående parametrar. Anskaffningskostnad för sprinklersystemet framgår tydligt som känsligast parameter.

#### D. Tr2 trapphus 15m

Eftersom Tr2 trapphus med ökat gångavstånd innebär större total byggnadsyta kan inte kostnaden jämföras med övriga brandskydds-lösningar.



# Boverket

Box 534, 371 23 Karlskrona  
Tel: 0455-35 30 00. Fax: 0455-35 31 00  
[www.boverket.se](http://www.boverket.se)