

Räddningsverket,  
CRS Rosersberg

Rapport

Datum: 2006-12-06

Emil Egeltoft  
E-post: [emil.egeltuft@hotmail.com](mailto:emil.egeltuft@hotmail.com)

# Brandvattenförsörjning i höga byggnader

Med fokus på byggnader med fler än 16 våningar



## **Förord**

Jag skulle främst vilja tacka mina handledare under min LIA-period på Östermalms brandstation Tommy Wällberg och Lars Thidevall, utan er hade detta arbete inte kunnat blivit av. Kalle Henriksson och Dag Bonnerud på Stockholms Brandförsvär för många intressanta diskussioner om höghus samt att jag fått följa med på flera besök i stockholms höghus. Olle Norrby och Lars Wetterbrandt på Brandgruppen AB i Stockholm för hjälpen med hydraulikberäkningar. Ett stort tack till min handledare Peter Olsson på Räddningsverket Rosersberg för genomläsning och korrektur. Ett stort tack även till de hjälpsamma expediterna på Stadsbyggnadskontorets expedition.

Jan Öhlinder på ÖSA för information om Turning Torso. Tomas Järphag på NCC Construction för en stor hjälp med kontakter och höga byggnaders konstruktion. Gunnar Wiklund på Riskteknik, Martin Ullas för information om det nya hotellet i Älsjö. Mattias Skjöldebrand, Kjell Fallqvists för information om Söders torn samt andra projekt.

Utöver detta så vill jag tacka Anders Johansson på Räddningstjänsten storgöteborg, Linus Eriksson på räddningstjänsten i Malmö, Anders Olsson på Ruberg, Jan Pettersson på Autokaross, Bo Hjorth på AlbaCon AB och Pär Karsman på 2 Karsman arkitekter.

Slutligen ett stort tack till övrig personal på Östermalms brandstation för ett väldigt bra mottagande under min LIA period.

## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	3
2. Allmänt om höga byggnader .....	5
3. Brandspridning i höga byggnader .....	9
4. Erfarenheter från tidigare bränder i höga byggnader .....	12
5. Brandvattenförsörjning.....	16
6. Krav på vattenflöde vid brandsläckning.....	21
7. Stigarledning .....	27
8. Hydraulikberäkningar för torr stigarledning .....	30
9. Brandvattensförsörjningssystem vid trycksatt stigarledning.....	37
10. Metoder för förbättra vattenförsörjningen på högre höjd.....	40
11. Underhåll/förebyggande åtgärder (kapitel ej klart).....	45
12. Diskussion .....	47
13. Krav på befintliga och nya byggnader .....	49
14. Slutsatser .....	52
16. Referenser.....	54

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Höga byggnader definieras som byggnader med fler än 8 våningar (ca 23 meter), vilket är den maximala höjden som räddningstjänstens stegutrustning når upp till. I Stockholm finns det hundratals höga byggnader. Det finns över tjugo byggnader med fler än 16 våningar, och trenden att bygga högt blir allt starkare så antalet kommer att öka avsevärt den närmaste tiden. Bränder i riktigt höga byggnader utgör en av de svåraste uppgifterna som en räddningstjänst kan möta, och konsekvenserna för människor och egendom kan bli katastrofala. Det har ett flertal svåra höghusbränder i olika delar av världen visat.

Brandvattenförsörjning är en kritisk del av insatsen vid de flesta bränder. I höga byggnader är räddningstjänsten beroende av stigarledningar. Slangdragning i trapphus är både tids- och arbetskrävande och inte tänkbart i insatsens inledningsskede. I det flesta äldre höga byggnaderna finns det torra stigarledningar som ska försörjas av brandförsvarets pumpar. Utformningen av torra stigarledningar bygger på den utrustning som räddningstjänsten hade under 50-70-talet. Dagens utrustning (främst strålrören) ställer andra krav på tryck och vattenflöde. Tryckförlusterna kommer att öka med höjden och detta innebär att det kan bli stora problem i höga byggnader med att få tillräckligt högt strålrörstryck samt tillräckligt stort flöde för att kunna slå ner branden. Det finns en också stor brist på överensstämmelse mellan olika räddningstjänster hur högt torra stigarledningar tillåts byggas, utformningen av trycksatta stigarledningar, och vilka krav man skall ställa på befintliga stigarledningar. Detta projekt är ett delprojekt i mer omfattande projektet *Räddningsinsats i höghus*.

## 1.2 Syfte och frågeställningar

Detta projekt syftar till att reda ut vilka problem som kan uppstå vid brandvattenförsörjning i höga byggnader och hur man kan lösa dessa. Frågeställningarna för projektet är:

- Att undersöka stigarledningarnas utformning och begränsningar.
- Vilka problem med brandvattenförsörjningen kan uppkomma vid en brand i de äldre höga byggnaderna.
- Vilket krav på installationer för att underlätta brandvattenförsörjningen skall ställas på projekterade höga byggnader.
- Metoder för räddningstjänsten att förbättra vattenförsörjningen på högre höjd.
- Förebyggande krav på installationer för att underlätta brandsläckning.

Målet med projektet är att undersöka ett flertal aspekter på de problem som kan uppstå vid brandvattenförsörjning i höga byggnader. Den större kunskapen skall förhoppningsvis höja det totala brandskyddet då det interna brandskyddsarbetet får bättre förutsättningar att kombineras med räddningstjänstens verksamhet. Utöver detta så är syftet att minska luckan mellan brandförsvarets förebyggande och operativa arbete.

## 1.3 Målgrupp

Rapporten ska främst vara ett informations- och utbildningsmaterial för räddningstjänsten, objektsinnehavare, och brandskyddsprojektörer.

Målgruppen förutsetts ha kunskap i hur räddningstjänsten arbetar och inneha grundläggande kunskaper i byggnadstekniskt brandskydd.

## 1.4 Metod

- Litteraturstudie

- Göra en inventering i Stockholm på höga byggnader över 16 våningar.
- Utföra beräkningar över brandvattenförsörjningssystemet i höga byggnader.
- Intervjua personer på t.ex. räddningstjänsten och på konsultfirmor.
- Granska insatsrapporter/studier på tidigare bränder.

### ***1.5 Definitioner***

Höga byggnader definieras som byggnader där räddningstjänstens stegar inte når upp till översta våningen, dvs. ca 8 våningar eller 23 meter.

Riktig höga byggnader, ofta även kallat skyskrapor är mera svårdefinierat, men bestäms i detta projekt som en byggnad med fler än 16 våningar.

### ***1.6 Avgränsningar***

Inriktningen på arbetet är de höga byggnader som skall skicka in en brandskyddsredogörelse enligt 2 kap 3 § i Lagen (2003:998) om Skydd mot olyckor, BSR, dvs. fler än 16 våningar. Arbetet koncentreras på skyskrapor och således kommer inte torn, kyrkor, eller liknande höga byggnader, konstruktioner, eller anläggningar att undersökas.

## 2. Allmänt om höga byggnader

### 2.1 Varför bygger man höga byggnader

Pyramider och Babels torn tyder på att människan alltid strävat uppåt. Tidigare berodde det på religiös övertygelse, men har genom historien övergått till materiell makt och målinriktad prestige.

Skyskrapor representerar urbanitet, densitet, modernitet, och är de moderna städernas mest dominerade komponent. Skyskrapan är en mix av mäklarspekulation, teknologisk frammarsch, och arkitektoniskt experimenterande. Den är en ikon för metropoler som New York, Shanghai och Hong Kong. Skyskrapan kan också mer än någon annan byggnadstyp fånga allmänhetens förundran, på grund av dess vidunderlighet, visuella kraftfullhet, och symboliska potential.



© 2001, ROBERTO RABANNE

Bild 2.1. Två av målen i terrorattackerna 2001, World Trade Center 1 och 2 i New York var ingen tillfällighet.

### 2.2 Historik

Genom historien så har det byggts ett flertal höga konstruktioner – pyramider, torn, borgar, och katedraler, men det var inte förrän på slutet av artonhundratalet som skyskrapan föddes. Det var främst två stora upptäckter som ledde till utvecklingen uppåt:

- Hissen, vilket medgav att transport av folk i höjdled kunde ske med högre fart och med avsevärd mindre prestation än att gå.
- Stålstommarna, som ersatte den tidigare klenare konstruktionen med en kombination av gjutjärn och trä. Tidigare så krävdes det väldigt tjocka väggar för att hålla upp vikten från varje våning vid högre byggnader.

Stålstommarna kunde bära vikten av fler våningar, så ytterväggarna kom att bli mer ett skyddande hölje med syftet att isolera och pryda byggnaden. Denna utveckling möjliggjorde flyttbara inre skiljeväggar, där kontoren kunde bli omkonstruerade för att mäta hyresgästens krav. Denna nya metod att konstruera byggnader reducerade tjockleken på väggarna, ökade det användbara våningsutrymmet, och därför stål vägde mindre än sten så blev det större möjligheter att bygga på höjden. Fasaden kunde nu öppnas upp med fönster vilket maximerade andelen dagsljus som kunde nå in i byggnaden.

En annan faktor som gjorde höghusen möjliga var utvecklingen inom grundläggningsteknik med pålar som gick ner till bergrunden och utgjorde ett starkt underliggande fundament.<sup>1</sup>

### **2.3 Utvecklingen i Sverige**

Kungstornen på Kungsgatan byggdes på 20-talet och var de första skyskraporna i Stockholm och Europa. Inspiration till dessa hämtades från USAs skyskrapor.

Under 50- och 60-talet kom modernismen och där påverkades man också starkt av amerikansk arkitektur. Det var under den tiden som de flesta av Stockholms skyskrapor byggdes med kanske Hötorgshuset som de mest kända.

De senaste åren har skyskrapornas popularitet igen kraftigt ökat i Sverige med ett stort antal nya planerade skyskrapor.

### **2.4 De största problemen för räddningstjänsten vid en insats i höga byggnader**

Vid bränder i höga byggnader så uppstår det vissa problem som man i andra fall inte behöver ta hänsyn till.<sup>2</sup>

- *Kommunikationsmöjligheterna förändras*, Långa avstånd, stora mängder armerad betong, samt skyddande skikt i fönster hindrar radiokommunikationen och kan kraftigt begränsa radioräckvidden.
- *Risk för nedfallande glas och delar av fasad*, fallerande byggnadsdelar har vid många tidigare höghusbränder fallit ner och skadat människor och utrustning.
- *Risk för vertikal brandspridning via fasad och fönster*, det finns mindre möjligheter för räddningstjänsten att komma åt branden utifrån desto högre upp den är.
- *Räddningsledning*. Räddningsledaren får svårare att få en blick över situationen. Kraven på en väl styrd logistik ökar. Det kan också finnas ett stort antal uppgifter som samordnat måste utföras vilket ställer stora krav på samarbete och samverkan.
- *Skorstenseffekten tilltar*, när det är kallare utomhus än inomhus så sugs luft in i en byggnad på låg nivå och stiger för att tryckas ut på högre nivå vilket kan öka spridningen av brandgaser.
- *Tillgängligheten för räddningstjänsten förändras*, det tar längre tid att nå brandvåningen desto högre upp den är, och trapphuset kan vara fullt av utrymmande människor.
- *Vattenförsörjning för räddningstjänsten ändras*, vilket detta arbete skall klarlägga.
- *Ändrad utrymningssituation*, ett stort antal människor kan behöva utrymma ovanifrån brandvåningen genom ett trapphus som kan vara fyllt med brandrök.
- *Ändrade väderförhållanden på hög höjd*, Vindhastigheten kan tillta högre upp och ge en större påverkan på brandförlopp och brandspridning.

---

<sup>1</sup> High rise security and fire life safety, Geoff Craighead

<sup>2</sup> Säkerheten i höga byggnader

## 2.4 En inventering av skyskrapor i Stockholm, maj 2006

<b>Färdiga byggnader</b>				
<b>Byggnadens namn</b>	<b>Höjd</b>	<b>Våningar</b>	<b>Byggt år</b>	<b>Adress</b>
Södra Kungstornet	61 m	17	1925	Kungsgatan 31,33
Bonnierhuset	61 m	18	1949	Torsgatan 21
Personalbostäder SÖS	54 m	18	1953	Marmorgatan 11
Duggregnet 5	50 m	17	1956	Björkhagsplan 1-9
Nyponet	56 m	21	1957	Körsbärsvägen 9
Skatte/Studenthuset	81 m	25	1959	Götgatan 76
Folksamhuset	79 m	24	1959	Bohusgatan 14
Hötorgshus 1	72 m	18	1960	Sveavägen 17
Hötorgshus 2	72 m	18	1960	Sveavägen 13-15
Wennergren Center	76 m	25	1961	Sveavägen 166
Farstavägen 87	55 m	17	1961	Farstavägen 87
Farstavägen 89	55 m	17	1961	Farstavägen 89
Farstavägen 91	55 m	17	1961	Farstavägen 91
Hötorgshus 3	72 m	18	1962	Sveavägen 9-11
Hötorgshus 4	72 m	18	1962	Sveavägen 5-7
Dagens Nyheter	84 m	27	1964	Rålambhovsvägen 17
Hötorgshus 5	72 m	18	1966	Sergelstorg 12
Kaknästornet	155 m	34	1967	Mörka kroken 28
Scandic Hotel Ariadne	62 m	17	1989	Positionen 117
Söder Torn	83 m	24	1997	Fatburshöjden 1
Alvik Hotel Apartments	51 m	17	1999	Vidängsvägen 7-9
Kista Science Tower	128 m	32	2003	Färögatan 33
Rica Hotel Älvsjömässan	72 m	18	2006	Älvsjö Ängsväg

<b>Planerade byggnader</b>				
<b>Byggnadens namn</b>	<b>Höjd</b>	<b>Våningar</b>	<b>Färdigt år</b>	<b>Adress</b>
Kajen 4	63 m	21	2007	Liljeholmskajen 4
Kv. Lusten	73 m	24	2007	Hornsbergs Strand,
Hammarby Entré	95 m	25	2007	Hammarby allé
Kajen 5	63 m	20	2008	Liljeholmskajen 5
Kajen 6	63 m	21	2011	Liljeholmskajen 6
Kajen 7	63 m	21	2012	Liljeholmskajen 7
Kista Residence Tower	133 m	45	?	Borgarfjordsgatan
Kista Torn 2	85 m	25	?	Kista Science city
Triangeltomten	95 m	25	?	Lindhagensgatan
Kvarteret Reval	68 m	21	?	Södra Värtahamnen
Kvarteret Neapel	106 m	28	?	Södra Värtahamnen
Alt. 1. - 2 mindre höghus	120 m	30	?	Råsundaplatsen
Alt. 2. - Solna Tower	210 m	60	?	Råsundaplatsen
Kistaport 1	60 m	20	?	Torshamnsgatan
Kistaport 2	60 m	20	?	Torshamnsgatan
Tvålfvingan	63 m	21?	?	Västberga
”Skyskrapan”	220 m	67	?	Telefonplan

Tabell 2.1. Inventering av byggnader i Stockholm med fler än 16 våningar sorterat på byggnadsår, kursiverat innebär osäkert värde (källa [www.emporis.com](http://www.emporis.com), [www.skyscraperpage.com](http://www.skyscraperpage.com), [stockholm.se/sbk](http://stockholm.se/sbk), [www.solna.se](http://www.solna.se), [www.stofair.se](http://www.stofair.se))



## 2.5 Slutsatser från inventeringen

Det går att dra slutsatser utifrån inventeringen och jag gör en kortfattad jämförelse i brandteknisk utformning mellan äldre och moderna höga kontorsbyggnader för att visa några konkreta skillnader.

### 2.5.1 Äldre höga kontorsbyggnader (50-60-talet)

Byggnaderna är generellt sett rektangelformade med en mörk kärna där hissarna finns. Byggnaderna har två bärande trapphus vid de stabiliserande kortsidorna. Ett av trapphusen är ett TR 1 trapphus med sluss mot det fria, och det andra är ett brandtekniskt avskilt trapphus (inte ett TR 2 som dagens byggregler föreskriver). Torr stigarledning finns i TR 1 trapphuset. Sprinkler och brandhiss saknas. Brandlarm och utrymningslarm kan finnas installerat i efterhand (endast siren). Ventilationssystemet skyddas med brandspjäll. De brandtekniska installationerna såsom stigarledningar och rökluckor är dåligt underhållna. Den brandtekniska utformningen har inte fått speciellt stort påverkan på utformningen. Den bärande stommen kan utgöras av betong, stål, eller en kombination av dessa.

Norra kungstornet med sina 16 våningar byggdes 1924 har endast två brandtekniskt avskilda trapphus, medens Södra kungstornet med 17 våningar som byggdes 1925 har ett TR 2 trapphus och ett brandtekniskt avskilt trapphus.

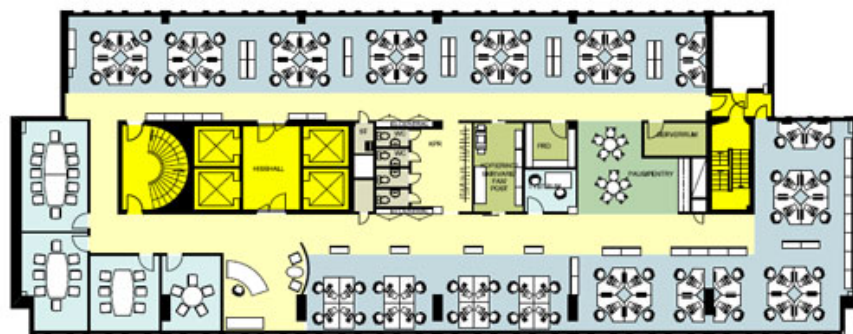


Bild 2.4 Hötorgshuset 5.

### 2.5.2 Nya höga kontorsbyggnader (2000-talet)

Byggnaderna har en mittkärna av armerad betong där det enda trapphuset, vanliga hissar och brandhiss finns. Hissarna och trapphuset trycksätts vid brand. Flera brandtekniska skyddssystem finns såsom sprinkler, talat automatiskt brand-/utrymningslarm. Ventilationssystemet skyddas vid brand med fläktar i drift. Stigarledningarna är torra, eller trycksatta. Det kan finnas installationer som skall underlätta räddningstjänstens kommunikation. Byggnaderna kan vara dimensionerade för att utrymmas stegvis (några våningar i taget).



Bild 2.5 Kista Science Tower. Ej helt skalenlig med bilden ovan.

### 3. Brandspridning i höga byggnader

För att kunna beskriva hur stort vattenflöde som krävs för att kunna släcka en brand så kommer detta kapitel kortfattat redogöra hur vertikal brandspridning kan ske i höga byggnader. Det är även intressant när olika släckmöjligheter skall undersökas.

Vertikal brandspridning via fönster och fasad är ett stort problem som måste beaktas vid höga byggnader. Kan inte räddningstjänsten ta kontroll över branden så befinner sig alla ovanliggande våningar i farozonen. Skillnaden mot lägre byggnader är att det kan bli svårare att göra en insats från utsidan, och att det kan ta längre tid att nå brandutsatt våning invändigt.

Det finns stora skillnader mellan risken för brandspridning beroende på vilken verksamhet byggnaden är projekterad för. I kontorsbyggnader så är flexibiliteten för hyresgästerna viktig, våningsplanen kan ha stora öppna ytor och varje våning är oftast en bara en brandcell. Branden har därför en möjlighet att sprida sig mycket snabbt över hela våningsplanet.

Risken för snabb brandspridning är betydligt lägre i bostadshus och hotell jämfört med kontorsbyggnader. Kravet på brandcellsindelning i hotell och bostäder gör att den utsatta fasadytan på våningen över bli mindre. Risken är störst i kontorsbyggnader med glasfasader eller curtainwall fasader (mer om detta nedan). Brandspridning mellan våningsplan höga byggnader kan ske via:

- Brännbart material i fasaden
- Fönster
- Mellan fasaden och bjälklaget
- Via golvet/taket p.g.a. dåligt brandmotstånd
- Dåligt tätade genomföringar mellan våningsplanen
- Via schakt, t.ex. hiss-, ventilations-, eller serviceschakt
- Trapphus, främst via öppna intertrappor



Vertikal Brandspridning via fasaden under branden i Torre Windsor, Madrid 2005.

I den följande delen av kapitlet så kommer fokus att ligga på brandspridning via fönster och via mellan fasaden och bjälklaget.

#### 3.1 Brandspridning via fönster

Brandspridning via fönstren kan ske då glaset går sönder och flammorna får en möjlighet att sprida sig upp längs fasaden. Ett fönster kan gå sönder av ett flertal anledningar: värmen från branden, termisk chock, eller av en kraftig vattenstråle. Branden kan främst sprida sig från fönstret genom att:

- Flammor sprider sig upp utmed fasaden och spräcker glaset (i den inre fasaden eller enkelfasaden) och på så sätt tar sig in i planet ovanför.
- Värmestrålning från flammen, eller de heta brandgaserna går igenom glaset och antänder material innanför fasaden.

Ett trasigt fönster innebär också ändrade ventilationsförhållanden. Det trasiga fönstret utgör en ny väg får frisk luft att strömma in i byggnaden. En ventilationskontrollerade brand kan då återuppta sin brandutveckling och en övertändning kan ske. Vid en fullt utvecklad brand så kan en del av förbränningen att ske utanför fönstret, vilket ytterligare ökar risken för brandspridning.

### 3.2 Brandspridning i Curtainwall fasader

Curtainwall benämns ibland för glasvägg och är en utvändig vägg gjord av ej lastbärande paneler fastsatta i en strukturell ram . En Curtainwall har inte någon bärande förmåga utan det finns någon annan bärning, t.ex. pelare. Curtainwall monteras fast i bjälklaget och det kan därför finnas ett släpp mellan fasad och bjälklag som inte är brandisolerat.

Fasadens strukturella ram är oftast av aluminium. Fönsterbågar och karmar är ofta av aluminium och bröstningspaneler av glas eller aluminium. Innerbågen kan vara av trä.

Curtainwall fasadens egenskaper kan vara farliga då risken för snabb brandspridningen finns i mellanrummet mellan fasaden och bjälklaget om denna inte brandisolerats ordentligt, något som troligen inte förekom när husen byggdes. Det är dock värt att poängtera att alla curtainwall fasader inte har något mellanrum mellan fasaden och bjälklaget.

Fasadens strukturella ram är ofta av aluminium och den kan också ge upphov till en snabb brandspridning. Aluminium förlorar snabbt sin bärande förmåga vid värmepåverkning. Fasadens tenderar i så fall att bucklas ut ifrån branden vilket ökar mellanrummet mellan bjälklaget och fasaden.

I Stockholm så är de fem Hötorgshusen, Studentskrapan, och Vasahuset exempel på höga byggnader med curtainwall fasader.

I övrigt så är det inte klarlagt huruvida dubbla glasfasader är positiva eller negativa ur brandspridningssynpunkt.

		
<p>Exempel på brandspridning mellan bjälklag och fasad.</p>	<p>Bilden visar hur stora flammorna kan bli vid en fullt utvecklad brand. Bilden är från branden i The Golden Plaza tower, Taiwan, 2005.<sup>3</sup></p>	<p>Curtainwall fasaden på det femte Hötorgshuset</p>

<sup>3</sup> Collapse Mechanism of the Windsor Building by Fire in Madrid and the Plan for its Demolition Process, Kenichi Ikeda ,Dr. mfl., 2005.

## 3.4 Skyddsmetoder i befintliga byggnader

I detta kapitel anges några av de skyddsmetoder som kan användas för att begränsa brandspridningen.

### 3.4.1 Brandcellsindelning på våningsplanen

Våningsplanen i bostads- och hotellbyggnader är uppdelade i flera brandceller, och risken för brandspridning föreligger där främst till våningen ovan. Brandspridning kan ske om väggar och genomförningar är dåligt utförda, samt om dörrar mellan brandceller inte är stängda.

I kontorsbyggnader så är ett hela våningsplanet en brandcell bortsett från trapphusen. Innerväggar på våningsplanet uppfyller normalt inte någon brandklass. I kontorsbyggnader finns risken för en betydligt större brand när räddningstjänsten anländer och den vertikala brandspridningen blir mer svårstoppad.

### 3.4.2 Brandklassat glas

Enligt byggreglerna<sup>4</sup> så skall fönster ha brandklass E 15 om avståndet mellan fönster i höjddled understiger 1,2 meter. Det är oklart vilken brandtekniskt klass som fönster har i de äldre höga byggnaderna har, och avståndet är mindre än 1,2 m på ett flertal byggnader.

### 3.4.3 Förstärkta våningsplan - storbrandceller

Förstärkta våningsplan även kallat storbrandceller eller brandzoner skall klara av att begränsa vertikal brandspridning utan hjälp av sprinklern eller andra aktiva system.

I Kista Science Tower så är var fjärde våning en storbrandcell avskilt för att stå emot en brand i 60 minuter. Turning Torso är indelad i sex olika storbrandceller. En storbrandcell motsvarar 1-2 kuber och byggnadsdelarna skall klara av att stå emot brand i 120 minuter.

Ingen av de befintliga äldre höga byggnaderna i Stockholm är uppdelade i storbrandceller.

Vid bränderna i Windsor Tower, Madrid 2005 och vid Parque Central, Venezuela 2004 så har de förstärkta våningsplanens inte stått emot ett utdraget brandförlopp. Det finns risk för att avskiljningen i storbrandceller måste kombineras med en defensiv släckinsats från räddningstjänsten.

### 3.4.4 Sprinkler

Sprinkler är troligen den skyddsmetod som är bäst på att begränsa en brand. Rätt uppförd så kommer den att utlösas tidigt i brandförloppet och effektivt bromsa effektutvecklingen. De nya skyskraporna i Sverige som projekterats av förnuftiga brandingenjörer är försedda med sprinkler. Studentskrapan och den tredje hötorgsskrapan har fått ett sprinklersystem, annars så är nästan alla andra äldre höga byggnaderna osprinklade.

I många länder med större erfarenhet av skyskrapor så är det lagkrav på sprinkler i kontorsbyggnader över 8 våningar.

---

<sup>4</sup> BBR, Boverkets byggregler.

## 4. Erfarenheter från tidigare bränder i höga byggnader

Det har vid nästan alla tidigare stora höghusbränder funnits stora problem med att få ett tillräckligt högt flöde och tryck upp vid brandvåningen, främst på grund av den ökade tryckhöjden, men ofta även för att de installationer som skall underlätta räddningstjänstens insats har fallerat. En brand i Venezuela visar tydligt problematiken i höghus då de tekniska skyddssystemen fallerar.

### 4.1.1 Branden i den östra byggnaden på Parque Central, 2004

*Byggnadshöjd:* 221 meter

*Antal våningar:* 56

*Byggd:* 1979

*Våningsarea:* ca 1900 m<sup>2</sup>

*Användning:* Kontor

*Plats:* Caracas, Venezuela

*Antal personer i byggnaden:* ett fåtal

*Antal trapphus:* 2 trycksatta

*Konstruktion:* Stomme i förstärkt betong, våningarna hölls upp av stålbalkar

*Brandorsak:* okänd



Branden i Sydamerikas högsta skyskrapa, 56 våningsbyggnaden Parque Central den 15 oktober 2004 resulterade i att 17 våningar blev helt utbrända. Branden självslocknade 24 timmar efter den hade börjat.

Den östra byggnaden i komplexet Parque central var utrustat med vattenfylld stigarledning, inomhusbrandposter, ett sprinklersystem, och trycksatta trapphus. Sprinklersystemet hade dock börjat läcka efter driftsättning. Istället för att reparera dessa så hade man installerat avstängningsventiler för att kunna ”kontrollera” läckorna. Denna metodik under en längre tid hade i stort sätt gjort hela sprinklersystemet odugligt. Det fanns två tryckhöjande pumpar som dock inte byggda för brandvattenförsörjning.

Branden bröt ut någon gång innan midnatt på 34:e våningen. Räddningstjänsten fick larmet av folk utifrån.

Byggnaden var i stort sett tom vid branden, och ett fåtal säkerhetspersonal kunde säkert evakuera. När brandmännen efter en lång vandring i trapphuset var framme på brandvåningen och försökte koppla slang till stigarledningen så fick de inte ut något vatten. Man kopplade då en släckbil med 4500 l/m kapacitet till intaget på stigarledningen. Det hjälpte dock inte då bristen på kontroll och underhåll hade gjort stigarledningen oanvändbar.<sup>5</sup> Man försökte lösa problemet genom att dra en 63 mm slang upp från släckbilen till brandvåningen. Man använde sig av två bärbara motorsprutor med vardera en kapacitet av 1000 l/m vid 4 bar för att genom seriekörning få ett tillräckligt högt tryck på brandvåningarna.

En timme efter brandstarten hade man fått upp vatten och insatsen kunde inledas med 2 strålrör på olika våningar över branden. Man lyckades hejda den vertikala spridningen.

Tre timmar efter brandstart så hade man dragit upp ytterligare en 63 mm slang, och man lyckades nu begränsa branden på den 37 och 38:e våningen.

Insatsen såg lovande ut tills 7 timmar efter brandstart då några av de bärbara motorsprutorna

<sup>5</sup> Vad exakt som fallerade framgår inte.

började fallera. Branden växte i intensitet och kunde efter ett tag sprida sig förbi det 39:e våningsplanet som var ett förstärkt våningsplan med högre brandklass. På grund av rädsla för att bygganden skulle kollapsa så avbröts sedan all inre brandsläckning. Man försökte därefter angripa branden genom att vattenbomba från helikoptrar. Detta gav dock ingen större effekt. Branden fortsatte dock att sprida sig upp med en hastighet av 2 ½ våning per timme. Branden självlocknade efter att ha brunnit i mer än 24 timmar och förstört 17 våningar. Två våningar kollapsade delvis, och man kunde dock se kraftiga böjningar på stålbalkarna som höll upp våningsplanen. Det blev annars inga andra skador på den bärande stommen. 40 av de ca 100 brandmän som arbetade på platsen skadades då de andades in giftiga brandgaser.<sup>6</sup>



Några av de slutsatser från branden som man kan dra är att med ett fungerande sprinklersystem så hade skadorna endast blivit begränsade. Branden hade troligen bättre kunna angripas om stigarledningen hade fungerat. Även brandförsvaret brandvattensförsörjningssystem behöver vara redundanta, man får inte förlita sig på enbart en pumps funktion. Branden är också ett av många exempel då byggandes interna brandskydd inte fungerat p.g.a. av bristande kontroll, säkerhetstänkande, och följande av tillverkarens instruktioner.

#### 4.1.2 Slutsatser från tidigare bränder

##### **Stigarledningar**

Stigarledningarnas fungerar inte alltid som de är tänkta att göra. I ett flertal tidigare allvarliga höghusbränder har brandvattensförsörjning inte fungerat. Brister i utformningen, installationen, och underhållet av stigarledningar har kraftig bidragit till att dessa bränder inte kunnat angripas innan de har spridit sig utom kontroll. Vanliga fel är öppna ventiler, rost och skräp i röret. Stora läckor har kunnat undgå upptäckt tills systemet vattenfylls. Det finns fall då stigarledningarna medvetet har vandaliserats, främst beroende på att det saknas lås på intag och uttag. I USA så har det förekommit att brandmän har stuckit sig på kanyler som knarkare har gömt i stigarledningarna.

Räddningstjänsten i Oslo håller för närvarande (2005) på med ett höghusprojekt där

---

<sup>6</sup> NFPA Journal, 2004.

<sup>7</sup> Intervju Henrike Franke, Oslo.

<sup>8</sup> Månson, Lennart, brandutredning, SRV, 2002-09-24.

<sup>9</sup> Lardner, Hans, Brandutredning/SRV, 2001-03-29.

<sup>10</sup> FEMA, One Meridian Plaza 1991.

<sup>11</sup> In High rise fire sprinklers beat compartmentation – Hands down.” U.S Fire Sprinkler Reporter, April 1992.

<sup>12</sup> FEMA, One Meridian Plaza 1991.

stigarledningarnas funktion i äldre byggnader är en del. Enligt Henrik Franke på Oslos räddningstjänst så felfrekvensen på stigarledningar uppskattad i Oslo till över 50 % i äldre byggnader.<sup>7</sup> Det bör nämnas att standarden för stigarledningar är samma mellan Norge och Sverige.

Rostskador på stigarledningar har bl.a. medfört stora vattenskador.<sup>8</sup> Intaget och uttag på stigarledningen har inte varit skyltade. Intaget kan finnas bakom låst dörr och därmed ej lätt tillgängligt invid entrén. Det finns stigarledningar som går i ett obrutet schakt genom alla våningsplanen med ur brandskyddssynpunkt för dåliga schaktväggar, vilket ökar risken för brand- och brandgasspridning.<sup>9</sup>

Ett flertal bränder i höga kontorsbyggnader har haft samma utgång. Det har börjat med en relativt begränsad brand på ett våningsplan. Människor i byggnaden håller på att utrymma. När räddningstjänsten kommer till platsen och börjar sitt angrepp på brandvåningen försvinner trapphusets brandgasavskiljande funktion. Brandslangen gör att dörren till trapphuset ej kan stängas. Brandgaser sprider sig snabbt av deras termiska stigkraft, skorstenseffekten, och eventuell vindpåverkan. I flera fall så har de avlidna hittats döda i trapphuset, främst för att dörrarna till våningsplanen inte går att öppna från trapphuset. 100 meter trycksatt brandslang i trapphuset minskar också kraftigt flödet på de utrymmande till att nästan stå stilla. Man har försökt lösa problemet med olika angrepps- och utrymningstrapphus samt med utrymningsgrupper vars enda uppgift är att bestå de utrymmande i trapphuset. Klart är dock att det är svårt att samtidigt göra en rökdykarinsats som personer utrymmer från våningarna över. Diskussionen i insatsrapporter har varit att räddningstjänsten i de flesta fall bör avvakta till människor har utrymt eller att man en kombination av manuell trycksättning med PPV fläktar och personal i trapphuset som ser till att kritiska förhållanden för personer ej uppstår. Det gäller främst för att bistå de funktionshindrade som kan behöva hjälp att utrymma.

### **Brandpumpar**

Funktionen hos tryckhöjningspumpar är inte 100 %. Pumparna har varit avstängda eller inte startat automatiskt. Bärbara motorsprutor har inte särskilt hög driftsäkerhet och en rökdykargrupp bör inte enbart vara beroende av dessa.

### **Tryckreduceringsventiler**

Vid branden 1991 på One Meridian Plaza, Philadelphia så gav tryckreduceringsventilerna på våningsplanen bara ett tryck vid stigarledningens uttag på 4 bar, vilket omöjliggjorde effektiva strålbilder. Tryckreduceringsventilerna kunde dock justeras med ett specialverktyg, med det tog flera timmar innan en som kunde justera trycket kom till platsen. Man försökte koppla upp med fler brandpumpar från släckbilar men tryckreduceringsventilerna gav ändå inget högre tryck.<sup>10</sup> Dålig installation och underhåll av tryckreduceringsventiler på uttagen från stigarledningarna har gjort att det blivit ett felaktigt tryck. Räddningstjänsten har inte heller kunnat justera dem på plats. Problem med tryckreduceringsventiler har uppkommit vid flera insatser, och i New York så måste alla tryckreduceringsventiler vara avtagbara.

### **Slangdragning i trapphus**

Måste ske när stigarledningar fallerar eller när flödet inte räcker till. Detta moment är väldigt tids- och arbetskrävande. Vid branden i One Meridian Plaza 1991 så använde man sig t.ex. av 127 mm slang för detta ändamål och denna blev klar först ca 6 timmar efter brandstart.

### **Sprinkler**

Gemensamt för alla höghusbränder är att det inte funnits ett fungerande sprinklersystem. Med ett funktionsdugligt sprinklersystem så hade troligen endast mindre skador uppkommit vid de flesta bränderna. Enligt en studie i USA 1992 så är också skadegraden för brandmän 7 gånger högre i osprinklade höghus jämfört med liknande sprinklade höghus.<sup>11</sup>

Branden i 38:a våningsbyggnaden One Meridian Plaza 1991 i Philadelphia, USA som började på den 22:a våningen stoppades enbart av sprinklersystemet på den 30:e våningen.

Branden hade då pågått i 19 timmar och byggnaden utrymtes på all personal pga. rasrisken. 10 sprinklerhuvuden löste ut och stoppade effektivt vidare brandspridning. Den 30:e våningen blev endast delvis brandskadad. Sprinkler fanns endast på ett fåtal våningsplan.<sup>12</sup>

### **Anlagda bränder**

Ett hot mot brandskyddet alla byggnader är anlagda bränder, byggnader är inte projekterade inte för dessa brandförlopp. Ett exempel som inträffat i Sverige är att en hiss i ett höghus fyllts med möbler vilka sedan antänts. En brandgasexplosion skedde och branden spred sig till flera brandceller på en gång. Branden kunde dock begränsas till dessa lägenheter.



## **5. Brandvattenförsörjning**

### **5.1 Allmänt om brandvattenförsörjningssystem**

Brandvattenförsörjningssystemet börjar vid vattenkällan och slutar vid strålröret. Principen för brandvattenförsörjning med lågtryckssystem har varit denna samma sedan den startade men utvecklingen av de olika komponenterna har inte helt skett i samverkan. Det finns idag generellt sett en dålig balans mellan räddningstjänstens pumpar, brandslangar, armatur, och strålrör. Det är framförallt brandslangarna och armaturen som inte följt med strålrörens utveckling. Det stora flöde som kan utnyttjas hos strålröret uppnås inte på grund av begränsningar i systemet såsom slanglängd, slangdimension, och pumptryck.

Moderna dimstrålrör som TFT Ultimatic har ett maxflöde på 500 l/min. Den har ett arbetstryck på 7 bar. Med ett standardutlägg innehållande 25 m 63 mm, grenrör, och 50 m 42 mm smalslang och pumptrycket 10 bar ger TFT Ultimatic endast ett maxflöde på ca 250 l/min.<sup>13</sup> Tillvägagångssättet fungerar dock utan problem vid det flesta bränder, då det oftast inte krävs ett högre lägre flöde än detta för att kunna kontrollera en brand. Strålrören är därför överdimensionerade för den genomsnittliga insatsen. Vid höga hus finns dock risken att detta och dåligt dimensionerade stigarledning gör att strålrören inte längre kommer att kunna prestera det flöde som krävs.

### **5.2 Tryckförluster av nivåskillnad**

I höga byggnader kommer pumpen och strålröret att befinna sig på olika nivåer. Höjdskillnaden kommer att ge en tryckförlust. Till skillnad från strömningsförluster, så varierar förluster av nivåskillnaden inte med flödet. Tryckförlusten är ca 0,1 bar per meter. Ett strålrör på 70 meters höjd behöver således ett 7 bar högre pumptryck för att ge samma flöde och strålbild.

### **5.3 Brandförsvarets utrustning**

Brandförsvarets utrustning är av största intresse vid höga byggnader då brandvattenförsörjningssystemet börjar vid brandförsvarets pump och slutar vid strålröret.

#### **5.3.1 Brandförsvarets pumpar**

Brandvattenförsörjningen kommer i normalfallet att ske från räddningstjänstens släckbil. Dessa är utrustade med en brandpump. Det normala arbetstrycket på brandpumpen är 10 bar och maxflödet 3000 l/min. Diagram 1 visar pumpkurvan för Ruberg 30-R som sitter i räddningsbil 2000, och Autokaross andra moderna BASbilar.

---

<sup>13</sup> Hanell, A, Dimstrålrörs effektivitet,,

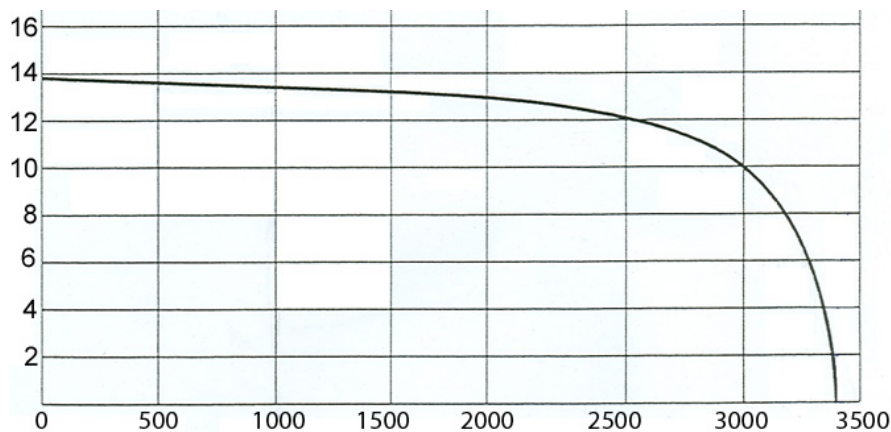


Diagram 5.1. Pumpkurva Ruberg R 30 vid högsta varvtal, 4200 rpm och 2,8 meters sughöjd.<sup>14</sup>

En pumpkurva visar sambandet mellan pumptrycket och angivet flödet vid ett specifikt varvtal hos pumpen. Ruberg 30-R har en flack pumpkurva, vilket innebär att det är en liten tryckvariation mellan den dämnda punkten (inget flöde) och knäet (kavitationsgränsen). En flack pumpkurva gör det lättare att köra pumpen, då en stor förändring i flödet inte kommer att ge en särskilt stor ändring av trycket. Eftersom tryckvariationen är liten och det normala arbetstrycket 10 bar så blir det dämnda trycket inte mer än ca 14 bar. Denna utformning fungerar utmärkt i de flesta tillfällen men när det gäller bränder i höga byggnader där tryckhöjden måste övervinnas sätter den lilla tryckvariationen sina begränsningar. Ett exempel på detta är bl.a. att standarden för torra stigarledningarna räknar med att pumptrycket är 16 bar vid 1000 l/min<sup>15</sup>. Dagens moderna brandbilar ger ungefär 13,5 bar vid 1000 l/min. Anledningen till att standarden räknar med ett högre tryck är att brandpumparna förr i tiden hade en brantare tryckkurva med ett högre dämt tryck. Brantare tryckkurva innebär att det blir tryckförändringar i systemet när flödet varierar som när t.ex. strålrör öppnas och stängs. En brantare tryckkurva har jämfört med en flack en bättre verkningsgrad och kräver därför mindre energi för att drivas.

### 5.3.2 Strålrör

Ett strålrör skall kunna reglera vattenflödet och ge strålföraren en önskad strålbild. Olika strålrör har olika användningsområden och ger olika vattenflöden och strålrörstryck. Strålbilden hos ett dimstrålrör skall kunna varieras från en sluten stråle via dimma till en skyddsstråle. Skyddsstrålen är en vattenskärm med minst två meters diameter och stor konvinkel<sup>16</sup>.

Varje strålrör har ett rekommenderat arbetstryck. De flesta dimstrålrör har ett rekommenderat arbetstryck på 6-7 bar, desto högre strålrörstryck desto högre vattenhastighet. Högre vattenhastighet ger bl.a. mindre vattendroppar. Lägsta arbetstryck är det lägsta tryck som strålröret säkert och effektivt kan arbeta med. Vid det lägsta arbetstrycket bör ett dimstrålrör kunna åstadkomma<sup>17</sup>:

- En effektiv sluten stråle, som kan användas vid direkt angrepp.
- En effektiv dimstråle för brandgaskylning.
- En effektiv skyddsstråle, med full konvinkel, för reträtt och som skydd.

<sup>14</sup> Pumpspekifikation Ruberg R-30 R-ALG (2,74).

<sup>15</sup> Svensk Standard SS-EN 3112, Stigarledning.

<sup>16</sup> Svensk Standard SS 3500, Strålrör.

<sup>17</sup> Effect on reduced pressure on performance of firefighting branches in tall buildings, ODPM.

I flervåningsbyggnader kommer tryckhöjden att bli större med varje våning. En ökad tryckhöjd kommer att ge ett lägre strålrörstryck. Ett lägre tryck betyder praktiskt:

- En lägre vattenhastighet.
- Kortare kastlängd.
- Vattnet har en sämre värmeupptagning vid brandgaskylning.
- Mindre luftflöde vid strålrörventilation.
- Slangar har en tendens att vecka sig vilket kan skapa ytterligare tryck- och flödesförluster.

Anders Handell diskuterar i rapporten ”Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning” att räddningstjänsten bör använda ett antal olika strålrör för att sedan välja rätt strålrör för rätt situation. På så sätt kan optimal effekt nås med avseende på tryck och flöden. Detta är särskilt viktigt vid låga tryck och då ett kraftigare brandförlopp bemöts.

### **Tryckautomatik**

Moderna dimstrålrör är ofta utrustade med tryckautomatik. Syftet med tryckautomatik är kompensera eventuella tryckförändringar genom att strypa eller öppna en ventil och på så sätt ändå upprätthålla det arbetstryck som tillverkaren vill uppnå. En fjäder varierar öppningsarean och därmed också flödet. Desto lägre ingångstryck desto mindre vatten strömmar igenom strålröret. Kastlängden blir därför lika och strålbilden kommer att se likadan ut inom reglerområdet. Reglerområdet är tryckintervallet där tryckautomatiken verkar, ovanför detta så har tryckhållningsfjädern nått sitt bottenläge och strålröret beter sig som ett vanligt strålrör. En av nackdelarna med tryckautomatik är dock om ingångstrycket är för lågt så kommer dock tryckautomatiken att strypa flödet så mycket att strålröret får dåliga släckegenskaper. Strålbilden kan se bra ut men flödet kan vara för lågt för att angripa branden, och framförallt för rökdykarna att ska kunna skydda sig.

### **K-faktorn**

Strålrörets egenskaper kan beskrivas med hjälp av strålrörets k-faktor. K-faktorn är specifik för varje strålrörstyp. K-faktorn beskriver sambandet mellan flödet ur strålröret och ingångstrycket till strålröret.

$$k_m = \frac{q}{\sqrt{h_m}}$$

$k_m$ = k-faktorn (l/min/bar<sup>0,5</sup>)

q= Flödet ur strålröret (l/min)

$H_m$ = Ingångstrycket till strålröret (bar)

K-faktorn är inte alltid en konstant, på en del strålrör varierar k-faktor väldigt mycket. Hur mycket den varierar beror främst på öppningsarean, inställningsmöjligheter och om strålröret har tryckautomatik. På strålrör med tryckautomatik kommer k-faktorn att variera en hel del inom strålrörets reglerområde. Utanför strålrörets reglerområde är öppningen konstant. Det är möjligt att få en riktigt uppmätt k-värde även inom reglerområdet, men det gäller endast för det uppmätta flödet.

### **Utförda tester**

I England så har man utfört tester på hur 26 olika strålrör fungerar vid lägre tryck. Resultatet visade att en sluten stråle inte är ett problem vid lägre tryck. Det är främst skyddstrålen som utgör begränsningen för det lägsta arbetstryck då strålröret varken är effektivt eller säkert. De

flesta strålrören i testet hade ett lägsta arbetstryck på 4 bar. Det gällde dock inte för de strålrör som var utformade för att fungera vid minst 6-7 bars ingångstryck. Dessa strålrör hade alla tryckautomatik och borde enligt rapporten inte användas vid brandsläckning i höghus med dagens tillvägagångssätt.<sup>18</sup>

### 5.3.2.1 Strålrören TFT Ultimatic och TA Fogfighter



Bild 3.1 TFT Ultimatic



Bild 3.2 Fogfighter

TFT Ultimatic är det strålrör som användas av Stockholms brandförsvaret vid rökdykning. Fogfightern används hos många räddningstjänster i Sverige och på Räddningsverkets skolor. Den är även reservstrålrör i Stockholm.

TFT Ultimatic uppvisar det bästa resultatet i brandgaskylning från vid testerna som Anders Hanell utförde 2000 och har en förhållandevis enkel teknisk utformning.<sup>19</sup> Nackdelen med dimstrålrör är att måste hanteras varsamt och att det krävs en del övning innan deras kapacitet kan utnyttjas till fullo.

Strålrör	k-värde
TFT Ultimatic	96
Fogfighter	124

Tabell 1. K-värden för de två strålrör som behandlas i denna rapport.

K-faktorn är som sagt inte alltid en konstant utan som diagram 2 nedan visar stämmer k-värdena endast helt vid 6 bars ingångstryck, se också **bilaga 2** för ytterligare information.

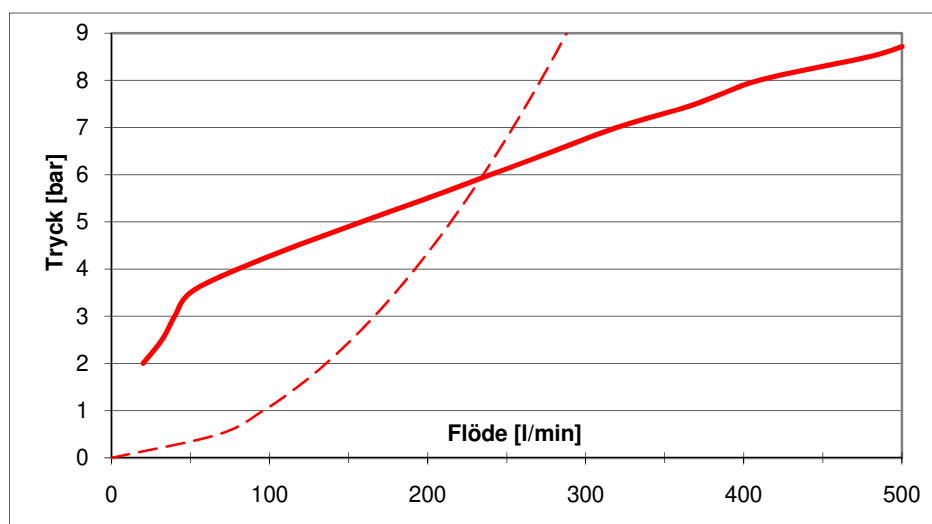


Diagram 2. Förhållandet mellan ingångstryck och flöde för TFT Ultimatic strålrör samt k-värdet 96.<sup>20 21</sup>

<sup>18</sup> Effect of reduced pressure on performance of firefighting branches in tall buildings, ODPM 2004.

<sup>19</sup> Handell, A Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning.

<sup>20</sup> DAFO, Produktblad TFT Ultimatic.

<sup>21</sup> TFT, Specifikation TFT Ultimatic.

## Rensläge

I gamla och dåligt underhållna stigarledningar finns det en risk för att rost och andra partiklar följer med vattnet. Detta kan leda till en dålig strålbild, en kortare kastlängd, och ett lägre flöde. Ultimatic och Fogfightern har ett s.k. rensläge vilket möjliggör att mindre bråte kan avlägsnas. Rensläget åtkoms genom att med flödet på, vrida strålbildsinställningen motsols förbi inställningen för skyddstrålen. Detta kommer att öppna munstycket och partiklar kan passera. För att återvända till normal drift så vrider man tillbaka strålbildsinställningen. Det bör dock observeras att reaktionskraften snabbt ökar till det normala. Intaget på strålröret är försett med ett nät som samlar upp större partiklar. Då rensning inte ger någon förbättring bör rökdykarna retirera till en säker plats där vattnet stängs av, strålröret tas bort, och ev. partiklar avlägsnas.

### 5.3.2.2 Äldre strålrör, enhetsstrålrör

Dimstrålrör är ingen ny uppfinning men när många av höghusen i Stockholm byggdes så använde räddningstjänsten främst enhetsstrålrör. Dessa hade en annan utformning och bestod av ett avsmalnande rör med en avstängningsventil. Enhetstrålröret hade ett antal löstagbara munstycksöppningar av olika storlek. Genom att skruva eller på dessa så kunde flöde och munstyckstrycket regleras. Man kunde få både en sluten och spridd stråle. Den spridda strålen skapades genom en fast propeller sätter vattnet i rotation som då splittras direkt när den lämnar munstycket. Dropparna från ett enhetsstrålrör är dock för stora för ha effekt i gasfasen, och spridningsvinkeln går inte att variera.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Särdaqvist, S, Vatten och andra släckmedel.

## 6. Krav på vattenflöde vid brandsläckning

Detta kapitel kommer att redogöra vilket vattenflöde som kan behövas för att släcka bränder i höga byggnader. Kapitlet är ett försök att på ett enkelt sätt visa hur stort det flödet som praktiskt behövs för att släcka en brand. Denna kunskap kan taktiskt användas för att bl.a. förutse behovet av ytterligare matarledning, eller huruvida branden offensivt kan angripas. För en djupare inblick i ämnet rekommenderas boken Vatten och andra släckmedel<sup>23</sup> samt Paul Grimwoods hemsida<sup>24</sup>.

Vattenåtgången kan enligt Stefan Särdaqvist<sup>25</sup> delas upp i två faktorer. Den första handlar om räddningsmanskapets säkerhet och hur mycket vatten som rökdykare behöver för att kunna skydda sig. Den andra är hur mycket vatten som krävs för att kunna släcka branden. Vattenåtgången är speciellt intressant vid höga byggnader då man beroende av stigarledningarna för att kunna utföra en effektiv insats. För att stigarledningar skall kunna uppfylla deras tänkta funktion så bör räddningstjänsten kunna ställa krav på det minsta flöde eller antalet strålrör som man kan tänkas behöva för att ha en möjlighet att släcka en dimensionerad brand.

Det är också viktigt och veta redan vid insatsen början om man kan offensivt eller om man tvingas till en defensiv insats, omfall är tidskrävande och kan ge upphov till nya problem.

Det är dock viktigt att poängtera att påföring av släckmedel endast är en del i insatsen, den måste exempelvis kompletteras med åtgärder för att komma åt branden och brandventilation.

### 6.1 Hur stort vattenflöde behöver rökdykarna för att skydda sig?

Hur stort vattenflöde rökdykarna behöver för att skydda sig är inte helt klarlagt. En rökdykarinsats skall enligt AFS 1995:1<sup>26</sup> ha en *säker tillgång* på vatten. Detta innebär främst att de skall ha tillgång till ett kontinuerligt flöde men det kan också tolkas som det flöde och strålrörstryck som behövs för att slå ner en övertändning i den lokal de befinner sig i. Kravet kan alltså variera beroende på om rökdykning skall utföras i en lägenhet eller i en stor lagerlokal och om det finns sprinkler. En mer försiktig tolkning är det flöde och strålrörstryck som rökdykarna behöver för att skydda sig vid en reträtt; det skall därför finnas tillräckligt högt flöde och strålrörstryck för en skyddsstråle skall kunna användas. En säker tillgång vatten innebär också att systemet samtidigt skall kunna försörja rökdykarnas och rökdykarledarens strålrör. Att rökdykarna och rökdykarledaren har ett tillräckligt högt tryck och flöde är en arbetsmiljöfråga och ett absolut krav. Skulle det hända en olycka p.g.a. av detta så kan arbetsgivaren ställas till svars. AFS:en bör kunna tolkas på detta sätt då den är till för att skydda arbetstagarna och att arbetsgivare skall se till att arbetsutrustning (såsom strålrör) ska passa för det ändamål som den skall användas. Ett strålrörs lägsta arbetstryck bör därför aldrig underskridas.

Det har förekommit en del forskning vilket som är det minsta flöde rökdykarna behöver för att skydda sig med Stefan Särdaqvist och Paul Grimwood (UK) som viktiga talesmän. Paul Grimwood föreslår i en artikel<sup>27</sup> ett minsta flöde på 200 l/min för att inomhusbränder där det finns en risk för övertändning säkert och effektivt skall kunna angripas. Han grundar sitt resonemang bl.a. på tidigare forskning av Särdaqvist<sup>28</sup>, Stolp<sup>29</sup>, och Barnett<sup>30</sup>. Detta flöde skall därför kunna fås vid det lägsta arbetstrycket.

<sup>23</sup> Särdaqvist, S, Vatten och andra släckmedel.

<sup>24</sup> [www.fireflow.com](http://www.fireflow.com).

<sup>25</sup> Särdaqvist, S Vatten och andra släckmedel.

<sup>26</sup> AFS 1995:1, Rökdykning.

<sup>27</sup> Grimwood, Paul, Fire Prevention and engineers journal, juli 2005

<sup>28</sup> Särdaqvist, Stefan, Real Fire Data, LTH, 1998.

<sup>29</sup> M, Stolp –The Extinction of Small wood crib fires by water, 5th IFPA, 1976

Då rökdykarledaren också skall ha en möjlighet att undsätta rökdykarna så krävs ytterligare 200 l/min vilket ger ett krav på ett absolut minsta flöde på 400 l/min. Detta flöde måste kunna fås ut på den översta våningen ur alla stigarledningar med inte större friktionsförluster än att strålrören kan uppnå flödet 200 l/min och ge en godkänt strålbild.

## **6.2 Hur stort flöde krävs det för att släcka branden?**

Att en liten brand kräver lite släckmedel och en stor brand kräver desto mer är för den insatte självklart. Det innebär att desto senare in i ett växande brandförlopp släckinsatsen sker desto större resurser krävs. Den relativt längre insatstiden i höga byggnader ger en större möjlighet för branden att utveckla sig innan släckning kan påbörjas. Höga kontorsbyggnader med deras öppna planlösning, och glasfasader gör att det finns en stor risk för vertikal brandspridning, och det vattenflöde som kan behövas för att räddningstjänsten skall ha en möjlighet att släcka branden kan bli stort.

Om en brand "låga" byggnader växer och kräver fler strålrör så löser man problemet genom att dra fler slangar från brandbilen, men i riktigt höga byggnader är det inte alltid möjligt.

Hur mycket vatten som krävs för att kunna släcka en brand och tiden för detta beror på släckmedlets påföringshastighet. Kritisk påföringshastighet kallas det släckmedelsflöde som precis räcker för släckning. Tyvärr innebär den kritiska påföringshastigheten att tiden för släckning blir i det närmaste oändlig. Desto mer släckmedel som påförs desto snabbare släckning. Vid ett större vattenflöde så kommer branden att släckas snabbare. Det finns dock en övre gräns på flödet för varje brand av en viss storlek, beroende på de resurser som finns att tillgå.

### **6.2.1 Taktiskt Flöde**

För att uppskatta vilket vattenflöde som krävs använder Paul Grimwood<sup>31</sup> sig av "taktiskt flöde". Det baseras på forskning och erfarenhetsmässiga studier av flödesmätningar vid riktiga insatser från flera olika länder. Det "taktiska flödet" är det flöde som krävs för att offensivt bekämpa branden i dess utvecklingsfas eller då branden är fullt utvecklad. Anledningen till att man använder detta synsätt är självklart att man ur taktisk synvinkel vill släcka eller kontrollera branden innan den har växt så pass mycket att spridning kan ske. Detta är särskilt viktigt i höga byggnader där det finns en stor risk för vertikal brandspridning, främst via fasaden. Om det taktiska flödet inte kan uppnås så kommer inte branden effektivt kunna angripas förrän det mesta brännbara brunnit upp och/eller branden befinner sig i avsvältningsfasen. Att ha som utgångspunkt att släcka en brand under avsvältningsfasen innebär att man förutom spridningsrisken också utsätter insatspersonalen för ökade rasrisker. Det taktiska flödet innehåller en säkerhetsfaktor.

En defensiv släckmetod behöver dock inte innebära ett lägre vattenbehov. Vid användandet av en defensiv släckmetod så är det främst är byggnadens brandskydd som påverkar utgången. Insatsens resultat beror nästan helt på begränsningslinjernas antal, placering, och kvalitet, dvs. brandcellsindelningen. Det kommer exempelvis krävas ett betydligt högre vattenflöde för att stoppa den vertikala brandspridningen i en kontorsbyggnad med glasfasader än att begränsa den samma i bostadshus. Detta beror på att varje lägenhet är en brandcell och antalet fönster kommer vara färre, vilket genom vertikal brandspridning främst sker.

Vid en undersökning av ett antal större höghusbränder i UK och USA kom Paul Grimwood fram till att endast flöden på 113-190 l/min per 100 m<sup>2</sup> (1,1-1,9 l/m<sup>2</sup>min) av yta involverad brand fanns att tillgå då flera våningar stod i brand. Dessa bränder släcktes till slut men

<sup>30</sup> Barnett, C, TP 2004/1, Society of Fire Protection Engineers, Nya Zeeland

<sup>31</sup> Grimwood, Barnett, Firefighting Flow-rate, www.firetactics.com, januari 2005

krävde enastående insatser från insatspersonalen. Brandvåningarna hade dock konsumerat det mesta brännbart och den slutgiltiga släckningen skedde under brandens avsvältningsfas samtidigt som man satsade stort på att hindra forstsatt spridning uppåt.<sup>32</sup>

Paul Grimwood anser att övergången mellan det flöde som krävs för att släcka branden under utvecklingsfasen och den fullt utvecklade branden gentemot att släcka den under avsvältningsfasen ligger någonstans runt 226-380 l/min per 100m<sup>2</sup> horisontell brandyta. Paul Grimwoods formel om taktiskt flöde baseras på brandens horisontella area, dvs. golvytan. Produkten av arean multiplicerat med fyra blir det taktiska flödet i l/min.

$$Q = A \times 4$$

Q= Taktiskt flöde (l/min)

A= Area (m<sup>2</sup>)

Ekvation 4.1. Paul Grimwoods formel för beräkning av taktiskt flöde.

Om branden har spridit sig till att innefatta byggnadens konstruktion såsom väggar, golv, och en kraftig spridningsrisk finns så bör det taktiska flödet ökas med 50 %. Ekvation 1 kan enligt Grimwood användas för brandrum på 50-600 m<sup>2</sup> och en takhöjd runt ca 2,5 m.

## 6.2.2 Verifiering av taktiskt flöde

Barnett på SFPE i Nya Zeeland har visat validiteten hos Paul Grimwoods taktiska flöde genom att kombinera sin teoretiska forskning med Paul Grimwoods flödesberäkningar<sup>33</sup>. Hans metodik var att jämföra den energi som vattnet kan absorbera med brandeffekten. Den energi som krävs för att 100 % förångas 1 kg (1 liter) vatten från 18°C till 100°C vattenånga är 2,6 MJ. Vattnet kan dock inte i verkligheten användas med en 100 % effektivitet. Effektivitetsvärdet för släckning har i tidigare forskning antagits till en tredjedel 33 %. Ny forskning visar att värdet kan vara underskattat. Ett nytt effektivitetsvärde på ca 75 % för dimstrålrör och 50 % för enhetsstrålrör har föreslagits av Barnett vilket även kommer att användas i detta arbete.

### Exempel 1

Energiupptagning (Q<sub>s</sub>) för ett strålrör med ett flöde på 3,33 kg/s (200 l/min) blir 8,7 MW om vattnet med utgångstemperaturen på 18° perfekt omvandlas till en 100° ånga.

$$Q_s = 3,33 \text{ kg/s} * 2,6 \text{ MJ/kg} * 1,00 = 8,7 \text{ MW}$$

### Exempel 2

Då effektivitetsvärdet för ett dimstrålrör endast är 75 % så blir värmeupptagningen.

$$Q_s = 3,33 \text{ kg/s} * 2,6 \text{ MJ/kg} * 0,75 = 6,5 \text{ MW}$$

Ett kontor som brinner med en 100 % effektivitet kommer att ha en brandeffekt på ungefär 0,25 MW/m<sup>2</sup>. Förbränningseffektiviteten uppskattas av Cliff Barnett till 0,5 då resten av energin ventileras till fria eller finns kvar som obränt bränsle.

### Exempel 3

Brandeffekt för en fullt utvecklad brand på ett kontorsplan med en effektiv area på 400 m<sup>2</sup> i en brandcell (lite större än ett våningsplan på Wennergren Center).

$$400 \text{ m}^2 * 0,25 * 0,5 = 50 \text{ MW}$$

<sup>32</sup> Grimwood, Paul, Fire Prevention and engineers journal, juli 2005

<sup>33</sup> Barnett, C, SFPE (NZ) TP/2004/1



Effektutvecklingen för en fullt utvecklad brand på ett 400 m<sup>2</sup> våningsplan i brand är ungefär 50 MW. Detta är en förenkling då branden i verkligheten utvecklas med tiden och förbränningseffektiviteten kommer endast för en liten del av brandförloppet att vara 0,5, annars kommer den att vara lägre. För att kunna göra en kvalificerad uppskattning fungerar dock den här metoden utmärkt.<sup>34</sup> Genom att kombinera formeln från exempel 2 med formeln i exempel 3 så kan räkna man ut det taktiska flödet som krävs för att offensivt angripa branden.

$$Q = \frac{Q_{\max} \times k_f}{k_w \times Q_w} = \frac{A \times 0,25 \times 0,5}{0,75 \times 2,6}$$

Q= Flöde i (l/s)

Q<sub>maz</sub>= Maximal brandeffekt (MW)

K<sub>f</sub>= Förbränningseffektivitet

k<sub>w</sub>= Effektivitetsvärdet för släckning

Q<sub>w</sub>= Teoretisk maximal värmeupptagning för vatten (MW/l/s)

Ekvation 2. Validering av taktiskt flöde

Genom att sätta in arean 400 m<sup>2</sup> i ekvation 2 och räknar om resultatet till flödet i l/min så blir flödet 1539 l/min. Detta är en kvalificerad uppskattning av hur stort flöde som krävs för att kunna offensivt angripa branden. Denna ekvation är svår att tillämpa på brandplats men Grimwoods formel ger ungefär samma flöden som Ekvation 2.

### 6.2.3 Diskussion om det taktiska flödet

I verkligheten så kan vattnet förångas till flera hundra grader C och det taktiska flödet skulle i så fall bli mindre. Att vattnets värmeupptagningsförmåga underskatts utgör en säkerhetsfaktor med tanke på att både förbränningseffektiviteten kan öka och effektivitetsvärdet för ett dimstrålrör kan minska. I ett höghus med glasfasader blir öppningsfaktorn stor och det påverkar brandförloppet genom tillgången på syre, detta skulle kunna innebära att förbränningseffektiviteten är högre i dessa hus, särskilt med tanke på den positiva effekt på brandförloppet som vinden kan ha.

Man skulle kunna tänka sig att dimstrålrörets effektivitetsvärde skulle minska på hög höjd främst med tanke på det lägre stålströstrycket vilket ger en sämre strålbild med större vattendroppar. Jag anser dock att man inte bör räkna på enhetstrålrörets effektivitetsvärde på 50 % då ett högt flöde kommer att kräva flera rökdykargrupper och det är främst samarbetet och tillvägagångssättet som bestämmer effektiviteten i dessa fall.

Man kan jämföra ekvationen med taktiskt flöde med uppgifter i andra publikationer:

- En rökdykargrupp med ett normalt dimstrålrör klarar enligt Särdaqvist<sup>35</sup> att släcka en brand på max 50-100 m<sup>2</sup>, större yta går knappast att täcka in. Detta värde stämmer bra med ekvation 2 som med ett flöde på 300 l/min hamnar någonstans runt 75 m<sup>2</sup>.
- I boken inomhusbrand<sup>36</sup> anges 15-20 MW som den största brandeffekt en rökdykargrupp klarar av. Denna effekt är större än den normala lägenhetsbranden. Om man kopplar det till ekvation 2 så ger det en area på 120-160 m<sup>2</sup>.
- Med maxflödet ur ett Ultimatic strålrör på 500 l/min (8,4 kg/s) så blir maxeffekten enligt ekvation 2 16,4 MW.

Ett stort flöde är dock inte alltid svaret på brandgaskylning även om olika bränder kräver en viss mängd vatten för att kunna bekämpas. Hur det vatten som finns tillgängligt tillförs branden är avgörande. Att vattnet kan transporteras ut ur brandrummet som vattenånga efter

<sup>34</sup> För ytterligare information se Brandskyddshandboken, LTH

<sup>35</sup> Särdaqvist, S, Vatten och andra släckmedel.

<sup>36</sup> Bengtsson, LG, Inomhusbrand.

att tagit upp värmen från de heta brandgaserna istället för att rinna ut längs golvet med liten kyleffekt är avgörande för hur effektiv släckningen har varit.<sup>37</sup> Släckförmågan är givetvis beroende på åtkomligheten och den individuella förmågan hos rökdykarna.

### 6.2.4 Övriga matematiska formler för att beräkna vattenflödet

Det finns flera andra matematiska formler för att beräkna vattenflödet. Dessa redovisas några av dessa som en jämförelse.

*Fiktiv Area: 400 m<sup>2</sup>*

*Våningshöjd: 2,8 m*

Utgivare	Formel	Flöde för fiktiv area
Särdqvist	$Q = 61 \times A^{0,57}$	1856 l/min
Royer & Nelson	$Q = 1,34 \times A \times h$	1340 l/min
National Fire Academy	$Q = \frac{A \times 0,0929 \times \frac{h}{0,3048}}{100 \times 3,785}$	1337 l/min
IOWA State University Method	$Q = \frac{V}{45} \times 60$	1333 l/min
Illinois Institute of technology (IITRI) bostäder	$Q = -0,0395 \times A^2 + 20,38 \times A$	1832 l/min

Tabell 1. Tabell över matematiska formler för att beräkna vattenflödet.<sup>38</sup>

### 6.3 Krav på vattenflöde i olika standarder

Sprinklerstandarden SBF 120 ställer krav på vattentäthet. För låg riskklass, normalt bostäder, och kontor är den 2,25 l/m<sup>2</sup>min under minst en halvtimme och med en 80 m<sup>2</sup> verkningsyta. För normal industri rekommenderas 5 l/m<sup>2</sup>min under en timme. Verkningsytan varierar med typen av anläggning.<sup>39</sup> En direkt jämförelse till kravet på vattentäthet hos sprinklern och krav på flöde från en stigarledning blir felaktig då sprinklern är utformad att aktiveras i ett tidigt skede av brandförloppet. En brand växer med tiden och likaså kravet på flöde.

Sprinkleranläggning i höga byggnader skall enligt EU normen för sprinkler EN 12 845:2004 uppfylla kraven för normal riskklass 3, dvs. 5 l/m<sup>2</sup>min.

Kravet på vattenflöde i dagens standard för stigarledning SS 3112 är att stigarledningen skall dimensioneras för flöde upp till 1000 l/min. Detta krav är en maxgräns och såldes saknas något minimivärde för projektörerna att arbeta med.

### 6.4 Internationellt krav på vattenflöde

#### NFPA 14

Ett stigarledningssystem skall ha en kapacitet på minst 1893 l/min för den första stigarledningen och 946 l/min för varje utöver detta (om det finns fler än en) upp till ett högsta flöde på 4731 l/min. Vattenförsörjningen skall vara säkrad till minst 30 minuter.

#### UK, BS 5306 Part 1:1976, Draft BS 9990

Vattenfyllda/trycksatta stigarledningar krävs vid våningshöjd över 60 m. Varje pump som försörjer vattenfyllda stigarledningar skall minst kunna ge ett flöde på 1500 l/min. Detta anses motsvara 3 angreppslangor med 500 l/min vardera. Det skall påpekas att efter den 11

<sup>37</sup> Handell, A Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning.

<sup>38</sup> Särdqvist, S (2002)

<sup>39</sup> Särdqvist, S (2002)

september så har stigarledningarnas konstruktions kritiserats hårt i Storbritannien och ett flertal studier har gjorts.<sup>40 41 42</sup>

### ***6.5 Krav på vattenflöden från olika räddningstjänster***

#### **Stockholm**

Krav på vattenflöde har funnits på Kista Science Tower med 700 l/min. Kista Science Tower är en sprinklad kontorsbyggnad på 32 våningar. Vid ombyggnationen av Skatteskrapan till studentbostäder har krav ställs på 600 l/min. Byggnaden är ungefär 80 m hög och kommer att sprinklas.

#### **Göteborg**

Göteborg har idag inga riktlinjer för vilket vattenflöde som skall krävas utan man utgår från standarden SS-3112.<sup>43</sup>

#### **Malmö**

Malmö ställde krav vid på vattenflödet vid byggandet av 190 meters bostadshuset Turning Torso. 1200 l/min med ett tryck av 4-5 bar när sprinklern inte är aktiverad, och 600 l/min när sprinkler är aktiverad. Systemet ska kunna försörja tre strålrör.<sup>44</sup>

---

<sup>40</sup> Effect of reduced pressure on performance of firefighting branches in tall buildings, ODPM, 2004

<sup>41</sup> Hydraulic Calculations of wet and dry risers, ODPM, 2004

<sup>42</sup> Draft BS 9990 Code of practice for non-automatic fire-fighting systems in buildings

<sup>43</sup> Intervju Anders Johansson 2005

<sup>44</sup> Brandskyddsdocumentation Turning Torso

## 7. Stigarledning

Alla stigarledningar är samma ändamål; att transportera vatten till brandsläckning. Hur dessa system är utformade kan variera. Systemen kan delas upp efter om den är vattenfylld eller inte. En torr stigarledning behöver försörjas av brandförsvarets pumpar. En våt stigarledning, även kallad vattenfylld, eller trycksatt stigarledning har i de fall de förekommer i Stockholm en fast installerad brandpump som skall försörja systemet i drift.

### 7.1 Brandvattensförsörjningssystem vid torr stigarledning

En torr stigarledning består av ett stigarrör som nedtill är försett med vattenintag för anslutning av räddningstjänstens pumpar, och upptill och på olika våningsplan med vattenuttag för anslutning av manöverslang.

Brandvattensförsörjningssystemet vid torr stigarledning kommer därför att bestå av:

1. Brandpump.
2. Brandslang mellan pump och intaget på stigarledningen.
3. Stigarledning
4. Brandslang mellan uttaget och strålröret,
5. Strålrör

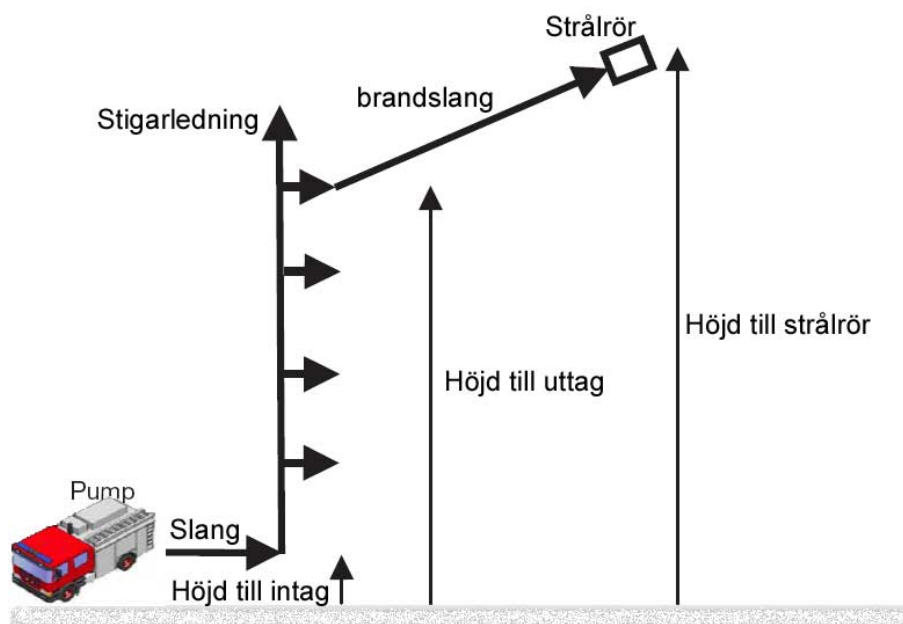


Bild 7.1 Schema över brandvattensförsörjningssystem vid torr stigarledning

### 7.2 Stigarledningens utveckling

Vid de hus som byggdes på slutet av 50-talet så krävde brandförvaret att torra stigarledningar med 65 mm diameter (2½”) skulle installeras. Anledningen att de skulle installeras var att brandförvaret skulle slippa dra slang i trapphuset. Någon djupare hänsyn vilket tryck och flöde man skulle få ut på våningsplanen fanns inte. Byggnaderna från slutet av 50-talet har alla kvar de torra stigarledningarna och de löper i byggnadens TR 1 trapphus, förutom skatte/studentskrapan som har fått en trycksatt stigarledning.

I byggreglerna, BABS 1960 föreskrevs det att:

”Stigarledning för tillförsel av vatten vid brandsläckning anordnas i trapphus till byggnaden med fler än 8 våningar. Ledningar förses med dubbla uttag i minst varannan våning med början ej högre än det åttonde våningsplanet.

Anm.: Stigarledning bör ha dimension av minst 63 mm (2½"). Ledningen bör normalt stå tom men vid brand kunna anslutas till brandkårens pumpar. Anslutningsanordningen bör vara lätt tillgängligt invid entrén och skyddad mot åverkan. Såväl intag som uttag placeras lämpligen i nischer, som tillslutes med dörrar av plåt, försedda med lås, som öppnas med s.k. brandskåpsnyckel. För anslutning till brandkårens sprutor anordnas 63 mm normalkoppling (SMS 1157 och 1158). Uttagen förses med 32 mm klokoppling (SMS 1179 och 1180) och avstängningsventiler.”

Med BABS 1967-så ställdes lägre krav på dimensionen; anslutningsnummer 50, motsvarande nominell storlek 50 mm. Brandförsvaret i Stockholm ställde dock krav på 2½" (63mm) vilket troligt är den minsta dimension som finns i befintliga byggnader. Kraven var i stort sett oförändrade tills det på 80-talet i Nybyggnadsreglerna, NR ställdes krav på stigarledningar i varje trapphus.

### 7.3 BBR:s krav på stigarledningar

Det idag gällande byggreglerna, BBR reglerar stigarledningar i 5:93:

I byggnader med fler än åtta våningsplan skall stigarledningar för tillförsel av vatten till brandsläckning anordnas i *alla* trapphus.

Ledningarna bör förses med uttag i minst varannan våning. I byggnader där alternativa utrymningsvägar såsom brandhissar, horisontell utrymning finns, bör stigarledningar med uttag i varje våningsplan finnas.

Såväl intag som uttag bör förses med varselmärkning enligt AFS 1997:11, och med texten "Stigarledning". Ledningarnas intag och uttag bör förses med lås, som endast kan öppnas med så kallad brandskåpsnyckel. Stigarledningar bör utformas enligt Svensk standard SS 3112.



Symbol för stigarledning.

Uttag kan enligt reglerna tillåtas på vartannat våningsplan. De bör då placeras på vartannat vilplan. Avståndet till det närmsta uttaget blir således aldrig mer än en halvtrappa upp eller ner.

### 7.4 Svensk standard på stigarledning

#### 7.4.1 Äldre standard, SIS 93 10 11

1975 kom den första standarden för stigarledningar. Stigarröret skulle sättas av samman av stålrör, och ha en nominell storlek på 50 mm. Standarden nämner inget om flöde och tryck.<sup>45</sup>

#### 7.4.2 Dagens standard, SS-3112

1979 ersattes den tidigare standarden med den nu gällande SS 3112. Standarden är endast tillämplig på stigarledningar under 70 m. Standarden föreskriver att:

Stigarledningar skall dimensioneras för ett vattenflöde *upp till 1000 l/min* vid strålrörstrycket 5 bar och vid ett pumptryck på 16 bar. In- och uttag skall förläggas bakom låsbar lucka. Stigarledning skall vara dimensionerad för drifttrycket 16 bar och den skall kunna motstå provtrycket 21 bar under tio minuter utan att läcka, eller skada uppstår. Stigarrör skall vara obehandlade eller förzinkade stålrör med en nominell storlek på 80 mm. Intag skall vara 63 mm normalkoppling, uttag skall enligt standarden vara två 32 mm klokopplingar.

#### 7.4.3 Amerikanska riktlinjer för stigarledningar, NFPA 14

Istället för att utforma stigarledningar enligt den svenska standarden så förekommer det i Sverige att man utformar den efter NFPA 14. Detta har främst skett då byggnaden är

---

<sup>45</sup> SIS 93 10 11

sprinklad enligt NFPA 13 (sprinkler) och stigarledningen kan vara hopbyggd med sprinklersystemet. Enligt NFPA 14 så finns det 5 olika kategorier av stigarledningar:

1. *Automatiskt vattenfyllt system.* Har alltid rören fyllda med vatten och har en automatisk tillgänglig vattenförsörjning som klarar av att försörja systemet vid drift.
2. *Automatiskt torrt system.* Rören är normalt fyllda med luft under tryck. Systemet fylls med vatten då en ventil öppnar. Fungerar ungefär som ett torrörssystem för sprinkler. Systemet är försett med en vattenkälla som klarar av att försörja systemet vid drift.
3. *Halvautomatiskt system.* Systemet har en egen vattenförsörjning som klarar av att försörja systemet vid drift. Rören trycksätts dock först vid aktivering av t.ex. brandlarm. Fungerar ungefär som ett förutlösningssystem för sprinkler.
4. *Manuellt torrt system.* Kallas även för torr stigarledning. Saknar egen vattenförsörjning. Systemet försörjs av räddningstjänstens pumpar.
5. *Manuellt vattenfyllt system.* Innehåller ständigt vatten. Vattenkällan klarar dock inte av att försörja systemet vid drift. Systemet måste försörjas av räddningstjänstens pumpar.

I USA så är de manuella systemen inte tillåtna i byggnader över 23 meter, dvs. ca 8 våningar. Anledningen är att det är krav på sprinklerinstallation i dessa, det ska med andra ord finnas en stationär brandpump i byggnaden.

Det skall finnas en stigarledning i varje trapphus. Ytterligare stigarledningar kan krävas om avståndet till utrymningsväg överstiger 46m i osprinklade och 61m i sprinklade byggnader. Uttag skall finnas på varje våningsplan, uttag skall även finnas i direkt anknytning till taket.

### **7.5 Inventering av stigarledningar i byggnader över 16 vån. i Stockholm**

<b>Byggnadens namn</b>	<b>Höjd</b>	<b>Våningar</b>	<b>Byggt år</b>	<b>Stigarledning</b>
Alvik Hotel Apartments	51 m	17	1999	Torr
Bonnierhuset	61 m	18	1949	Torr 63mm
Dagens Nyheter	84 m	27	1964	Torr 63mm
Duggregnet 5	50 m	17	1956	Torr 63mm
Farstavägen 87	55 m	17	1961	Torr 63mm
Farstavägen 89	55 m	17	1961	Torr 63mm
Farstavägen 91	55 m	17	1961	Torr 63mm
Folksamhuset	79 m	24	1959	Torr 63mm
Hötorgshus 1	72 m	18	1960	Torr 63mm
Hötorgshus 2	72 m	18	1960	Torr 63mm
Hötorgshus 3	72 m	18	1962	Torr 63mm
Hötorgshus 4	72 m	18	1962	Torr 63mm
Hötorgshus 5	72 m	18	1966	Torr 63mm
Kaknästornet	155 m	34	1967	Trycksatt
Kista Science Tower	128 m	30	2003	Trycksatt
Nyponet	56 m	21	1957	Torr 63mm
Personalbostäder SÖS	54 m	18	1953	Torr 63mm
Rica Hotel Älvsjömässan	72 m	18	2006	Torr 80mm
Scandic Hotel Ariadne	62 m	17	1989	Torr
Skatte/Studenthuset	81 m	25	1959/2006	Trycksatt
Söder Torn	83 m	24	1997	Torr, 80 mm
Södra Kungstornet	61 m	17	1925	Torr 63mm
Wennergren Center	76 m	25	1961	Torr, 63 mm

Tabell 7.1 Resultat av inventeringen 2005 av stigarledningarnas utformning inom stockholms brandförsvars släckområde på byggnader med fler än 16 våningar. Uppgifterna kommer från bygghandlingar på statsbyggnadskontoret i Stockholm och brandskyddsdokumentationer för nyare objekt.

## 8. Hydraulikberäkningar för torr stigarledning

Anledningen till att hydraulikberäkningar utförs är först och främst för att det finns ett stort antal torra stigarledningar i höga byggnader över 50 meter. Beräkningarna skall utreda om dessa duger då räddningstjänstens material inte är den samma idag som när stigarledningarna byggdes. Den andra anledningen är att bestämma vilken som är den högsta höjden som torra stigarledningar bör byggas.

### 8.1 Förutsättningar och uppgifter som användes vid beräkningarna

För att beräkna strålrörstrycket och vattenflödet från strålröret/en på ett korrekt sätt så krävs det detaljerade information om systemet och dess komponenter.

#### 8.1.1 Vattenkälla - Brandpump

I beräkningarna kommer Ruberg R 30 R-ALG användas. Denna pump sitter i de moderna basbilarna, se diagram 5.1.

#### 8.1.2 Brandslang mellan pump och intaget på stigarledningen

I många fall kan avståndet mellan brandpump och intag överstiga 25m. I beräkningarna kommer ett avstånd på 50m att användas. Beräkningarna kommer därför använda två parallella grovslangar till grenrör och därifrån en 25m grovslang till intaget. Höjdskillnaden mellan pump och intag har förutsatts till 0m.

Beräkningarna kommer att använda 63 mm grovslang och 76mm kommer endast att ingå i känslighetsberäkningarna.

De grenrör som används i Stockholm har en ekvivalent längd på 10 m 63 mm eller 30 m 76 mm. Anledningen till att använda ekvivalent längd är att det blir enklare att räkna ut den totala förlusten. Den dubblade slanglängden mellan pump och grenrör är 25 m, då dubblade slangar ger en fjärdedels förlust så blir den ekvivalenta längden 6,25 m. Enkel 25 m grovslang kopplas mellan grenröret och intaget. Om man räknar om den dubbla slangen innan grenröret och summerar allt så blir den totala slanglängden 41,25 m 63 mm eller 61,25 m 76mm. C-värdet på brandslang är 150.<sup>46 47</sup>

$$p = 6,05 \times \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times 10^5$$

Formel 6.1. Hazen-Williams formel för beräkning av strömningsförlust i ledning (bar per m).

P= Tryckförlust i bar per m

C= Friktionsförlustfaktor enligt Hazen Williams

Q= Flöde (l/min)

d= Genomsnittligt inre diameter (mm)

#### 8.1.3 Stigarledning

Då stigarledningar kan ha en varierande dimension så kommer också de förlusterna i dessa att vara olika. Friktionsförlusterna (rörets c-faktor) kommer att variera beroende på rörets ålder. Förlusterna i stigarledningar kan delas upp i dessa:

- Strömningsförlust i röret.
- Fasta förluster för ventiler, böjar.

---

<sup>46</sup> Tryckfall i Setex brandslang

<sup>47</sup> Vatten och andra släckmedel

- Tryckhöjd, dvs. höjden på stigarledningen.

### Friktionsförlust i röret

Precis som med slangförluster så blir det friktionsförluster i stigarledningar. Tryckförlusterna beräknas enligt formel 6.1. C-värdet 120 används för projekterade byggnader och C-värdet 100 för befintliga byggnader. Ett lägre C-värde ger en högre friktionsförlust.

Befintliga byggnader	Projekterade byggnader
C-värde=100	C-värde=120

### Fasta förluster

Stigarledningen beräknas med en 5 meter horisontell längd.

De fasta förlusterna har uppskattats med hjälp av NFPA 14, SBF 120:5, och BS 5306: del 2, tabell 37.<sup>48</sup> Tryckförluster i rördelar och ventiler beräknas genom att man lägger till en ekvivalent rörlängd på den ordinarie rörlängden.

Ekvivalent rörlängd för "fasta" förluster i meter				
	Nominell diameter, DN			
	50mm	65mm	80mm	100mm
Böj 90°	0,91	1,22	1,52	1,83
T-rör	3,05	3,66	4,57	6,10
Kägelventil i befintliga byggnader	7,6	9,4	11,8	14,8
Kägelventil i projekterade byggnader	1,83	2,13	3,05	3,66

### Tryckhöjd, dvs. höjden på stigarledningen

Höjden räknas från intaget till uttaget på det högsta våningsplanet.

#### 8.1.4 Brandslang mellan uttaget och strålröret

Alla undersökta byggnader med torra stigarledningar har två 32 mm uttag på varje våning för manöverslang. Standard är att använda sig av 50 m 42 mm, detta värde kommer att användas vid beräkningarna. Höjdskillnaden ( $h_2$ ) mellan uttag och strålrör kommer i beräkningsexemplet att vara 0 m. Strömningsförlusterna beräknas enligt formel 6.1.

#### 8.1.5 Strålrör

Strålrören TFT Ultimate och Fogfighter kommer att användas för beräkningarna. Se kapitel 2.2 för en ytterligare diskussion om k-faktorn.

TFT Ultimate har ett lägsta arbetstryck på 5,5 bar baserat på det strålrörstryck som ger 200 l/min. Ultimate skall enligt DAFO ha ett minimitryck runt 4 bar, under detta tryck så kommer det knappt något vatten alls, ca 80 l/min. Fogfightern har ett lägsta arbetstryck 4,5 bar även det baserat på det strålrörstryck som ger 200 l/min.

Strålrör	Används för:	k-värde
TFT Ultimate	Befintliga byggnader	96
Fogfighter	Projekterade byggnader	124

Tabell 6.1. K-värden för de två strålrör som behandlas i denna rapport.

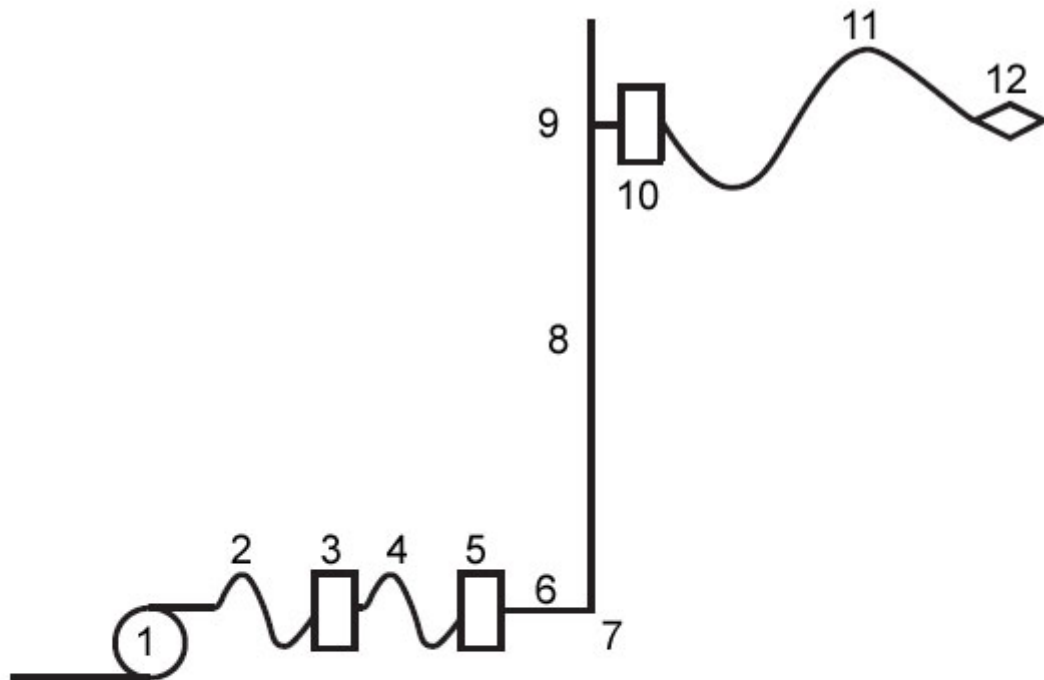
Som utgångspunkt vid projekterade byggnader så har strålrörstrycket 6 bar använts. Vid detta värde ger strålröret ca 300 l/min. K-värdet 124 för fogfightern har använts för att utgöra en säkerhetsfaktor.

<sup>48</sup> Hydraulic Calculations of wet and dry risers, hoses and branches. ODPM



I befintliga byggnader används k-värdet 96 strålröstrycket 5,5 bar, beräkningarna har därför ingen säkerhetsfaktor.

## 8.2 Schema över uppbyggnaden som har använts vid beräkningarna



1. Ruberg 30 R-ALG (2,74)
2. Dubbel grovslang 63 mm till grenrör, 25m
3. Grenrör (deltarör)
4. Grovslang 63mm mellan grenrör och intag, 25m
5. Intag (ingen förlust)
6. Horisontellt rör, d x 5m
7. Böj 90°, d
8. Stigarrör, d x höjd
9. T-rör (d)
10. Kägelventil (d)
11. Smalslang 42mm, 2 x 25m
12. Strålrör (TFT Ultimatic)

Figur 6.1. Schema över brandvattenförsörjningssystem vid torr stigarledning

### 8.3 Resultat

Hydrauliska beräkningar på stigarledningar genomfördes med hjälp av Brandgruppen i Stockholm.

Vid beräkningarna är en viktig variabel hur många strålrör som används, dvs. vattenflödet. Antalet strålrör innefattar hur många strålrör som kan behövas för att räddningstjänsten skall ha en möjlighet att effektivt och säkert angripa ett tänkt brandscenario, i resultatdelen kallat; *dimensionerande antal strålrör*.

#### 8.3.1 Befintliga byggnader

Stigarledningar i de äldre höga byggnaderna från 50-60 talet har dimensionen 63mm. I beräkningarna har det förutsatts att stigarledningarna fungerar.

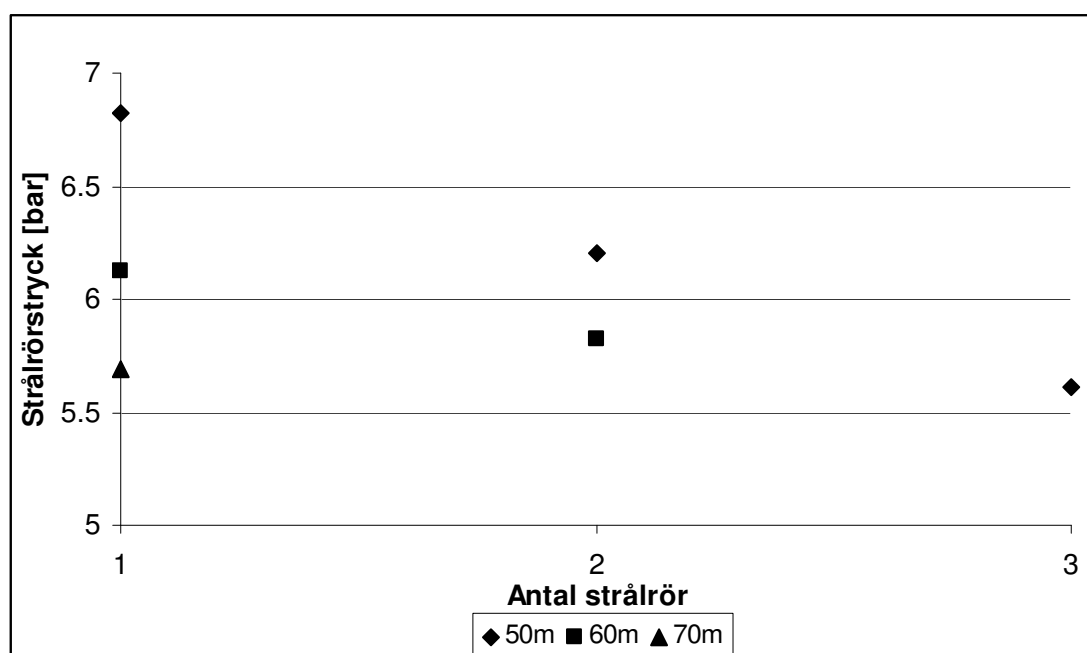


Diagram 8.1. Strålrörstryck ur äldre 63mm stigarledningar försörjt av Ruberg-R30.

Diagram 8.1 visar vilket strålrörstryck man får vid olika höjder vid användandet av äldre stigarledningar. Strålrörstrycket minskar vid ökad höjd och ökat antal strålrör. Det innebär att man inte kan använda hur många strålrör som helst. Vid en viss höjd så finns det ett maximalt antal strålrör som kan användas innan strålrörstrycket sjunker under det rekommenderade lägsta arbetstrycket 5,5 bar.

Antal strålrör	1	2	3	4
	73m	61m	50m	37m

Tabell 8.2. Maximal höjd på torra 63 mm stigarledningar för att uppnå lägsta arbetstryck; 5,5 bar.

Tabell 8.2. visar hur högt man egentligen skulle ha fått bygga torra stigarledningar med 63 mm dimension med tanke att strålrörets lägsta arbetstryck skall kunna uppnås. Skall två strålrör kunna användas vilket är ett praktiskt minimum då rökdykarledaren skall kunna undsätta rökdykarna med eget strålrör så bör den torra 63 mm stigarledningen inte byggas högre än 61 m.

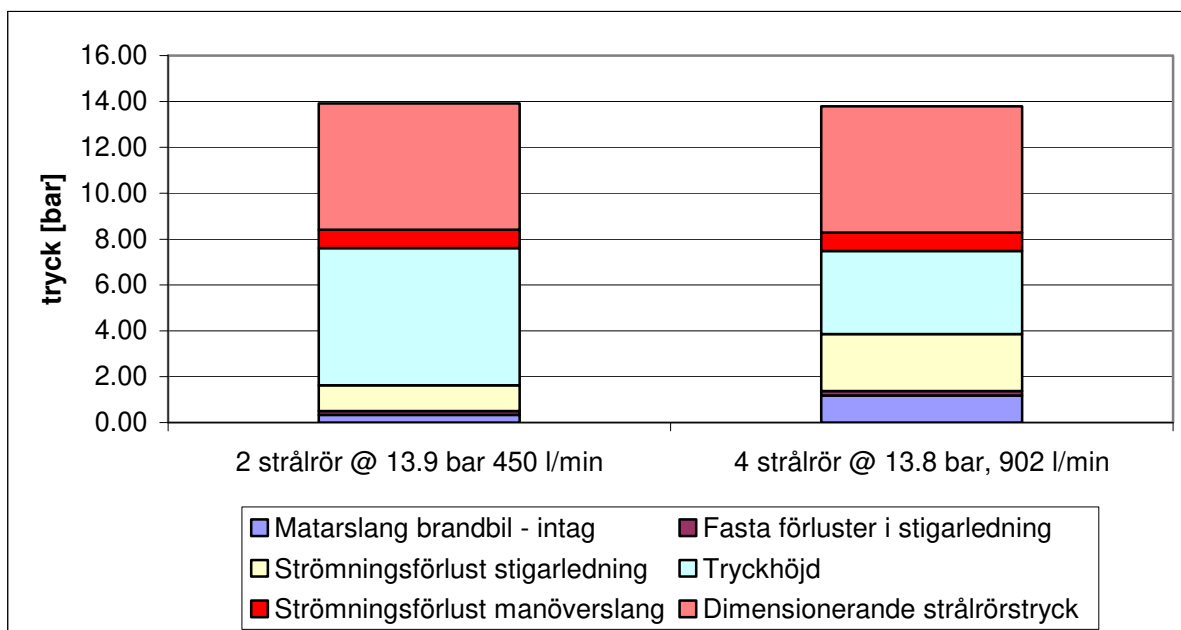


Diagram 8.2. Förlustfördelning för brandvattenförsörjningssystem med stigarledning i 63mm dimension.

Diagram 8.2 visar fördelningen av förluster i systemet..

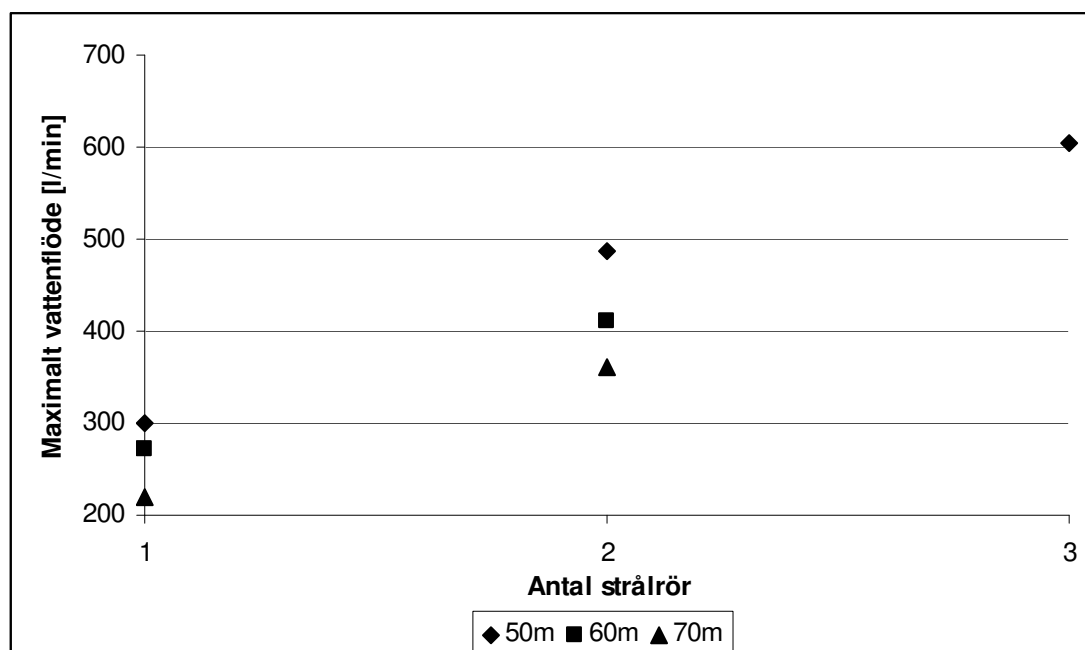


Diagram 8.3 Praktiskt högsta vattenflöde som kan användas för brandsläckning.

Diagram 8.3 visar hur stort vattenflöde som kan tas ut ur stigarledningen beroende på antalet strålrör som används och höjden till uttaget. Flödet är beräknat med hänsyn till att strålrörets lägsta arbetstryck på 5.5 bar skall upprätthållas. Därför kan t.ex. inte fler än 2 strålrör försörjas vid höjder över 60 meter, och inte heller mer vatten tas ut. Diagram 8.3 kan kopplas till taktik då man snabbt kan se att möjligheterna att angripa branden offensivt minskar vid en högre höjd. Bränder som omfattar större yta än 100 m<sup>2</sup> kommer inte att kunna angripas offensivt på höjder över 50 m (ca 15 våningar).

### 8.4.3 Projekterade byggnader

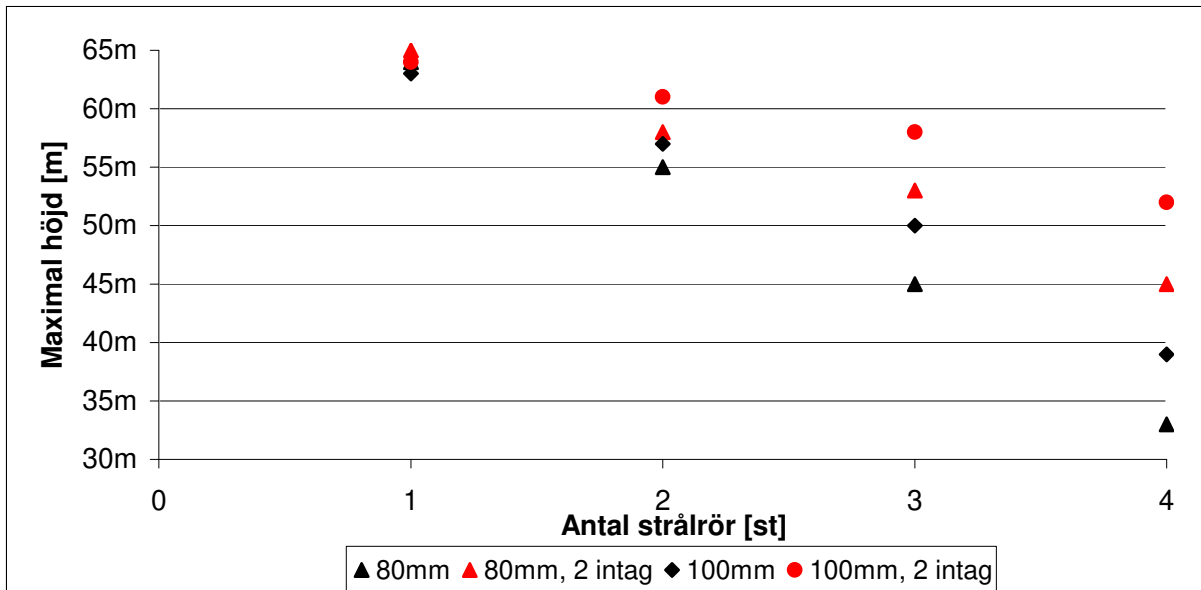


Diagram 8.4. Maximal höjd på torr stigarledning uppdelat på stigarledningens dimension, antal intag, och dimensionerande antal strålrör.

Antal strålrör	80mm	80mm, 2 intag	100mm	100mm, 2 intag
1	64m	65m	63m	64m
2	55m	58m	57m	61m
3	45m	53m	50m	58m
4	33m	45m	40m	53m

Tabell 8.4. Maximal höjd på torr stigarledning uppdelat på stigarledningens dimension och dimensionerande antal strålrör.

Diagram 8.4 och tabell 8.4 visar hur högt det går att bygga torra stigarledningar. Över dessa höjder kan ytterligare anordningar såsom tryckhöjningspumpar behövas för att stigarledningens dimensionerade antal strålrör säkert och effektivt skall kunna försörjas. Den maximala höjden minskar desto fler dimensionerande strålrör därför att strömningsförlusterna i matarslang och stigarledning ökar.

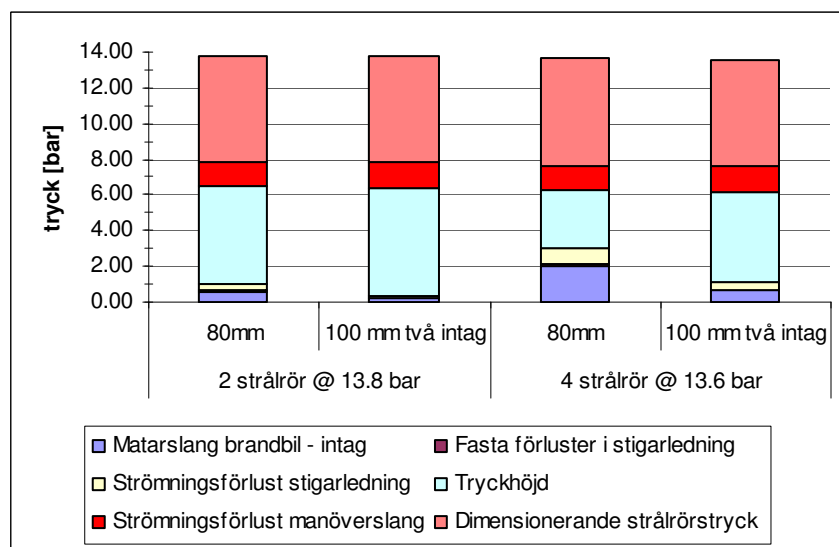


Diagram 8.5. Fördelning över förluster i torra stigarledningar beroende på dimensionerat antal strålrör, antal intag och stigarledningens dimension.

Som en jämförelse visar diagram 8.5 hur förlusterna i systemet är uppdelade. Man kan se hur förlusterna för grovslangen till intaget och friktionsförlusterna växer med ökat flödet och därmed påverkas stigarledningens maximala höjd kraftigt negativt. Strömningsförlusterna i stigarledningen är relativt liten del av de totala förlusterna. Förutom tryckhöjden så är det främst strålrörstrycket och förlusterna i brandslang mellan brandbil och intag som sätter begränsningarna. Det innebär att om en lågtrycksstrålrör eller ett kombinationsstrålrör skulle användas så kan stigarledningar byggas betydligt högre eller räddningstjänsten kan få fram ett högre vattenflöde ur befintliga stigarledningar.

#### 8.4.4 Känslighetsanalys för torra stigarledningar

En känslighetsanalys har utförts för att verifiera beräkningarna.

Scenario	Antal strålrör			
	1	2	3	4
Ordinarie beräkning, 80 mm, ett intag	64m	55m	45m	33m
Större friktion i stigarröret <sup>49</sup>	63m	54m	43m	30m
76 mm istället för 63mm grovslang till intaget	65m	58m	49m	44m
K-värde 96, strålrörstryck 6 bar	70m	65m	58m	49m
K-värde 124, strålrörstryck 5.5 bar	70m	62m	52m	40m
K-värde 124, strålrörstryck 7 bar	51m	42m	32m	19m
Lågtrycksstrålrör 300 l/min @ 4 bar <sup>50</sup>	84m	75m	63m	50m

Tabell 8.5. Känslighetsanalys över maximal höjd på torra stigarledningar uppdelat på olika scenarier och antalet dimensionerande strålrör.

<sup>49</sup> Större friktion i stigarröret innebär att ett C värde på 100 istället för 120 används. Kan motsvara slitage, rost, och/eller dåligt underhåll.

<sup>50</sup> Lågtrycksstrålrör innebär TFT Midforce som egentligen är ett kombinationsstrålrör (7 bar normalt tryck/4 bar lågtryck).

## 9. Brandvattensförsörjningssystem vid trycksatt stigarledning

Trycksatt eller vattenfylld stigarledning har en fast brandpump i byggnaden som skall försörja systemet vid drift. De byggnader som finns i Stockholm är inte utförda på samma sätt. I en del byggnader måste brandpumpen startas manuellt i sprinkler centralen. Trycket vid uttagen och dimensionerade flöde varierar också. Utförandet av trycksatta stigarledningar bygger ofta i Sverige på hydrauliska beräkningar samt den amerikanska standarden NFPA 14 – Standpipe.

Byggnad	Tryck vid uttaget (bar)	Flöde (l/min)	Sprinkler
Kista Science Tower, Stockholm	10	700	JA (NFPA)
Kaknästornet, Stockholm			JA
Studentskrapan, Stockholm	7	600	JA
Turning Torso, Malmö	4-5	600 (1200 l/min utan sprinkler)	JA
Aros, Västerås			NEJ

Diagram 7.1 Inventering av trycksatta stigarledningar i Sverige.

### 7.1 Hydraulikberäkningar för trycksatta stigarledningar

Hydraulikberäkningar har utförts för att undersöka vilket tryck som bör finnas vid uttaget på våningsplanen.

#### 7.1.1 Underlag för hydraulikberäkning

Trycksatta stigarledningar bör ha 63mm uttag istället för 38/42mm. Vid insats så kopplar räddningstjänsten på ett litet grenrör. På grenröret kopplas 50 m 42mm manöverslang fram till strålröret. Strålrören TFT Ultimatic (k-värde 96) och fogfighter (k-värde 124) kommer att användas.

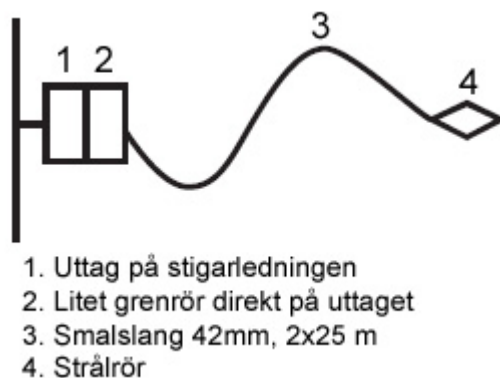


Bild 7.1 Principskiss för beräkning

Ett litet grenrör uppskattas ha en ekvivalent längd på 15m 42mm manöverslang. Det innebär att den totala slanglängden blir 65 m. Beräkningar utförs för att ta reda på förhållandet mellan trycket vid uttaget och strålrörstrycket.

## 7.1.2 Resultat

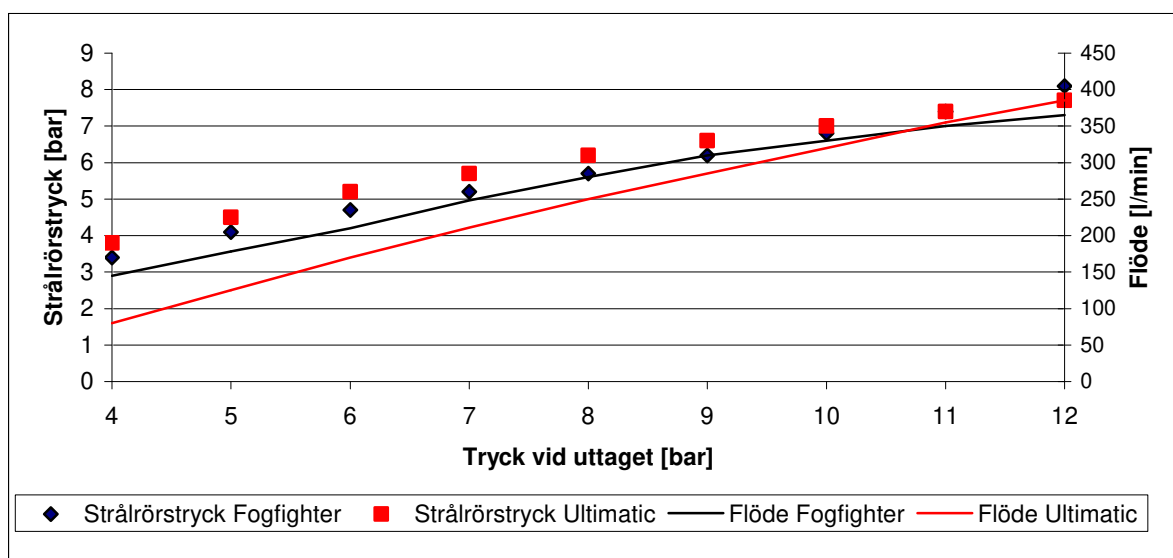


Diagram 7.1 Förhållandet mellan tryck vid uttaget och strålrörstryck respektive flöde.

Diagram 7.1 skall utgöra ett beslutsunderlag för räddningstjänsterna då projektörer vill ha riktlinjer för utformning av trycksatta stigarledningar. Förhållandet är logiskt, desto högre tryck vid uttaget ju högre strålrörstryck och med detta ett högre vattenflöde.

### 7.1.2 Diskussion om trycksatta stigarledningar

Diagram 7.1 skall ställas i jämförelse med strålrörens lägsta arbetstryck och normala arbetstryck. TFT Ultimatic har ett normalt arbetstryck på 7 bar och ett lägsta arbetstryck på 5,5 bar (200 l/min). Fogfighter har ett normalt arbetstryck på 6 bar och ett lägsta arbetstryck på 4,5 bar (200 l/min).

För att uppnå ett *normalt arbetstryck* så behövs det 10 bar vid uttaget för TFT Ultimatic och ca 9 bar för Fogfighter. För att uppnå *lägsta arbetstryck* så behövs 7 bar för TFT Ultimatic och 6 bar för Fogfighter.

Trycket vid uttaget får inte vara hur högt som helst. Det är främst slangarnas arbets- och sprängtryck samt manövermöjligheten för strålförarna som bestämmer detta värde. Brandslang har ett arbetstryck runt 15 bar och ett sprängtryck 35-50 bar, dock gör slitage att deras driftsäkerhet minskar vid tryck över 10 bar. Manöverslangar med ett tryck över 12 bar blir betydligt svårare att hantera.

I de amerikanska riktlinjerna för stigarledningar, NFPA 14 föreskrivs att stigarledningen skall kunna ett minsta nominellt tryck på 6,9 bar vid det högsta uttaget på varje stigarrör, vid flödet 946 l/min från de två översta uttagen. Maxtryck vid uttagen skall vara 12,1 bar.

Kommittén bakom NFPA 14 förslög först ett lägsta tryck på 8,62 bar vid det hydrauliskt mest avlägsna stigarröret vid det dimensionerande flödet men bestämde sig till slut för ett lägsta tryck på 6,9 bar. Kommittén hade i åtanke att brandpumpen ger ett betydligt högre tryck vid lägre flöden (8,3 bar eller mer). Man ansåg att trycket inledningsvis skulle räcka att försörja två strålrör. Skulle insatsen kräva så skulle räddningstjänstens pumpar kunna höja trycket.

Vid projektering så skall också det dimensionerande flödet bestämmas. Vattenflödets storlek bestäms av antalet dimensionerade strålrör samt trycket vid uttaget. För att förenkla bör flödet bestämmas med utgångspunkt för flödet vid strålrörets normala arbetstryck. För TFT Ultimatic är detta ca 320 l/min (7 bar) och för Fogfighter ca 300 l/min (6 bar). Antalet dimensionerande strålrör beror starkt på om byggnaden är sprinklad eller inte, dock skall minst två strålrör samtidigt kunna försörjas. En fortsatt diskussion om detta finns kapitel 12.

I riktigt höga byggnader kan också stigarledningarna delas in i olika zoner (precis som t.ex. ventilationen) för att begränsa tryckhöjden. Anledningen är att man vill begränsa tryckklassen på rör och ventiler, för att man slipper använda dyra högtrycksdelar. NFPA 14 har ansett att det högsta trycket i systemet skall vara 24 bar. Om delar i stigarledningen har lägre tryckklass än detta så är det de som bestämmer det högsta trycket i systemet.



## 10. Metoder för förbättra vattenförsörjningen på högre höjd

### 10.1 Rätt handhavande av stigarledning

#### *Tryckhöjningspumpar*

#### *Stigarledningar*

- *Avluftning?*
- *Avstängningsventiler?*
- *Dränering?*

#### *Vattenfyllda stigarledningar*

- *Hög riskmiljö*
- *Trycka branden runt mittkärnan*
- 

#### 10.1.2 Risker med höga tryck

Vid höga tryck så finns det risker som särskilt måste uppmärksammas. Skulle en slangledning brista eller lossa från sin anslutning kommer den fria strålen eller den flygande slangen, när den träffar någon/något att ställa till med stor skada. Alla som rör sig vid slangsystemet måste vara mycket observant på dessa risker. Även en bristning av stigarledningen som löper direkt i trapphuset kan åstadkomma skada för utrymmande personer och räddningspersonal. Några enkla regler kan sägas gälla för att förhindra att någon skadas vid ett brott.

- Området framför pumpen spärras av. Ingen personal skall vistas inom området, pumpskötaren endast om han måste.
- Stå aldrig gränsle över slangledningarna som är satta under högt tryck.
- Slangar till intag kan säkras med rep eller liknande.
- Stigarledning bör helst löpa i ett avskilt schakt, inte direkt i trapphuset.

### 10.2 Förbättra vattenförsörjningen till intaget

För att minimera strömningsförlusterna mellan brandpump och intag så bör ledningarna dubblas. Detta görs bäst genom att ett grenrör sätts direkt på intaget. Det finns dock inte alltid plats vid intaget då det kan vara placerat inne i lucka.

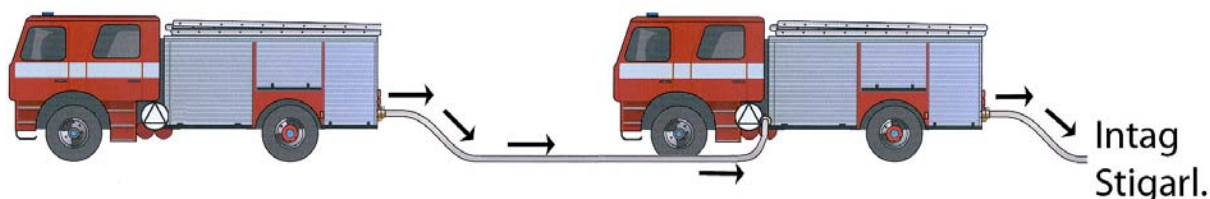
En sämre lösning men ändå fungerande är att koppla in en matarslang via övergångskoppling till de lägsta intaget från en annan pump och på så vis får man två intag. Detta gäller dock bara om ett intag finns på de lägre våningarna.

En metod som kan användas om den fasta brandpumpen fallerar hos vattenfyllda stigarledningar är att koppla matarslang mellan brandbil och det lägsta intaget. Stigarledningen fungerar då som en torr stigarledning. Det finns dock en risk för att en del tryckreduceringsventiler fungerar som en backventil därför att vatten försöks tryckas in från "fel" håll.

Slangdragning till intaget på en torr stigarledning bör göras så att slangen på bästa sätt skyddas från nedfallande byggnadsdelar, t.ex. genom att dra den längs fasaden eller skydda den med stegar eller liknande.

Användandet av 76mm brandslang mellan brandpump och intag minskar slangförlusterna och bör användas stället för 63mm.

### 10.3 Öka vattentrycket genom slutna seriekörning

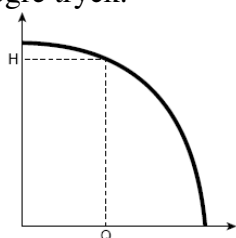


Pumstrycket är en begränsande faktor, om ett högre pumstryck används så skulle vatten kunna pumpas högre eller ett högre strålrörstryck kunna uppnås. En metod för att höja pumstrycket är köra slutna seriekörning mellan minst två brandpumpar.

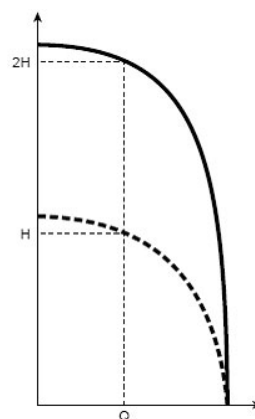
Uttaget skall gå direkt in i den andra pumpen utan att passera en tank eller liknande. Genom detta kan man använda intrycket som tillsammans med trycket från den andra pumpen kan ge ett högre uttryck.

Om man skulle koppla ihop två basbilar så skulle det innebära att man drar grovslang direkt till intaget för rundkörning som sitter bakom hytten. Rörledningarna för rundkörning går direkt till pumpen och det är främst till för att man skall kunna värma vattnet för t.ex. sanering. Den första pumpen kan köras på 5-10 bar. Pump två kan man dock köra på så högt tryck som den klarar av, så länge slangarna och stigarledning klarar av detta. Tankventilen på bil två skall vara avstängd. Pumpen Ruberg 30 R är trycktestad till 27 bar<sup>51</sup>, och BASbilarna är enligt autokaross trycktestade till 22<sup>52</sup> bar vilket gör att de utan problem bör klara av det högre trycket.

Värt att notera är att pumstrycket som visas på manometern är trycket vid uttagen, så där ser man effekten av seriekörningen. Det är troligen ännu bättre att köra slutna seriekörning med en motorspruta som den andra pumpen. Båda pumparna skulle kunna köras 10 bar. Pumparna har en högre verkningsgrad vid detta tryck och påfrestningarna kommer därför att bli mindre. För att kunna utföra slutna seriekörning i praktiken krävs att man använder sig av brandslang som klarar högre tryck.



En pump



Slutna seriepumpning med två likadana pumpar

Pumpkurvan från två seriekopplade pumpar kan ersättas med en ekvivalent kurva genom att de två kurvorna adderas vertikalt. Är pumparna identiska blir det totala maxflödet lika, medan det dämnda trycket dubblas.

Ett problem med slutna seriekörning är att stigarledningarna endast har utförda enligt SS 3112 (80mm) har tryckklass 16, dvs. max arbetstryck på 16 bar. De skall dock vara trycktestade till 21 bar under 10 minuter. Stigarledning utförda enligt tidigare principer har en okänd tryckklass.

<sup>51</sup> Intervju med Andreas Johansson på Ruberg AB

<sup>52</sup> Intervju med Jan Pettersson på Autokaross

## 10.4 Slangdragning i trapphus

Hydraulikberäkning har utförts för att undersöka hur många våningar upp som ett eller flera strålrör kan försörjas av matarslang i trapphuset. Detta kan behövas om stigarledningen fallerar eller att vattenförsörjningen måste förbättras.

### 10.4.1 Underlag för hydraulikberäkningar av slangdragning i trapphus

#### Våningshöjden

3,3 meter

#### Längd per våning

Uppskattad slanglängd per våningsplan är 10 meter. Det är svårt att uppskatta förlusten i de kraftiga böjar som kommer att uppstå på varje vilplan, men i rapporten så adderas 3 meter per våning slang för att kompensera denna förlust. Total slanglängd per våning blir därför 13 meter per våning. Slangdimensionen är 63mm.

#### Strålrörstryck

5,5 bar med k-värdet 85, vilket ger nästan exakt 200 l/min, vilket anses motsvara TFT Ultimatics egenskaper.

#### Längd från brandbil till entré

Längden till grenröret vid entrén uppskattas till ca 50 meter. Till grenröret kopplas dock dubblerad slang. Den ekvivalenta längden blir därför 12,5 meter.

### 10.4.2 Resultat

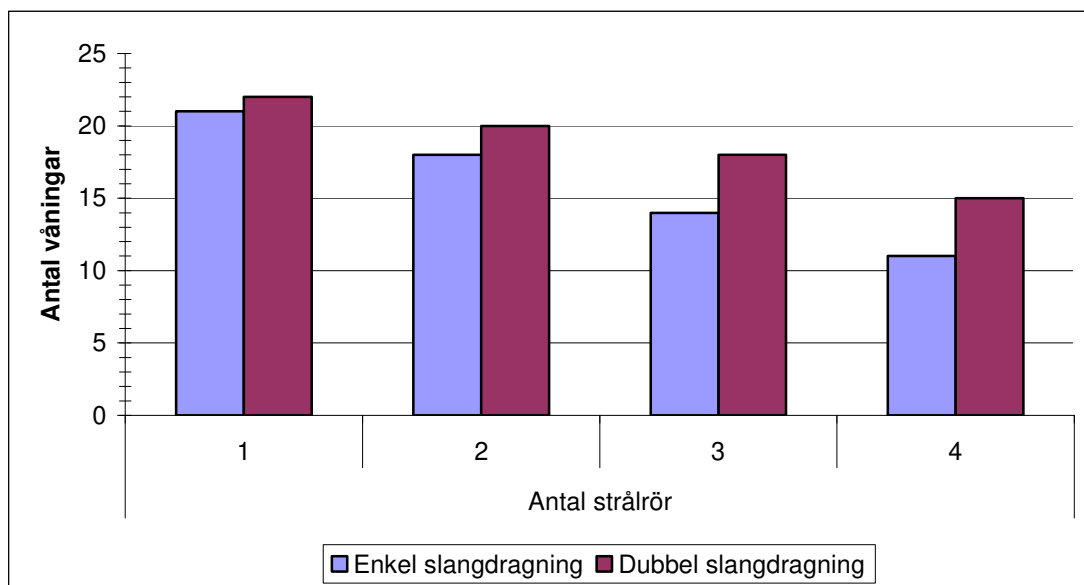


Diagram 8.1 Antal strålrör som kan försörjas av slangdragning i trapphuset.

En dubblerad slangdragning förbättrar endast den maximala marginellt när ett fåtal strålrör används. Dubbel slangdragning bör dock användas för att höja driftsäkerheten och om fler strålrör behövs användas.

	Antal strålrör			
	1	2	3	4
Enkel slangdragning	0.34	0.4	0.5	0.62
Dubbel slangdragning	0.33	0.36	0.39	0.45

Tabell 8.1 Tryckförlust per våning (bar).

### 10.4.3 Praktisk lösning för att bättra på vattenförsörjning till den 20:e våningen

Utgångspunkten är en styrka 1+3. Varje person tar 2x25m grovslang vardera, samt ett grenrör gemensamt. Slangen skall läggas ut med negativ slangdragning. Varje slanglängd räcker ca 2,5 våningar.

En brandman lämnar 2 längder grovslang på den 5 våningen och är sedan de andra behjälpliga. Vid den 10 våningen så lämnar man ytterligare två längder, en brandman stannar kvar. Övriga hjälps åt att bära de fyra längder som man har kvar. Vid den 15:de våningen lämnas ytterligare två längder, en brandman stannar där. Framme vid brandvåningen så följs rökdykarledarens eller sektorchefens anvisningar. Slangen dras sedan ned via trapphuset.

För att höja säkerheten och minska flödesförlusterna kan dubbla grovslangar läggas ut. Varje brandman tar då 4 längder vardera. Hissar kan också användas för att transportera slangar till en våning där brandmännen hämtar dem.

Tidsåtgång för slangdragning 20 våningar beräknas till 16 min (30 s per våning upp, 15 s per våning ner, 1 min för trycksättning) för en styrka på 3+1. Detta värde beror stort huruvida utrymning fortfarande pågår samt på miljön i trapphuset.

## 10.5 Sluten seriekörning med bärbara motorsprutor

Sluten seriekörning med motorsprutor innebär i detta fall att klass 1 och 2 som placeras uppe i byggnaden. Vid sluten seriepumpning bör det ingående trycket till motorsprutorna vara minst 1 bar. Är trycket lägre finns risk att slangens sugslutt. Om plattsugning skulle ske så skall trycket ökas på den första pumpen och eller minskas på den andra. Pumpröcket vid släckbilen bör inte vara högre än 12 bar pga. av risken för att slangarna sprängs.

### 10.5.1 Sluten seriekörning från Stigarledning

Seriekörning från uttaget på stigarledningen innebär att man kopplar en motorspruta, troligen klass 1 från uttaget. På motorsprutan kopplas sedan manöverslang till rökdykarna. Motorsprutan bör ställas 1-2 våning under branden av ljud och utrymmesskäl. En rökdykarinsats bör inte vara enbart beroende av en motorspruta, men det är upp till räddningsledaren att bestämma.

### 10.5.2 Sluten seriekörning med slangdragning i trapphuset

Den första motorsprutan bör sättas senast på den 15:e våningen. Vid brand på ett lägre våningsplan så bör motorsprutan sättas 1-2 våningar under branden, främst av utrymmes- och hörselskäl. Finns det möjlighet kan motorsprutor klass 2 användas. Dessa skall vara avtagbara och då väga max 200 kg. De är för tunga för att transporteras i trappan men om hissarna fungerar kan dessa användas. En klass 2 spruta skall minst kunna ge ett flöde på 1200 l/min vid 10 bar. Vid en storbrand men risk för snabb brandspridning kan en motorspruta klass 2 kraftigt öka möjligheten att med många strålrör angripa branden. Man bör dock inte förlita sig på endast en klass 1 sprutas funktion för en rökdykning.

## 10.6 Strålrör som kan användas vid lägre tryck

### 10.6.1 Lågtrycksstrålrör med tryckautomatik

Fördelarna med lågtrycksstrålrör är att de har ett lägre arbetstryck. Detta ger ett högre flöde vid lägre tryck. Strålbilden kommer dock att innehålla större droppar och därför minskar värmeupptagningsförmågan. Tryckautomatiken fungerar som för ett vanligt strålrör med tryckautomatik men arbetsområdet är betydligt lägre. Det finns ett flertal lågtrycksstrålrör på marknaden med tryckautomatik.

### 10.6.2 Kombinationsstrålrör

Det finns strålrör med tryckautomatik där trycknivån kan ställas in. Omställningen innebär att fjäderbelastningen i tryckregleringen justeras. Strålröret kan ha ett t.ex. normalt arbetstryck på 7 bar och ett lågtrycksläge på 4 bar. Normalläget har samma egenskaper som ett normalt strålrör med tryckautomatik, och man får på så sätt två strålrör i ett.

### 10.7 Grövre manöverslang

För att minska förlusterna/och eller åstadkomma ett högre vattenflöde i systemet kan en grövre manöverslang användas. I USA så använder många av de större räddningstjänsterna 63 mm slang som manöverslang vid höghusbränder. Detta förfarande kan dock bli svårt att direkt överföra till svensk räddningstjänst. Skall en grövre manöverslang användas så kommer det behövas större rökdykargrupper, minst tre då fler behövs för att förflytta den betydligt tyngre och klumpigare slangen. Jämfört med USA så är de våningsytorna i svenska höghus betydligt mindre och behovet minskar därmed; en bättre lösning är jobba med flera strålrör.

## 11. Underhåll/förebyggande åtgärder (kapitel ej klart)

Stigarledningar fungerar i praktiken inte alltid som de är tänkta att göra. Det har funnits brister i utformningen, installationen, och underhållet. Stigarledningar kräver precis som andra installationer ett kontinuerligt och planerat underhåll för att kunna fylla sin funktion. Syftet är att undvika försämringar vid skilda användningar och när byggnaden åldras, eftersom stigarledningar, precis som andra installationer utsätts för slitage.

Innan byggnader eller delar av dem tas i bruk skall det finnas en drift- och underhållsplan färdig. Där skall det finnas instruktioner för vad som skall underhållas, hur det skall ske samt hur ofta det skall utföras. Brandskyddsdocumentationen utgör ofta underlag då den skall innehålla en drift och underhållsplan för de tekniska installationerna.

För är att säkerställa att skäliga brandskyddsåtgärder hålls funktionsdugliga så skall det i alla och alla byggnader ha ett skäligt brandskydd. Ett skäligt brandskydd innebär att det skall bedrivas ett systematiskt brandskyddsarbete (SBA). Detta innebär att det skall finnas en underhålls- kontrollplan för samtliga höga byggnader, och det är viktigt att bestämma vem som är ansvariga för att underhållet utförs. SBA i byggnader med fler än 16 våningar skall även skicka in en sammanfattning av sitt SBA till kommunen, en s.k. brandskyddsredogörelse (BSR).

För att kunna ställa krav på underhåll för stigarledning så är det nödvändigt att först analysera vad konsekvensen av en kraftigt fördröjd vattenförsörjning skulle bli. Detta skall sen ställas i relation med vilka förebyggande åtgärder som kan behövas. På så sätt kan skäliga brandskyddsåtgärder (tekniska som organisatoriska) bestämmas.

Äldre höga byggnader har en brandskyddsutformning som räknar med en stor hjälp från räddningstjänsten vid en brand. En förutsättning för att detta skall kunna ske är att säkerhetsställa tillgången av brandvatten. Stigarledningen skall därför vara rätt dimensionerad samt ha tillräckligt underhåll.

Det finns inget kompetenskrav för att underhålla stigarledningar, utan kompetensen måste anpassas till vad som skall kontrolleras respektive underhållas. Stigarledningar bör vara mål för både kontinuerligt, schemalagt, och förebyggande underhåll samt de bör revisionsbesiktas.

Stigarledningar bör kontinuerligt kontrolleras så att de inte är blockerade, minst en gång i veckan.

En fördjupa okulär kontroll bör utföras 1-2 gånger per år av den brandskyddsansvarige själv. Genomförda kontroller skall dokumenteras. Det ger en möjlighet att se att kontrollen verkligen är utförd, återkommande problem kan identifieras och att eventuellt fel har avhjälpats.

### ***Kontroll av stigarledning***

En invändig kontroll av vattenfyllda stigarledningar skall även genomföras 25 år efter det att systemet driftsattes. För torrör är motsvarande tid högst 10 år. Anledning till det kortare tidsintervallet för dessa typer av system är att rören inte står vattenfyllda vilket ökar sannolikheten för korrosion.

- Jämförelse
  - Sprinkler SBF
  - NFPA 14
  - NFPA 25
- Extern kontroll – Trycktest/flödestest
  - Vilket intervall?

- Vilket tryck skall testas?
  - Krav enligt standard?
- Internkontroll
  - Luckor
  - Ventiler
  - Skyltar
  - Kondition av systemet

## 12. Diskussion

Det finns en stor brist på överensstämmelse mellan svensk och internationell standard för stigarledning, räddningstjänsternas rekommendationer och vilket flöde som faktiskt kan krävas för att släcka en brand i den största brandcellen.

### Torra stigarledningar

#### Befintliga byggnader

Ur diagram 6.1 och tabell 6.2 kan man se att de befintliga 63mm stigarledningarna klarar av att försörja två strålrör (en rökdykarinsats) upp till runt 60m (ca 18 våningar). Över denna höjd så kommer strålrörstrycket att ligga under det föreslagna riktvärdet på 200 l/min i minsta vattenflöde. Det är då upp till räddningsledaren att avgöra om riskerna med rökdykarinsatsen ändå är godtagbara med tanke på vad som kan uppnås med insatsen. Det kan tänkas att man endast tillåter en kortare angreppsväg, krav på skyddsgrupp, eller liknande. Diskussionen bygger på att två strålrör används samtidigt, något som normalt inte sker vid mindre bränder. Strålrörets lägsta arbetstryck kan inte uppnås på höjder över 70 meter. Strålrörstrycket blir i dessa fall lägre än vad som kan anses acceptabelt. Räddningstjänsten bör i dessa fall medta enhetsstrålrör, handfighter, eller liknande upp till brandvåningen för att ändå kunna göra en defensiv insats från trapphuset.

Vid höjder över 50 m (ca 15 våningar) så börjar det bli problem att försörja fler strålrör än två. De flesta bränderna kan dock klaras av med två strålrör. Om rökdykarinsatsen skall utvidgas så behöver man i ett tidigt skede av insatsen förbättra vattenförsörjningen med slangdragning och bärbara tryckhöjningspumpar i trapphusen.

Om man kopplar diagram 6.3 till Paul Grimwoods formel för taktiskt flöde (Ekvation 4.1) så inser man snabbt att fullt utvecklad brand i rum på ca 100 m<sup>2</sup> offensivt inte kan angripas på höjder över 60m. Största arean som offensivt kan angripas under 50 meters höjd är ca 200 m<sup>2</sup> och ca 150 m<sup>2</sup> höjder under 60m.

Det finns stora brister med 63mm stigarledningar, den lägre maximala höjden jämfört med 80mm beror på att strömningsförlusterna i 63mm stigarledningar utgör 9 % när två strålrör används och 19 % när fyra strålrör används. Strömningsförlusterna är nästan 3 gånger så stora vid äldre 63mm jämfört med 80mm. Ökning beror på mindre dimensionen och att friktionsfaktorn ökar i äldre rör.

Det går tydligt se att det inte går att bygga speciellt höga torra stigarledningar. Det går dock att bygga betydligt högre torra stigarledningar om dimensionen ökas från dagens 80mm till 100mm. 100mm är den minsta dimension som används i många andra länder med större erfarenhet av höga byggnader. Kostnaden för att öka från 80mm till 100mm blir inte speciellt mycket högre. Vid ett högre dimensionerande antal strålrör än två bör också stigarledningen förses med två intag för att förlusterna mellan brandbil och intag skall vara så låga som möjligt. Detta möjliggör att det går att bygga en betydligt högre stigarledning.

Ur känslighetsanalysen, tabell 6.5 så kan främst slutsatser dras att det finns en risk att den maximala höjden underskattas då k-faktorn som användes gällde för Fogfightern, om TFT ultimate används kommer den att ge ett lägre flöde och strömningsförlusterna bli mindre. Det utgör dock en säkerhetsfaktor med tanke på osäkerheten att räkna med k-värde på strålrör med tryckautomatik. Det följer också räddningstjänsterna praxis att som en tumregel räkna på 300 l/min per strålrör. Med k-värde 96 kommer endast flödet vara 235 l/min vid 6 bar och 225 l/min vid 5.5 bar. Ett praktiskt minimivärde på strålrörstrycket är ca 5.5 bar, under detta värde är strålröret inte längre säkert och effektivt att användas vid rökdykning. Vid



projektering bör dock inte projektering ske precis på gränsen till det absoluta minimivärdet. Den rekommenderade maximala höjden bör ha en inbyggd säkerhetsfaktor, friktionsfaktorn i röret kan t.ex. öka, och utrustning samt tillvägagångssätt är säkert inte samma om 30 år som idag. Den rekommenderade maximala höjden i tabell 6.4 har verifierats, och med tanke på räddningspersonalens säkerhet skall det värdet användas och inte minimivärdena.

En viktig slutsats är att man dagens standard för stigarledningar (SS-3112) inte bör bygga högre än 55m (ca 16 våningar), vilket är 15m lägre än den maxhöjd som standarden själv föreskriver (70m). Maxflödet på 1000 l/min som standarden anger är för stort och bör vara 600 l/min. Dagens standard för stigarledningar uppfyller ändå en viktig funktion då de flesta höga bostadshus är 8-12 våningar och för dessa hus är den väl lämpad.

Standarden bör dock inte användas vid projektering av stigarledningar i osprinklade kontorsbyggnader. Vid höjder över 33m bör dessa utformas som vattenfyllda/trycksatta stigarledningar efter hydraulisk beräkning.

## 13. Krav på befintliga och nya byggnader

Kraven är indelade i krav på projekterade stigarledningar och krav på befintliga stigarledningar.

### 13.1 Krav på projekterade osprinklade byggnader

#### 13.1.1 Bostäder och hotell

Bostäder och hotellrum skall vara egna brandceller. Bränder i höga byggnader med dessa verksamheter kommer i det dimensionerande fallet att vara avskilda till en relativt begränsad area. En rökdykargrupp bör kunna klara av att släcka en brand i dessa. Kravet på vattenflöde ska därför kunna försörja rökdykarnas och rökdykarledarens strålrör. Dimensionerande antal strålrör är därför två (ca 600l/min). Stigarledning skall finnas i varje trapphus för att angreppsvägen skall vara så kort som möjligt och för att friktionsförlusterna i manöverslangen skall hållas inom rimliga gränser. Vattenflödet kommer att kunna räcka för att en brand i en stor lägenhet offensivt skall kunna angripas. Har byggnaden en sådan utformning så att man behöver ta hänsyn till risken för vertikal brandspridning så gäller kravet endast om den uppskattade tiden för brandspridning till annan brandcell (oftast våningen ovan) är mindre än summan av den maximala larm- och insatstiden.

80mm	80mm, 2 intag	100mm	100mm, 2 intag
55m	58m	57m	61m

Tabell 12.1 Maximal höjd på torra stigarledningar i bostadshus och hotell.

#### 13.1.2 Kontor

Kontor i höga byggnader har generellt sett stora öppna ytor och ofta glasfasader. Det finns därför en stor risk för brandspridning om branden inte kan angripas offensivt. Förutom en rökdykargrupp på brandvåningen så kan ytterligare en rökdykargrupp behövas för att begränsa brandspridningen på våningen ovan. Vattenflödet skall därför vara dimensionerat för att försörja fyra strålrör (ca 1200 l/min). Finns det två trapphus med stigarledning i varje kan den maximala höjden för två dimensionerande strålrör användas om den berörda räddningstjänsten godkänner detta. Kopplat till grimwoods formel för taktiskt flöde så kommer en brandyta på max 300 m<sup>2</sup> offensivt kunna angripas.

80mm	80mm, 2 intag	100mm	100mm, 2 intag
33m	45m	40m	53m

Tabell 12.1 Maximal höjd på torra stigarledningar i osprinklade kontorsbyggnader.

#### 13.1.3 Sprinklade byggnader

Sprinklarnas funktion är oftast att kontrollera branden. Vid en brand i sprinklade byggnader är det troligt att det endast behöver göras en mindre släckinsats. Dock kan stora mängder brandgaser, dock främst kalla finnas i brandrummet. I sprinklade lägenheter finns det också en risk för att man får en lokalt kraftig brand om ett sprinklerhuvud fallerar. Rökdykning kan därför behöva utföras. Dimensionerande antal strålrör bör vara två som är praktiskt minimum då det alltid krävs en rökdykarledare. Kraven bli således samma som för osprinklade bostäder och hotell. Det bör dock beaktas att kombinerade system (sprinkler och stigarledning) kan skapa stora problem om de fallerar, främst med tanke på de tekniska bytena. Vid extremt höga eller stora byggnader så bör dock fler än två dimensionerande strålrör övervägas som en säkerhetsfaktor.

### 13.2 Krav på tryck vid uttaget hos vattenfyllda stigarledningar

Kravet på lägsta tryck vid uttaget är 7 bar som skall uppfyllas vid det mest hydrauliskt avlägsna uttaget då stigarledningens dimensionerade antal strålrör (minst 2) används. 9-10 bar vid uttaget bör ses som ett riktvärde, då strålrörets arbetstryck på 7 bar kan uppnås.

Det högsta trycket vid uttagen som kan tillåtas beror främst slangarnas arbets- och sprängtryck samt manövermöjligheten för strålförarna. Brandslang har ett arbetstryck runt 15 bar och ett sprängtryck 35-50 bar, dock gör slitage att deras driftsäkerhet minskar vid tryck över 10 bar. Manöverslangar med ett tryck över 12 bar blir betydligt svårare att hantera. Maxtrycket bör vara ett konservativt valt värde med en inbyggd säkerhetsfaktor. Med hänsyn till säkerheten för rökdykarna bör det nominella och statistiska trycket vid uttagen inte överstiga 11 bar. Trycket vid uttagen kan därför tillåtas variera mellan 7-11 bar, vilket kan möjliggöra en billigare och driftsäkrare utformning, då dagens utformning med tryckreduceringsventiler kräver mycket underhåll och kan fallera. Mer exakt hur vattenfyllda stigarledningar bör utformas bör ske i samarbete med uppdragsgivare, konsult och myndighet.

Minsta tryck vid uttaget	Högsta tryck vid uttaget
7 bar	11 bar

Tabell 12.3 Riktlinjer för trycksatta stigarledningar.

### 13.3 Krav på två oberoende vattenkällor på trycksatta stigarledningar

Väldigt höga byggnader vars högsta våningar ligger utanför den höjd som räddningstjänsten kan försörja, även då slutet serierörning tillämpas skall ha en permanent reservvattenkälla. Annars så skulle en fallerande av den primära vattenförsörjningen göra så att byggnaden blev helt försvarslös. Om den första vattenkällan är en eldriven brandpump så kan exempelvis den andra vattenkällan bestå av dieseldriven brandpump med tillräckligt bränslefföråd. En permanent reservvattenkälla bör krävas när:

$$h_p \leq h_{total}$$

$h_p$  = Maximalt pumptryck vid stigarledningens dimensionerande antal strålrör .

$h_{total}$  = Stigarledningens krav på pumptryck vid dess dimensionerade antal strålrör, räknat från uttaget på räddningstjänstens pump.

Det behövs en reservpump vid den höjd då två strålrör inte längre kan försörjas av räddningstjänsten. Behovet bör beaktas vid höjder över 55m, men får avgöras i varje enskilt fall i samarbete med brandförsvaret. Det är möjligt att krav på reservvattenkälla kan krävas vid lägre höjder om en djupare undersökning visar att möjligheterna för räddningstjänsten att klara av en dimensionerad brand dramatiskt minskar om de endast har tillgång till två strålrör. Det kan t.ex. vara en stor osprinklad kontorsbyggnad med stor risk för brandspridning.

I de fall då en reservvattenkälla inte krävs så bör ett intag finnas på stigarledningen för inkoppling av räddningstjänstens pumpar.

I USA så skall också stigarledningar i höga byggnader som brandförsvarets pumpar inte klarar av att försörja ha två oberoende vattenkällor. Enligt amerikanska tumregler så är den höjden runt 90 meter för sprinklade byggnader.

### 13.4 Krav på sprinkler

Sprinkler minskar risken för de personer som vistas i en byggnad (om sprinklern fungerar), genom att lindra konsekvenserna vid en brand. Risken minskar genom att de boende får längre tid på sig att hinna utrymma och sannolikheten för att kritiska förhållanden ska uppstå

reduceras kraftigt. Detta gynnar särskilt de personer som inte själva kan utrymma. Risken minskar även för räddningstjänstpersonalen som ska göra en insats.<sup>53</sup>

I osprinklade höga kontorsbyggnader kommer ett stort antal personer behöva utrymma vid en brand under normal arbetstid. För att utrymma så används de brandtekniskt avskilda trapporna. Syftet med brandtekniskt avskilda trapphus motverkas dock om stigarledningarnas uttag placeras i trapphuset. Trapphusens brandtekniska avskiljning kommer att reduceras när räddningstjänsten påbörjar att angripa branden, därför att dörren till brandvåningen delvis kommer att bli öppen då manöverslangen ligger i vägen. Brandgaser kan spridas till trapphuset och hindra utrymningen av personer, främst de med funktionshinder. Med ett normalt standardutlägg kommer ca 100 m vattenfylld manöverslang ligga i trapphuset som om det inte helt hindrar att personer passerar förbi, kraftigt kommer att hindra personflödet. Vid ett flertal tidigare höghusbränder i världen så att just detta som har inträffat, inte sällan med att personer avlidit eller allvarligt skadats. Ett exempel är branden i Cook County Administration building, Chicago 2003 där 6 personer dog i trapphuset av just denna anledning, dörrarna in till våningsplanen gick inte att öppna från trapphuset.

Det bör därför uppmärksammas vid nybygge och renovering att branden kanske inte kommer att kunna angripas förrän byggnaden är totaltrymd. Det kommer också att åtgå resurser från räddningstjänsten för att säkerställa att alla ha utrymt och att ingen befinner sig i trapphuset. Även om räddningstjänsten prioriterar utrymning så kommer branden att kunna växa och eventuellt sprida sig innan räddningstjänsten på allvar kan påbörja bekämpa den. Sprinkler är egentligen den enda bra lösningen för att både kunna ge ett bra person- och egendomsskydd i höga byggnader.

Installation av sprinkler bör därför kraftigt övervägas vid nybygge av kontorsbyggnader över 8 våningar. Dessa bör också utformas med analytisk dimensionering, därför att de kommer att ge större valfrihet och en mer kostnadseffektiv utformning av brandskyddet, t.ex. med tanke på de tekniska byten som kan göras om sprinkler installeras.

### ***13.5 Krav befintliga höga byggnader***

Stigarledningar i äldre byggnader väcker en intressant diskussion i huruvida räddningstjänstens inköp av ny utrustning måste vara kompatibel med befintliga byggnader. På samma sätt som att räddningstjänsten ersättande av den gamla stegbilen med en ny hävare inte får innebära att livräddning inte kan utföras på äldre brandvägar då hävarens tyngd eller storlek hindrar detta. Denna problematik måste beaktas vid inköp av nytt materiell. Det finns små möjligheter att ställa krav på ombyggnad av befintliga objekt för att passa räddningstjänstens nya utrustning. Vid höga byggnader gäller detta framförallt brandpumpar och strålrör. Med övergången från enhetsstrålrör och pumpar med en brantare pumpkurva så har släckmöjligheterna i höga byggnader minskat. På grund av antalet höga byggnader och fördelarna i övrigt så har detta dock godtagits.

Krav kan dock ställas ifall utrymningssäkerheten inte är tillfredställande i befintliga byggnader.

Funktionen på stigarledningarna skall dock kunna verifieras och fastighetsägaren till höga byggnader måste kunna intyga detta. Detta innebär troligen att extern besiktningsföretag behöver anlitas.

Fastighetsägaren och försäkringsbolag är säkert intresserade av att räddningstjänsten i.a.f. Kan göra ett kvalificerat försök till att släcka en brand i en hög byggnad.

---

<sup>53</sup> Säkerheten i höga byggnader

## 14. Slutsatser

### 14.1 Allmänt om stigarledningens utformning

1. Stigarledningar skall finnas i alla trapphus, detta ökar inte bara funktionssäkerheten utan främst flexibiliteten.
2. Den nominella storleken på stigarledningar bör vara minst 100mm, detta skapar en betydligt lägre vattenhastighet och därmed en lägre tryckförlust till med en skälig kostnadsökning. Förlusterna i enbart stigarledningen skulle därmed kunna minskas med runt 60 % jämfört med 80mm.
3. En stigarledning skall utformad för att klara av tryck till 150 % av dimensionerande driftryck.
4. Stigarledningar i nya höga byggnader bör utformas med fler intag än ett. Detta skulle minska förlusten mellan pump och intag betydligt, främst märkbart vid högre flöden. Minst 2 ingångar bör finnas på 100mm stigarledning och minst 4 för en stigarledning med dimensionen 150mm eller högre.
5. Intaget bör inte vara belagt i trapphusets och därmed utrymningsvägen mynning. Detta då det höga tryck som slangarna utsätts för ger en kraftigt ökad risk för de utrymmande. Den svagaste delen på slangarna är dess infästning i kopplingen. Skulle en slangledning brista eller lossa från sin anslutning kommer den fria strålen eller den flygande slangen, när den träffar någon/något att ställa till med stor skada.
  - 5.1. Intagen bör placeras med hänsyn till lokalisering av brandposter, parkeringplaster för räddningstjänstfordon, effekten fallande byggnadsdelar kan ha, och andra konsekvenser som en brand kan ge upphov till som kan göra platsen obrukbar. Intaget skall vara tydligt skyltat i bakom en låsbar lucka som kan öppnas med s.k. brandkårsnyckel.
  - 5.2. Då flödet i brandposter inklusive flödet för eventuell sprinkler och liknande inte räcker till bör fasta tankar eller branddammar inrättas.
6. Uttag med dimensionen 63mm skall finnas på varje våning så att brandpersonal kan koppla och fylla slangarna relativt säkert innan angrepp i brandrummet sker.
  - 6.1. Uttagen bör placeras med hänsyn till risken för brandgasspridning till resten av trapphuset, lättåtkomlighet för rökdykarna, exponering från branden ifall att en dörr till brandrummet mot förmodan skulle stå öppen, så brandslangen inte ligger i vägen för att stänga dörrar, och så att risken mineras att ett oavsiktligt vattenuttag träffar hissdörrar och dess kontrollpanel.
  - 6.2. Uttaget bör placeras i ett låsbart skåp som föredömligt kan öppnas med s.k. brandkårsnyckel.
  - 6.3. Det översta uttaget bör finnas i direkt anslutning till taket, såvida ytterligare utredning visar att detta inte är nödvändigt.
7. Det är önskvärt att stigarledningarna i väldigt höga byggnader läggs i avskilda schakt i direkt anslutning till trapphusen, främst beroende på beroende de höga tryck och tryckslag som stigarledningarna utsätts för.
8. Stigarledningar skall vara i drift så snart ett bygget når upp till den 8:de våningen. När byggnaden når över den gräns då vattenfyllda stigarledningar krävs skall sådan vara i drift.

## ***14.2 Räddningstjänstens utrustning***

- Dagens strålrör TFT Ultimatic och Fogfightern är inte speciellt lämpade för att bekämpa bränder i höga byggnader med, då de kräver ett relativt högt ingångstryck för att producera ett tillräckligt högt vattenflöde. Skulle ett lågtrycksdimstrålrör eller ett kombinationsstrålrör användas så skulle möjligheterna öka.
- Ett större samarbete inom räddningstjänsterna än idag bör ske för att rätt utrustning skall köpas in. Samarbete mellan den utryckande-, förebyggande-, och inköpsavdelningen.

## ***14.6 Övriga slutsatser***

- Tillverkare av rördelar för sprinkler och stigarledningar bör kunna redovisa delarnas tryckförluster vid olika flöden., enklast genom omräkning till ekvivalent rörlängd.

## 16. Referenser

### Tryckta källor

Barnett, C, TP 2004/1 (2004), Society of Fire Protection Engineers, Nya Zeeland  
Barnett, C, SFPE (NZ) TP/2004/1), Society of Fire Protection Engineers, Nya Zeeland  
Bengtsson, Lars-Göran (2001), *Inomhusbrand*, Räddningsverket  
Federal Emergency Management FEMA, *One Meridian Plaza 1991*.  
Hanell, A, *Dimstrålrörs effektivitet*; LTH, lund.  
Office of the Deputy Prime Minister (2004), *Hydraulic Calculations of wet and dry risers*.  
Office of the Deputy Prime Minister (2004), *Effect on reduced pressure on performance of firefighting branches in tall buildings*.  
M, Stolp (1976), *The Extinction of Small wood crib fires by water*, 5th IFPA  
Särdqvist, Stefan (1998), *Real Fire Data*, LTH, lund.  
Särdqvist, Stefan (2002), *Vatten och andra släckmedel*, Räddningsverket.  
*Tryckfall i Setex brandslang* (1995), Skene: LA 95-08-29, Svebab, Svenska brandslangsfabriken AB.  
Lindsten, E (2002), *Säkerhet i höga byggnader*, Rapport 5088, Brandteknik, LTH,

### Artiklar

*In High rise fire sprinklers beat compartmentation – Hands down*. U.S Fire Sprinkler Reporter, April 1992.  
*Fireflow*, Grimwood, Paul, Fire Prevention and engineers journal, juli 2005  
NFPA Journal, 2004.

### Brandutredningar

Månson, Lennart, brandutredning, SRV, 2002-09-24  
Lardner, Hans, Brandutredning/SRV, 2001-03-29

### Pumpspecifikation

Ruberg R-30 R-ALG (2,74), 2000

### Standarder och lagtext

BBR *Boverkets byggregler*, BFS 1993:57. Boverket.  
*Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan* BABS 1960, Byggnadsstyrelsen.  
*Rökdykning*, Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 1995:1.  
*Standpipes* - NFPA 14 (Draft 2006), National Fire Protection Association .  
*Strålrör*, Svensk Standard SS 3500.  
*Stigarledning*, ej gällande (1974-1979), Svensk standard SIS 93 10 11.  
*Stigarledning* (1979), Svensk standard SS-EN 3112.  
EN 12 845:2004 Sprinkler...  
BS 9990 *Code of practice for non-automatic fire-fighting systems in buildings*, British Standards (Draft 2005).

### Bygghandlingar

Brandskyddsdokumentation Kista Science Tower  
Brandskyddsdokumentation Söder Torn  
Brandskyddsdokumentation Turning Torso

## **Intervjuer**

Henrike Franke, Räddningstjänsten Oslo (oktober 2005)

Jan Pettersson, Autokaross (oktober 2005)

Anders Olsson, Ruberg AB (oktober 2005)

Anders Johansson, Storgöteborgs brandförsvär (oktober 2005)

## **Hemsidor**

[www.emporis.com](http://www.emporis.com)

[www.skyscraperpage.com](http://www.skyscraperpage.com)

[sbk.stockholm.se](http://sbk.stockholm.se), Statsbyggnadskontoret Stockholm

[www.solna.se](http://www.solna.se), Solna kommun

[www.stofair.se](http://www.stofair.se), Stockholmsmässan Älvsjö

Grimwood, Barnett (2005), *Firefighting Flow-rate*, [www.firetactics.com](http://www.firetactics.com), sök jan 2005.