



LUND UNIVERSITY

Dimensionering och utformning av sprinklersystem

Jensen, Lars

2006

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, L. (2006). *Dimensionering och utformning av sprinklersystem*. (TVIT; Vol. TVIT-7008). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

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

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Dimensionering och utformning av sprinklersystem

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2006
Rapport TVIT--06/7008



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Dimensionering och utformning av sprinklersystem

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2006

ISRN LUTVDG/TVIT--06/7008--SE(45)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Innehållsförteckning

1	Inledning och sammanfattning	5
2	Dimensionering av sprinklersystem	7
	Beräkningsuttryck	7
	Komponenttryckfall	8
	Dimensionering efter tumregel	9
	Dimensionering efter medeltryckfall	9
	Dimensionering för begränsad flödesspridning	11
	Dimensionering för lägsta kostnad	13
	Dimensionering av spaltsprinkler	17
3	Skattning av flödesspridning	19
	Flödesspridning inom grenrör	22
	Flödesspridning inom gridrör	22
	Flödesspridning inom spaltsprinkler	23
4	Val av rörsystem	25
	Beräkningssätt och förenklingar	36
	Jämförelse rörlängder	27
	Jämförelse komponenter	28
	Jämförelse dimensionerande rörsträcka	28
	Jämförelse med rektangulär sprinklerruta 12 m ²	30
	Jämförelse med kvaradtisk sprinklerruta 9 m ²	35
5	Undersökning av införandet av looprör	41
	Symmetriskt fall	41
	Asymmetriskt fall	44

1 Inledning och sammanfattning

Syftet med denna arbetsrapport är att komplettera tidigare kursmaterial om dimensionering av sprinklersystem, vilket kan ses som ett förkunskapskrav för denna arbetsrapport.

Först görs en genomgång och uppsummering av olika dimensioneringsmetoder i avsnitt 2. Dimensionering kan ske efter en enkel tumregel, efter medeltryckfall, efter krav på att flödesspridningen skall vara begränsad och efter lägsta kostnad.

Det som skiljer sprinklersystem från andra installationstekniska systems dimensionering är att det finns inget rekommenderat tryckfallsvärde, eftersom det totala tillgängliga trycket är givet. Ett sprinklersystem med korta ledningslängder kan därför arbeta med höga tryckfall per meter ledning.

Tumregeln bygger på att det finns ett krav om att strömningshastigheten i sprinklersystem inte får överskrida 10 m/s, vilket kan användas för att bestämma den minsta möjliga dimensionen för ett givet nominellt flöde. En lämplig dimension fås om en två dimensioner större dimension väljs.

Metoden med medeltryckfall är enkel och ger i de flesta fall rätt resultat, eftersom alla dimensioner väljs med ett tryckfall för nominella flöden lägre än det beräknade medeltryckfallet. Detta ger en viss säkerhetsmarginal. Om de valda dimensionerna har en liten flödesmarginal, kan flödesspridningen medföra att flödet i sämsta sprinkler blir otillräckligt.

Om medeltryckfallet är stort kan flödesspridningen bli stor. Detta kan åtgärdas genom att dimensionera ledningar inom verkningsytan efter ett tryckfall per meter framräknat för att begränsa flödesspridningen till ett önskat värde.

Dimensionering av sprinklersystem efter lägsta kostnad är möjligt i en del fall, vilket visas med ett enkelt principexempel. Kostnaden kan beräknas som röryta med konstant godstjocklek eller rörvolym med godstjocklek proportionell mot rördiameter. Det totala ledningstryckfallet är givet, men det kan fördelas olika mellan olika ledningssträckor beroende på antal, längd och flöde. Några sifferexempel visar att en betydande besparing kan uppnås jämfört med dimensionering efter medeltryckfall.

Spaltsprinklers dimensionering behandlas också. En spaltsprinkler består av en lång ledning med en smal längsgående slits eller spalt, vars utflöde skall skydda en stor yta av något slag. Två krav ges för att flödeskvoten mellan minsta och största spaltflöde skall vara större än 0.8 och för att utströmningshastigheten inte skall påverkas av strömningshastigheten i själva ledningens tvärsnitt.

Metoder för skattning av flödesspridning mellan olika grenar i ett givet flödessystem behandlas först allmänt i avsnitt 3 och därefter genomförs ett antal tillämpningar på olika sprinklersystems delar och även på spaltsprinkler.

Det finns tre enkla beräkningsuttryck för att ange samband mellan flödesspridning, nominellt grentryckfall och nominellt stamtryckfall. Hur beräkningsuttrycken skall användas för att skatta flödesspridningen visas med exempel på grenrör, gridrör och spaltsprinkler.

Beräkningarna visar att flödesspridningen inom ett gridrör är liten, vilket kan förklaras med att gridrörets dimension är den samma i hela gridrörets längd, medan grenrör normalt har avtagande dimensioner ju färre sprinkler som skall försörjas.

Valet mellan grenrörssystem och gridrörssystem undersöks för stora rektangulära lokalytor för fyra olika verkningsytor och för två fall av sprinklerrutor i avsnitt 4. Både rörytkostnad och rörvolymkostnad undersöks.

Grenrörssystem kräver något mindre meter ledning än ett gridrörssystem, men skillnaden är marginell.

Den dimensionerande ledningssträckan kan nästan halveras för gridrörssystem jämfört med grenrörssystem. Detta medför att dimensionering efter medeltryckfall kan ske med ett nästa två gånger högre värde för gridrörssystem jämfört med grenrörssystem. Mindre dimensioner kan användas. Denna fördel för gridrörssystem har inte utnyttjats utan alla ledningar har dimensionerats efter samma medeltryckfall och nominella flöden.

Beräkningsresultat blev att för stora lokalytor blev kostnaden lägre för gridrörssystem än för grenrörssystem. Ett undantag är fall med långsmala lokalytor, vilka inte lämpar sig för gridrörssystem. Antalet gridrör måste vara minst två gånger antalet aktiva gridrör i en verkningsyta. De grenrörssystem som är bättre än gridrörssystem har ofta en verkningsyta som sammanfaller med lokalytans kortsidan, vilket är fördelaktigt.

Verkningsytans storlek jämfört med lokalytans storlek har också betydelse för när gridrörssystem är bättre än grenrörssystem. En förhållandevis liten verkningsytan är med fördelaktigt för gridrörssystem är för grenrörssystem.

Fördelen med införande av looprör i grenrörssystem undersöks i avsnitt 5. Både rörytkostnad och rörvolymkostnad undersöks. Slutsatsen är att det i regel lönar sig att införa looprör, eftersom samma och en dimension mindre kan användas för fördelningsrör och för looprör. Förklaringen är att verkningsytan matas från två håll, vilket gör flödet halveras i fördelningsrör och looprör. Ledningsdimensionen kan därför minskas med en dimension.

2 Dimensionering av sprinklersystem

Dimensionering av sprinklersystems rörnät skiljer sig från dimensionering av andra installationstekniska ledningsnät genom att den totala drivande tryckskillnaden är given, vilket normalt är trycket i det kommunala ledningsnätet. Det finns därför inga rekommenderade tryckfall för sprinklersystem som för ventilationskanalsystem är 1 Pa/m och för värmesystem är 100 Pa/m. Det finns för sprinklersystem ett krav på att den högsta hastigheten som inte får överskrida 10 m/s. Detta görs för att beräkningarna sker med enkla beräkningsuttryck, som behandlar tryckfall i grenstycken förenklat. Felen blir små vid måttliga hastigheter.

Beräkningsuttryck

Tryckfall i sprinklersystem beräknas med endast tre uttryck för sprinklertryckfall, rörtryckfall enligt Hazen-Williams ekvation och nivåtryckfall och de bestäms av följande uttryck med sorter anpassade för sprinklerberäkningar:

$$\Delta p_s = (q/K)^2 \quad (\text{kPa}) \quad (2.1)$$

där

Δp_s	sprinklertryckfall, kPa
q	sprinklerflöde, l/min
K	K-faktor, l/min

$$\Delta p_r = a l (q/C)^b / d^c \quad (\text{kPa}) \quad (2.2)$$

där

Δp_r	rörtryckfall, kPa
q	flöde, l/min
C	C-faktor, l/min
d	innerdiameter, mm
l	ledningslängd, m
a	$6.05 \cdot 10^7$
b	1.85
c	4.87

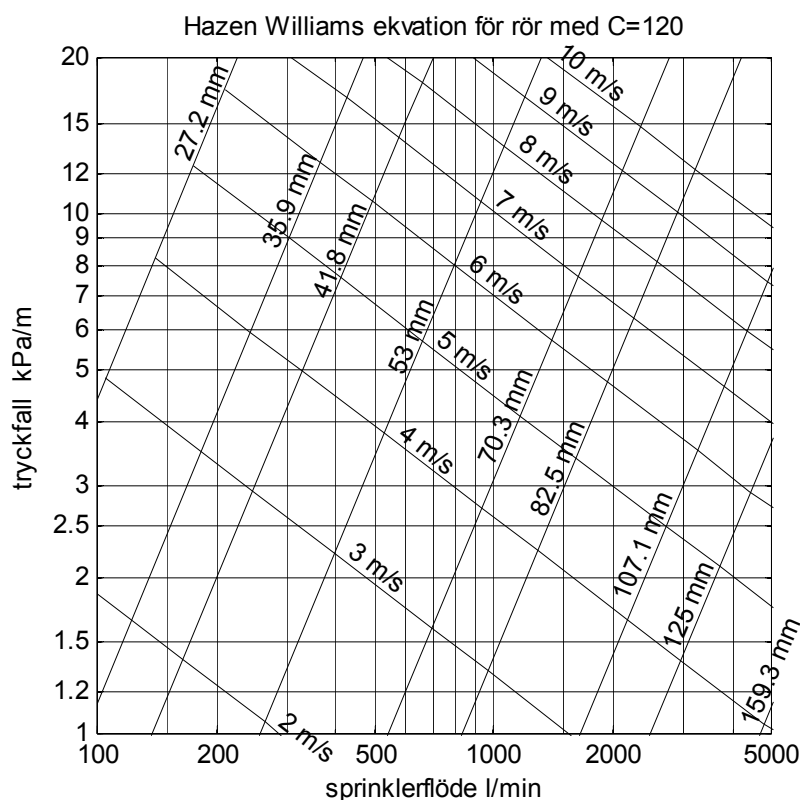
$$\Delta p_h = \rho g h / 1000 \quad (\text{kPa}) \quad (2.3)$$

där

Δp_h	nivåtryckfall, kPa
ρ	densitet, kg/m ³
g	gravitationen, m/s ²
h	nivåskillnad, m

Notera att densiteten $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ i (2.3) kan kvittas om faktorn 1000 för övergång från standardsort Pa till kPa.

Ett rördiagram redovisas i Figur 2.1 för standard stålrör, vilka skall beräknas med C-faktor 120. Notera att de olika rörlinjerna inte är jämnt fördelade som för en Renard-serie som för till exempel standardluftkanaler. Ojämnheten beror på att dimensionerna bygger ursprungligen på tum-mått (25.4 mm) för rörgångans beteckning med olika steg i delar av tum.



Figur 2.1 Tryckfallsdiagram enligt Hazen-Williams ekvation (2.2) för rör med C-faktor 120.

Komponenttryckfall

Komponenttryckfall för böjar, grenstycken och olika ventiler är engångstryckförluster och behandlas som rörtryckfall genom att ange en motsvarande ekvivalent rörlängd för den aktuella dimensionen hos komponenten allt enligt Tabell 2.1 nedan.

Tabell 2.1 Ekvivalent rörlängd för olika komponenter som funktion av anslutningsstorlek

anslutningsstorlek	25	32	40	50	65	80	100	150	200	250
90° böj	0.77	1.0	1.2	1.5	1.9	2.4	3.0	4.3	5.7	7.4
90° vinkel	0.36	0.49	9.56	0.69	0.88	1.1	1.4	2.0	2.6	3.4
45° böj	0.40	0.55	0.66	0.76	1.0	1.3	1.6	2.3	3.1	3.9
T-rör/X-rör avstick	1.5	2.1	2.4	2.9	3.8	4.8	6.1	8.6	11.0	14.0
slussventil	-	-	-	0.38	0.51	0.63	0.81	1.1	1.5	2.0
larm/backventil klafftyp	-	-	-	2.4	3.2	3.9	5.1	7.2	9.4	12.0
larm/backventil svamptyp	-	-	-	12.0	19.0	19.7	25.0	35.0	47.0	62.0
butterfly ventil	-	-	-	2.2	2.9	3.6	4.6	6.4	8.6	9.9
globe ventil	-	-	-	16.0	21.0	26.0	34.0	48.0	64.0	84.0

En engångsförlust beräknas normalt som flödets dynamiska tryck för den aktuella dimensionen multiplicerat med själva förlustkoefficienten, som beror på typ av komponent och som i stort sett är dimensionsoberoende. Detta innebär att en komponentseries ekvivalenta längder är proportionella mot dimensionen. Detta kan visas med uttrycken för engångstryckfall och friktionstryckfall som följer:

$$\Delta p_e = f \rho v^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad (2.4)$$

$$\Delta p_f = \lambda (l/d) \rho v^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad (2.5)$$

där

Δp_e	engångstryckfall, Pa
Δp_f	friktionstryckfall, Pa
$\rho v^2 / 2$	dynamiskt tryck, Pa
f	förlustkoefficient, -
λ	friktionstal, -
l	ledningslängd, m
d	ledningsdiameter, m
ρ	densitet, kg/m ³
v	hastighet, m/s

Likhet mellan de två uttrycken (2.4) och (2.5) ger sambandet:

$$l = (f / \lambda) d \quad (\text{m}) \quad (2.6)$$

Förlustkoefficienten f och friktionstalet λ är i stort sett oberoende av dimensionen. Det finns därför en direkt proportionalitet mellan ekvivalent ledningslängd l och dimensionen d för en viss komponenttyp, vilket visas med (2.6) och framgår av siffrorna i Tabell 2.1.

Dimensionering med tumregel

Ett enkelt sätt att dimensionera ledningsnät för sprinklersystem med givna nominella flöden är att utgå från hastighetskravet högst 10 m/s, bestämma den minsta dimension som uppfyller detta krav för nominellt flöde och därefter välja en dimension som är två dimensioner större. Detta ger strömningshastigheter omkring 4 m/s.

Denna tumregel får inte ses som en dimensioneringsmetod utan bara ett sätt för att kunna bestämma en rimlig ledningsdimension. Den framtagna dimensionen kan vara för liten eller för stor beroende på förutsättningarna.

Tabell 2.2 Dimensionering efter tumregel

mm	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5	107.1
l/min	348.6	607.3	823.4	1323.7	2328.9	3207.4	5405.3
d m/s	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
d+1 m/s	5.74	7.38	6.22	5.68	7.26	5.93	7.34
d+2 m/s	4.23	4.59	3.54	4.13	4.31	4.36	4.52
d+3 m/s	2.63	2.61	2.57	2.45	3.16	2.68	2.69

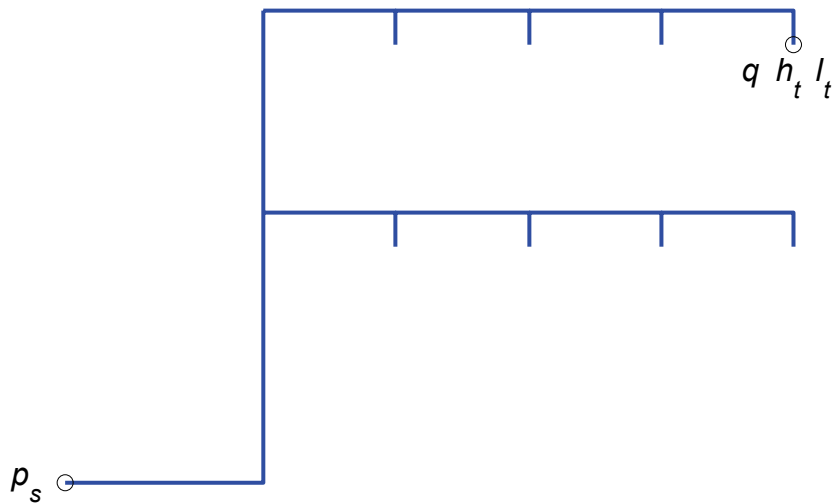
Dimensionering efter medeltryckfall

Totaldimensionering bygger på att alla rör i ett sprinklersystem dimensioneras efter samma tryckfall per meter. Detta tryckfall per meter beräknas genom att minska det tillgängliga servistrycket med sprinklertryckfall och nivåtryckfall för sämsta sprinklern (se Figur 2.2) och dividerat med hela rörlängden inklusive ekvivalenta rörlängder mellan servispunkt eller sprinklercentral fram till sämsta sprinkler. Ett överslag på ekvivalenta rörlängder kan fås genom att utnyttja tumregeln för att bestämma lämpliga dimensioner. Beräkningsuttrycket efter medeltryckfall för total dimensionering av alla rör blir följande:

$$R_t = [p_s + \rho g h_t / 1000 + (q/K)^2] / l_t \quad (\text{kPa/m}) \quad (2.7)$$

där

R_t	tryckfall per meter, kPa/m
p_s	tillgängligt tryck, kPa
h_t	nivåskillnad, m
l_t	total rörlängd, m



Figur 2.2 Dimensionering av sprinklerssystem efter medeltryckfall.

Dimensionering med begränsad flödesspridning

Dimensionering med begränsad flödesspridning innebär att rörledningar inom verkningsytan dimensioneras för att minska spridningen i sprinklerflöde mellan olika sprinkler inom verkningsytan. Fördelen med mindre flödesspridning är att totalflödet blir mindre, vilket i sin tur minskar storleken på ett eventuellt vattenmagasin.

Antag att flödena för den sämsta och bästa placerade sprinklern är givna. Det gäller nu bestämma det genomsnittliga tryckfall per meter R_l som skall gälla för alla rörledningar som kopplar samma den sämsta och den bästa sprinklern i en gemensam punkt r utifrån vilken flödet delas upp till de två sprinklerna. Resterande del av sprinklersystemet dimensioneras efter ett gemensamt tryckfall per meter R_r .

Antag att det tillgängliga trycket i den gemensamma punkten r är p_r (se Figur 2.3) och för de två sprinklerfallens rörsträckor med lokalt tryckfall R_l och den resterande ledningen mot servispunkt (sprinklercentralen) med resterande tryckfall R_r gäller följande tre samband:

$$p_r = R_l l_1 + \rho g h_1 / 1000 + (q_1 / K)^2 \quad (\text{kPa}) \quad (2.8)$$

$$p_r = R_l l_2 + \rho g h_2 / 1000 + (q_2 / K)^2 \quad (\text{kPa}) \quad (2.9)$$

$$p_s = R_r l_r + \rho g h_r / 1000 + p_r \quad (\text{kPa}) \quad (2.10)$$

där

R_l	tryckfall per meter inom verkningsytan, kPa/m
R_r	tryckfall per meter utanför verkningsytan, kPa/m
p_r	tillgängligt tryck i punkten r , kPa
p_s	totalt tillgängligt tryck, kPa
h_1	nivåskillnad mellan punkt r och sprinkler 1, m
h_2	nivåskillnad mellan punkt r och sprinkler 2, m
h_r	nivåskillnad mellan servis och punkt r , m
l_1	rörlängd mellan punkt r och sprinkler 1, m
l_2	rörlängd mellan punkt r och sprinkler 2, m
l_r	rörlängd mellan servis och punkt r , m

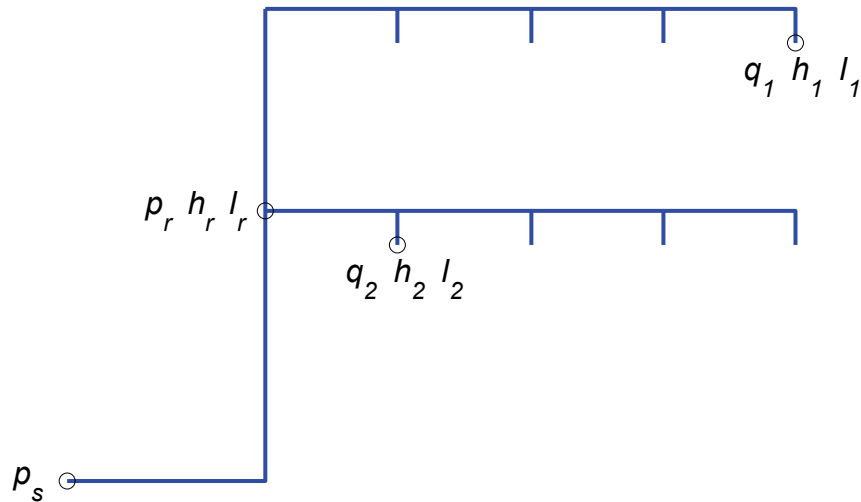
Notera att alla rörlängder ovan avser även ingående ekvivalenta rörlängder.

Det sökta lokala tryckfallet R_l kan med (2.8) och (2.9) lösas ut och skrivs som:

$$R_l = [(q_2^2 - q_1^2) / K^2 + \rho g (h_2 - h_1) / 1000] / (l_1 - l_2) \quad (\text{kPa/m}) \quad (2.11)$$

Det sökta resterande tryckfallet R_r kan med (2.10) och ett med (2.8) eller (2.9) beräknat p_r lösas ut och skrivs som:

$$R_r = [p_s - \rho g h_r / 1000 - p_r] / l_r \quad (\text{kPa/m}) \quad (2.12)$$



Figur 2.3 Dimensionering av sprinklersystem med begränsad flödesspridning

Dimensionering efter lägsta kostnad

Syftet med all dimensionering är att uppfylla något grundkrav till exempel att flödet skall bli tillräckligt stort. Detta grundkrav kan utökas med andra bikrav till exempel att kostnaden skall bli låg. Dimensionering efter medeltryckfall uppfyller grundkravet genom att flödet blir tillräckligt, men kostnad beaktas inte alls.

Det är enkelt att formulera ett problem med ett grundkrav och ett kostnadskrav för ett ledningssystem. Antag att det finns ett antal olika ledningssträckor med givet antal, given längd, givet flöde, sökt diameter och sökt tryckfall per meter. Inför följande olika beteckningar för ledningssträckor med nummer i :

n_i	antal ledningssträckor med nummer i , -
l_i	längd för ledningssträcka nummer i , m
d_i	diameter för ledningssträcka nummer i , m
q_i	flöde för ledningssträcka nummer i , l/min
R_i	tryckfall per meter för ledningssträcka nummer i , kPa/m

Notera att det finns ett tryckfalls samband mellan diametern d_i , flödet q_i och tryckfallet per meter R_i .

Grundkravet är summan av alla ledningssträckors tryckfall, vilka ingår i den dimensionerande ledningssträckan, skall vara lika med medeltryckfallet R för samma ledningssträcka. Detta kan skrivas som:

$$R(l_1 + l_2 + \dots + l_n) = R_1 l_1 + R_2 l_2 + \dots + R_n l_n \quad (\text{kPa}) \quad (2.13)$$

Kostnadsfunktionen består av alla ledningssträckor som finns i ledningsnätet och kan bortsett från en konstant faktor skrivas som en medelkostnad räknat per meter ledning:

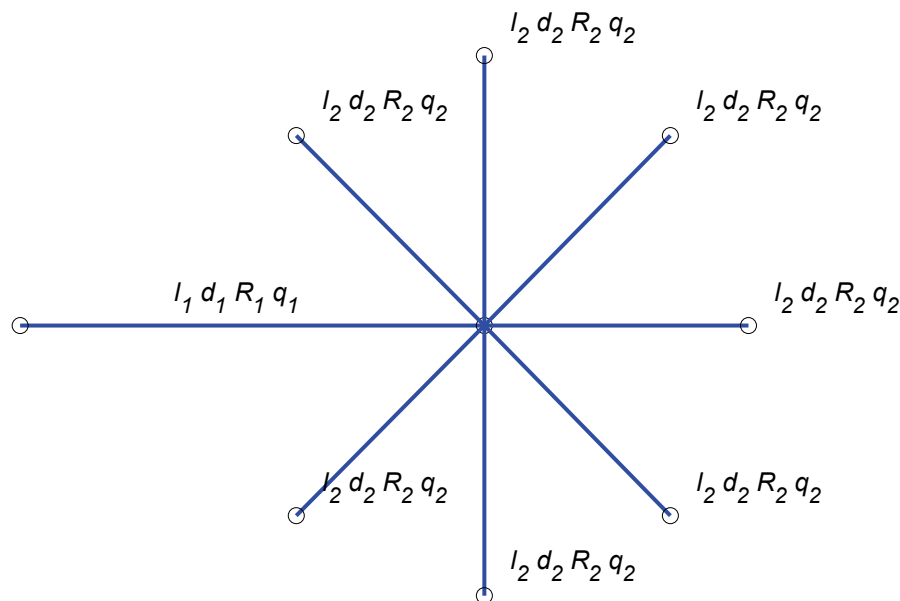
$$K = [n_1 l_1 d_1^k + n_2 l_2 d_2^k + \dots + n_n l_n d_n^k] / L \quad (\text{kr/m}) \quad (2.14)$$

där

$$L = n_1 l_1 + n_2 l_2 + \dots + n_n l_n \quad (\text{m}) \quad (2.15)$$

Parametern k är 1 om kostnaden avser röryta och 2 om kostnaden avser rörvolym eller massa med en godstjocklek proportionell mot diametern. Notera att samma ledningssträcka kan förekomma ett flertal gånger i ledningsnätet, vilket anges med antalsparameter n_i .

Principen skall demonstreras med ett normerat exempel med endast två fall av ledningssträckor med samma flöde och en utformning av ledningsnätet enligt Figur 2.4.



Figur 2.4 Principexempel för kostnadsminimering av ledningsnät.

Ledningsnätet i Figur 2.4 är till för att försörja ett antal olika verkningsytor. Det är uppenbart att den gemensamma ledningen görs stor kan övriga för varje verkningsyta individuella ledningar göras mindre och därmed kan kostnaden minskas. Grundkrav, medeltryckfall R , och medelkostnadsfunktion K beskrivs tillsammans med två hjälpparametrar a och b för att kunna ange alla möjliga fall som följer:

$$R = a R_1 + (1 - a) R_2 \quad (\text{kPa/m}) \quad (2.16)$$

$$K = b d_1^k + (1 - b) d_2^k \quad (-) \quad (2.17)$$

$$a = l_1 / (l_1 + l_2) \quad (-) \quad (2.18)$$

$$b = n_1 l_1 / (n_1 l_1 + n_2 l_2) \quad (-) \quad (2.19)$$

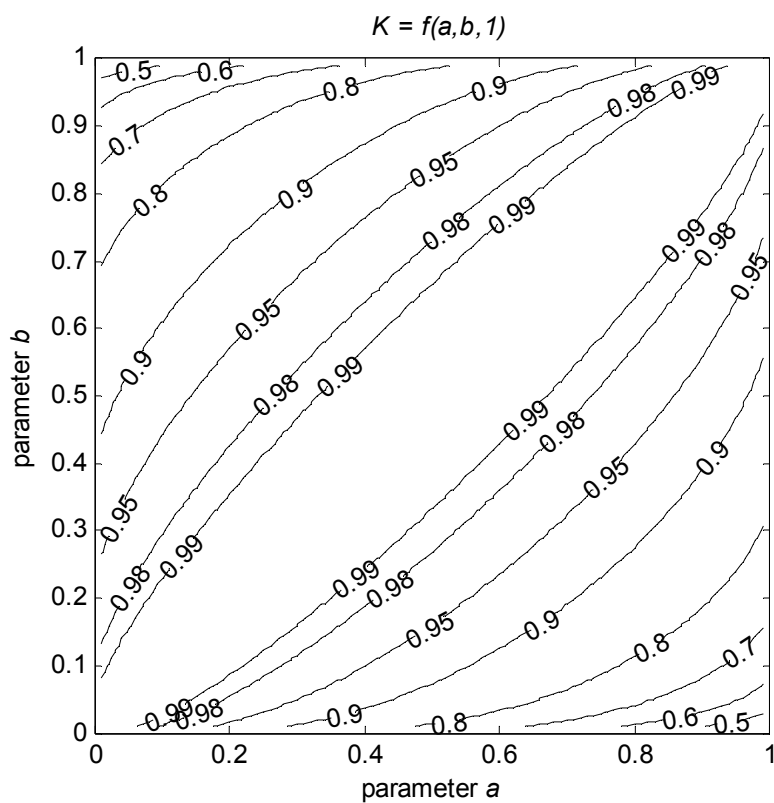
Medelkostnadsfunktionen K redovisas i Figur 2.5 för röryta $k=1$ och i Figur 2.7 för rörvolym $k=2$. Det finns en viss symmetri hos medelkostnadsfunktionen, vilket kan skrivas som att $K(a,b,k)=K(1-a,1-b,k)$. Båda kostnadsfunktionerna visar att det för vissa fall kan uppnås betydande besparingar.

Diameterfunktionen för $d_1 = f(a,b,k)$ redovisas på samma sätt som för medelkostnaden i Figur 2.6 för röryta $k=1$ och i Figur 2.8 för rörvolym $k=2$. Diameterfunktionen för d_2 kan avläsas som d_1 med omkastade argument, alltså $d_2 = f(b,a,k)$.

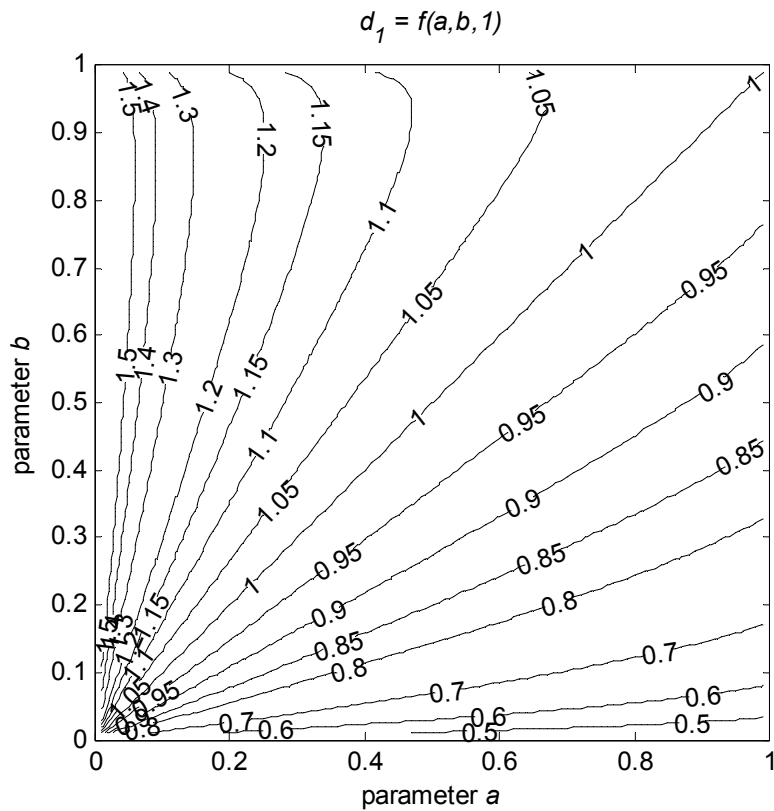
Några sifferexempel ges också i Tabell 2.3.

Tabell 2.3 Resultat för fall med lägsta kostnad med $n_1=1$, $l_1=1$ och $q_1=1$.

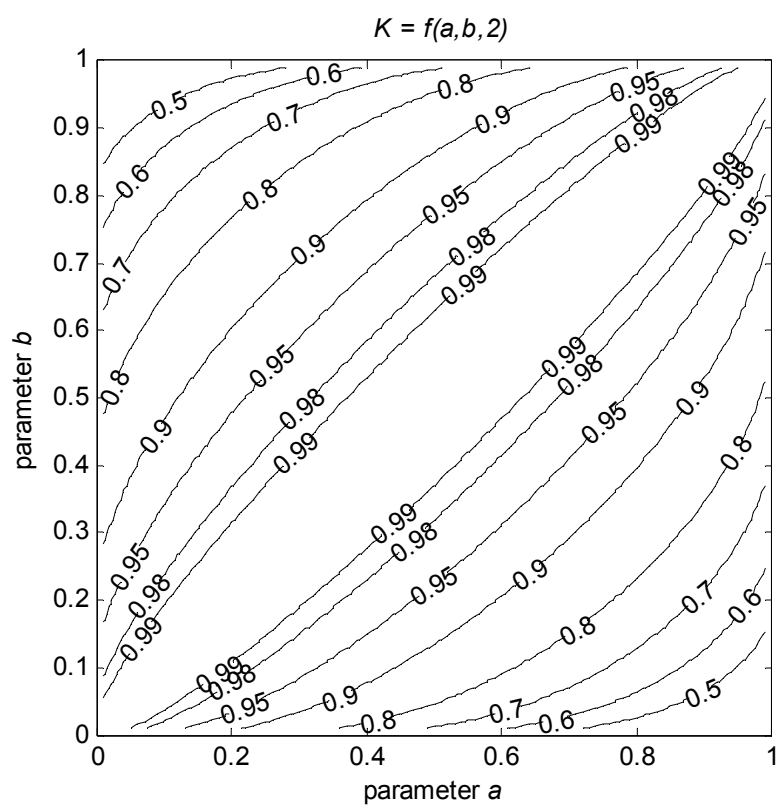
k	n_2	l_2	q_2	a	b	d_1	d_2	K
1	2	1	1	0.3333	0.5000	1.0697	0.9506	0.9903
1	5	1	1	0.1667	0.5000	1.1970	0.9099	0.9578
1	10	1	1	0.0909	0.5000	1.3209	0.8923	0.9312
1	5	2	1	0.0909	0.3333	1.2414	0.9438	0.9708
1	2	5	1	0.0909	0.1667	1.1080	0.9846	0.9958
1	2	1	0.5	0.3333	0.5000	1.1410	0.8150	0.9236
1	5	1	0.2	0.1667	0.5000	1.2640	0.5786	0.6928
1	10	1	0.1	0.0909	0.5000	1.3434	0.4392	0.5214
2	2	1	1	0.3333	0.5000	1.0582	0.9567	0.9834
2	5	1	1	0.1667	0.5000	1.1605	0.9181	0.9270
2	10	1	1	0.0909	0.5000	1.2580	0.8997	0.8798
2	5	2	1	0.0909	0.3333	1.1989	0.9486	0.9486
2	2	5	1	0.0909	0.1667	1.0911	0.9864	0.9927
2	2	1	0.5	0.3333	0.5000	1.1102	0.8328	0.8732
2	5	1	0.2	0.1667	0.5000	1.1761	0.6032	0.5338
2	10	1	0.1	0.0909	0.5000	1.2016	0.4623	0.3255



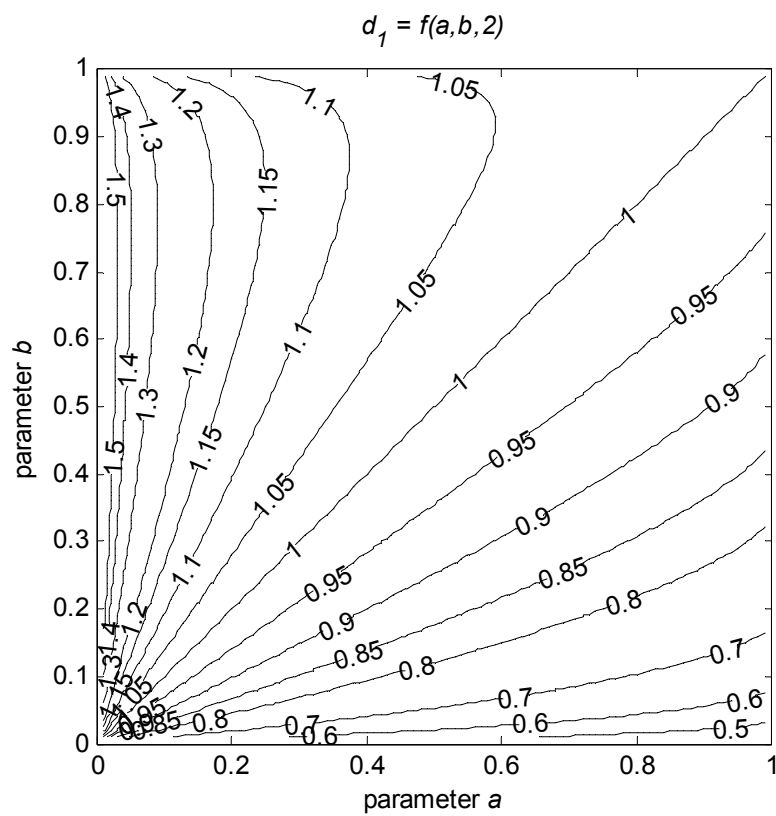
Figur 2.5 Medelkostnadsfunktion $K = f(a, b, 1)$ för lägsta röryta.



Figur 2.6 Diameterfunktion $d_l = f(a, b, 1)$ för lägsta röryta.



Figur 2.7 Medelkostnadsfunktion $K = f(a, b, 2)$ för lägsta rörvolym.



Figur 2.8 Diameterfunktion $d_1 = f(a, b, 2)$ för lägsta rörvolym.

Dimensionering av spaltsprinkler

En spaltsprinkler är en sprinkler vars öppning är en lång spalt, där bredden kan vara högst någon mm och längden flera meter. Syftet med en spaltsprinkler är att täcka en brandutsatt yta med en vattenfilm t ex en hög cylindrisk tank i en industrilokal.

Vattentätheten per löpmeter spalt är jämförbar med en sprinkler av N-klass med 60 l/min. En spalt med bredden 1 mm, längden 1 m och utströmningshastigheten 1 m/s har ett flöde på 60 l/min.

En spaltsprinkler byggs ofta upp av ett uppslitsat rör eller någon form av profil. Den enda dimensionering som krävs är att rörets eller profilen tvärsnitt är tillräckligt stort. Ett bra grundkrav är att tvärsnittarean inte skall vara mindre än spaltens area. Detta innebär att strömningshastigheten i början av röret eller profilen är högst lika med utströmningshastigheten och därefter minskar hastigheten i röret eller profilen. Om den inre hastigheten är större än den avsedda yttre hastigheten kommer utströmningen att avvika från den önskade vinkelräta utströmningen från spalten.

Det som bestämmer utströmningshastigheten hos spalten är tryckskillnaden mellan spaltrör och omgivning. En stor tryckvariation längs spaltröret på grund av rörfriktionsförluster i förhållande till spalttryckfallet medför att det blir stora skillnader i spaltflöde beroende på läget.

En flödeskvot på 0.8 kan uppfyllas genom att friktionstryckfallet längs hela spaltröret för nominellt linjärt avtagande flöde är mindre än en omkring tredjedel av det nominella spalttryckfallet.

Friktionstryckfallet för ett spaltrör med linjärt avtagande flöde kan enligt Hazen-Williams ekvation beräknas som friktionstryckfallet för totalflödet för hela spaltrörets längd dividerat med 2.85 egentligen flödesexponenten b ökad med ett eller dividerat med 3 om friktionstryckfallet antas vara kvadratisk i flödet egentligen.

Kravet för att flödeskvoten skall vara 0.8 kan något avrundat skrivas som att det nominella spalttryckfallet Δp_s skall vara större än hela spaltrörets tryckfall Δp_r för ett konstant flöde lika med totalflödet:

$$\Delta p_s > \Delta p_r \quad (\text{kPa}) \quad (2.20)$$

Om inloppshastigheten för spaltröret skall vara högst lika med utloppshastigheten för själva spalten kan uttrycket (2.20) skrivas om med hjälp av (2.4) för spalttryckfallet och med (2.5) för spaltrörstryckfallet till följande:

$$d > \lambda l \quad (\text{m}) \quad (2.21)$$

Kravet (2.20) och hastighetskravet kan uppfyllas genom att spaltrörets diameter d är tillräckligt stor i förhållande till dess längd l . Friktionstalet λ är för rör omkring 0.02.

3 Skattning av flödesspridning

Många flödessystem med en gemensam stamledning och ett antal på olika avstånd anslutna grenar med önskemål om lika grenflöden saknar möjligheter till injustering. Det går dock att välja dimensionen för den gemensamma stamledningen och grenledning så att flödesspridningen begränsas till ett givet intervall.

Antag att en stamledning med ett flertal lika avgreningar har tryckfallet Δp_s beräknat med nominella flöden och det nominella grentryckfallet är Δp_g som visas för ett exempel med åtta grenar i Figur 3.1 och med motsvarande tryckbild med nominella tryckfall i Figur 3.2. En enkel underskattning och överskattning av flödeskvoten mellan minsta flöde och största flöde kan skrivas som följer:

$$q_{min}/q_{max} < (\Delta p_g / (\Delta p_g + \Delta p_s))^{0.5} \quad (-) \quad (3.1)$$

$$q_{min}/q_{max} > ((\Delta p_g - \Delta p_s) / \Delta p_g)^{0.5} \quad \Delta p_g > \Delta p_s \quad (-) \quad (3.2)$$

Den första uppskattningen fås genom att anta att det tillgängliga trycket är Δp_g ytterst vid gren 8 och $\Delta p_g + \Delta p_s$ innerst vid gren 1 och att motsvarande flöden är proportionella mot kvadratroten ur tryckfallen, eftersom tryckfallen är kvadratiska i flödet.

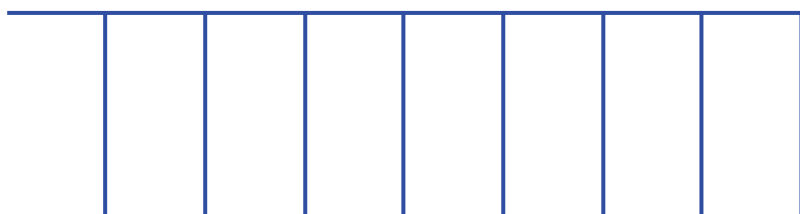
Den andra uppskattningen fås på samma sätt genom att anta att det tillgängliga trycket är $\Delta p_g - \Delta p_s$ ytterst och Δp_g innerst. Notera att underskattningen enligt (3.2) gäller bara när Δp_g är större än Δp_s . Det finns en förbättrad skattning på formen:

$$q_{min}/q_{max} > \exp(-\Delta p_s / 2\Delta p_g) \quad \Delta p_g > \Delta p_s \quad (-) \quad (3.3)$$

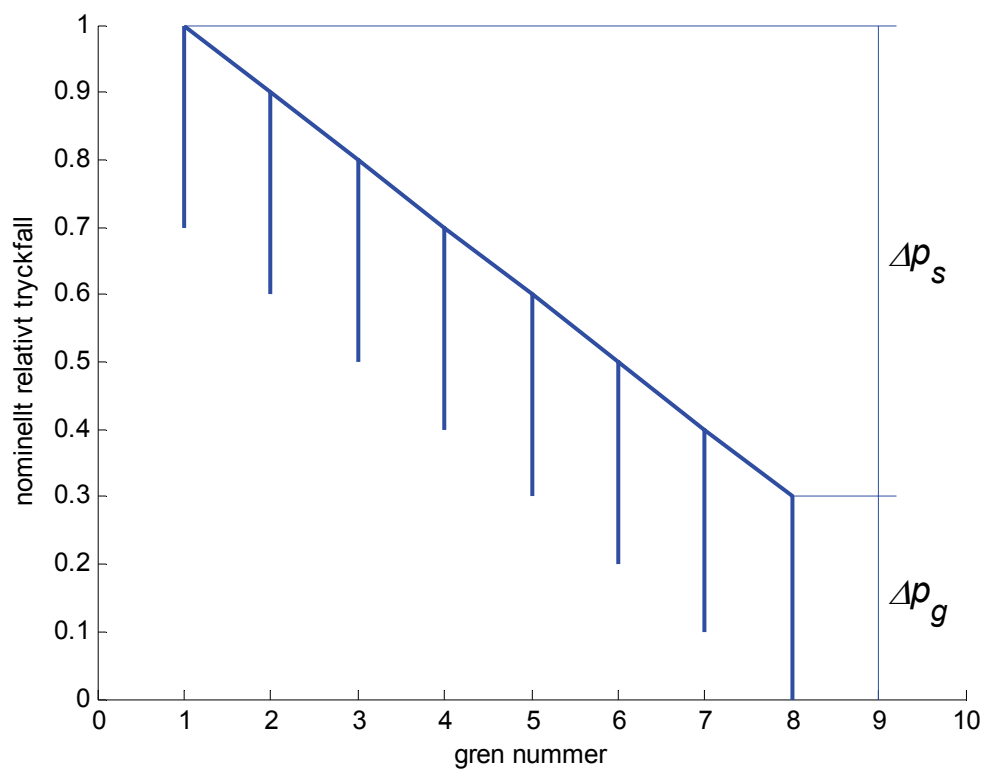
Alla de tre skattningarna redovisas i Figur 3.3 som funktion av relativ grentryckfallsandel a , vilken definieras som:

$$a = \Delta p_g / (\Delta p_g + \Delta p_s) \quad (-) \quad (3.4)$$

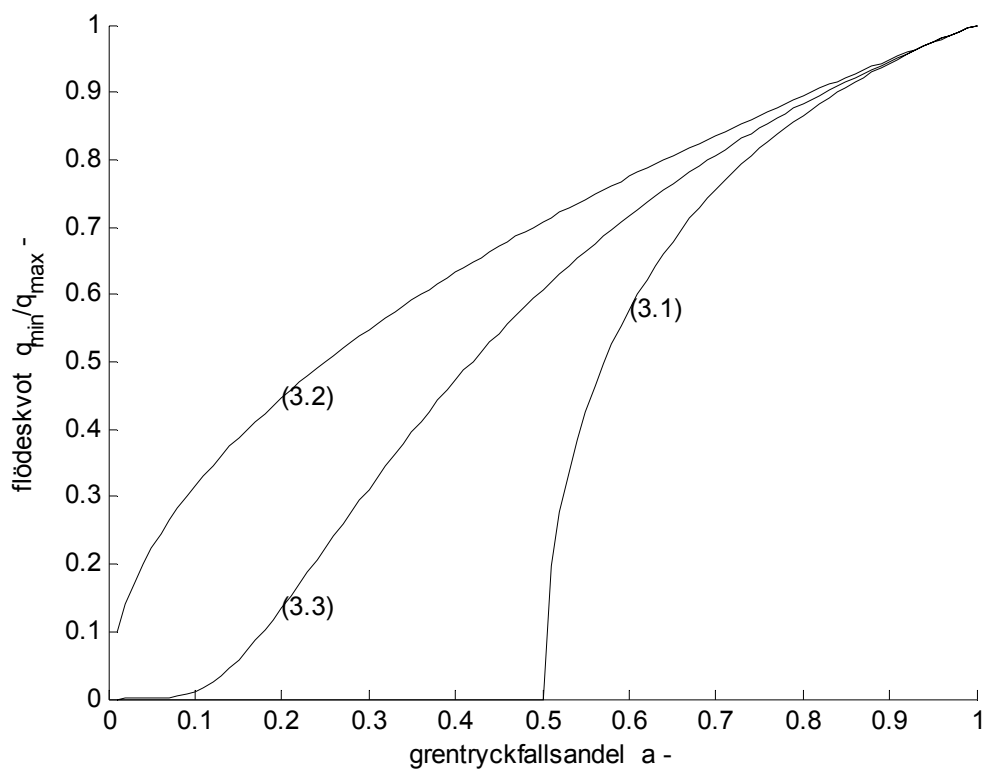
En kontrollberäkning har genomförts för några flödessystem med 2, 5, 10, 100 och 1000 grenar och alla möjliga relativa grentryckfallsandelar. Resultatet redovisas i Figur 3.4 med de tre skattningarna av flödeskvoten. Kurvorna visar att överskattningen enligt (3.1) och underskattning enligt (3.3) begränsar de beräknade kontrollfallen väl.



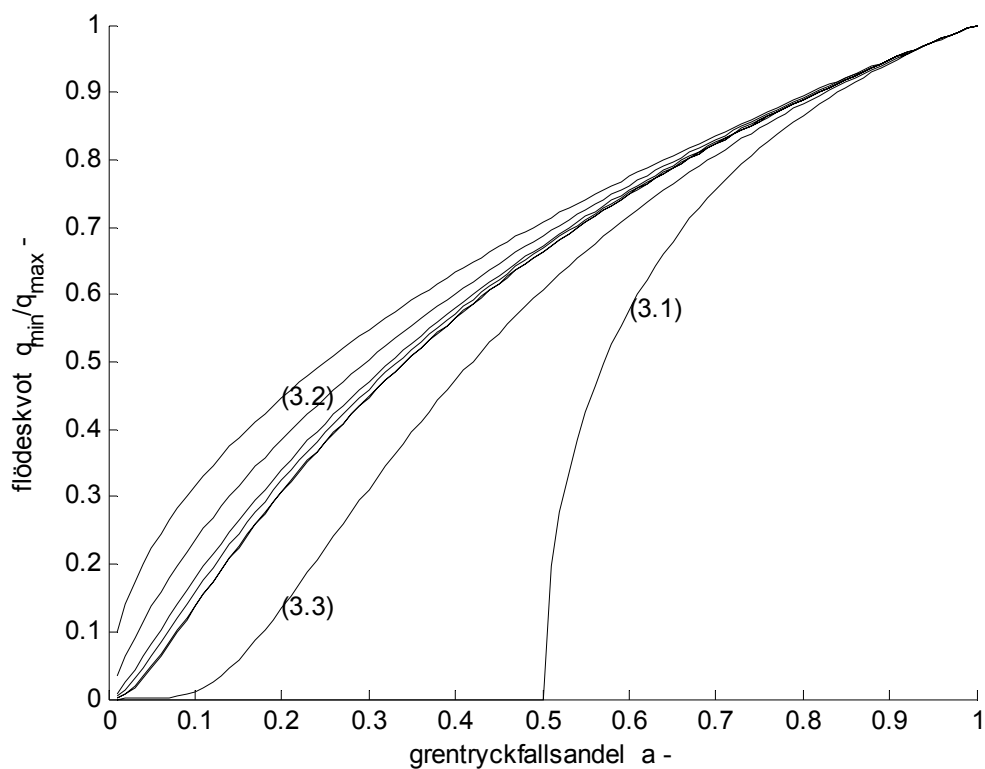
Figur 3.1 Principskiss för flödessystem med en stamledning och åtta avgreningar.



Figur 3.2 Nominell tryckbild för flödessystem med en stamledning och åtta avgreningar.



Figur 3.3 Tre exempel på skattningar av flödeskvoter enligt (3.1-3).



Figur 3.4 Simulerade flödeskvoter för flödessystem med 2, 5, 10, 100 och 1000 grenar tillsammans med skattningar av flödeskvoter enligt (3.1-3).

Flödesspridning inom ett grenrör

Flödesspridningen inom ett grenrör kan begränsas till ett önskat intervall genom att dimensionera grenrörets olika delsträckor efter ett lämpligt medeltryckfall R_g lika med stamtryckfallet Δp_s dividerat med motsvarande rörlängd l_g . Uttrycket (3.3) kan skrivas om för att beräkna Δp_s med ett givet grentryckfall Δp_g här lika med nominellt sprinklertryckfall. Uttrycket blir följande:

$$\Delta p_s = 2 \Delta p_g \ln(q_{\max}/q_{\min}) \quad (\text{Pa}) \quad (3.5)$$

Flödesspridning inom ett gridrör

Flödesspridningen är liten mellan olika sprinkler på samma gridrör, eftersom gridrörens dimension valts för att få fram vatten till verkningsytan och inte för att uppfylla något krav på tryckfall inom verkningsytan. Tryckskillnaden inom en verkningsytan eller på ett gridrör är liten och kan uppskattas med antagande om nominella flöden. Symmetri antas råda med lika matning från två håll. Detta innebär att om n sprinkler är aktiva på ett gridrör görs dimensioneringen av gridrören efter $n/2$ sprinkler.

Antag att gridrörets tryckfall är R_g vid dimensionerande flöde för $n/2$ sprinkler. Tryckskillnaden mellan yttersta och innersta sprinkler Δp_s kan nu skattas för standardavståndet 3 m mellan sprinkler med antagande om kvadratiska förluster och med hjälpfunktionen $f(n)$ som följer:

$$\Delta p_s = 3 f(n) R_g \quad (\text{kPa}) \quad (3.6)$$

$$f(n) = [1^2 + 2^2 + \dots + (n/2 - 1)^2] / (n/2)^2 \quad \text{jämmt } n \quad (-) \quad (3.7)$$

$$f(n) = [0.5^2 + 1.5^2 + \dots + (n/2 - 1)^2] / (n/2)^2 \quad \text{udda } n \quad (-) \quad (3.8)$$

Funktionen $f(n)$ återges i Tabell 3.1 för n från 3 till 10. Siffrorna i Tabell 3.1 visar att de inre sprinklerna på gridröret har endast något lägre tryck än de yttre sprinklerna. Fallet $n=10$ visar att skillnaden i tryckfall endast motsvarar 3.6 m rör med nominellt tryckfall R_g , vilket kan jämföras med avståndet mellan yttre och inre sprinkler är 12 m.

Tabell 3.1 Hjälpfunktionen $f(n)$

n	3	4	5	6	7	8	9	10
$f(n)$	0.111	0.250	0.400	0.556	0.714	0.875	1.037	1.200

Flödesspridning inom spaltsprinkler

Flödesspridningen för en spalt med längden 10 m och innerdiameter 125 mm har beräknats för sju fall för en förenklad modell med 40 hål motsvarande 250 mm spalt och med mellanliggande rördelar med samma längd 250 mm. Spaltvidden är 1 mm för fall 1-4 och spalttryckfallet ökar med ökande flöde. Spaltvidden ökar med flödet för fall 5-7, vilket ger samma spalttryckfall.

Beräknat spalttryckfall och rörtryckfall för konstant flöde redovisas tillsammans med en övre flödeskvotsgräns enligt (3.1), en undre gräns enligt (3.3) och en med simulering bestämd flödeskvot.

Notera att rörtryckfallet är något större än spalttryckfallet för fall 1-4 och flödeskvoten blir bättre än 0.8, vilket visar att det tidigare dimensioneringskravet enligt (2.20) om att spalttryckfallet är lika med rörtryckfallet för konstant flöde blir flödeskvoten bättre än 0.8. Slutsatsen är att det finns en viss marginal för denna regel.

Fall 5-7 med konstant spalttryckfall och mycket större rörtryckfall har flödeskvot, vilka begränsas av de två flödeskvotgränserna. Den undre gränsen är dock långt från den simulerade flödeskvoten.

fall	spaltvidd mm	totalflöde l/min	tryckfall spalt kPa	tryckfall rör kPa	flödeskvot (3.1)	flödeskvot (3.3)	flödeskvot simulerad
1	1	600	0.5	0.729	0.813	0.774	0.810
2	1	1200	2.0	2.629	0.827	0.794	0.825
3	1	1800	4.5	5.566	0.835	0.805	0.834
4	1	2400	8.0	9.478	0.840	0.812	0.839
5	2	1200	0.5	2.629	0.593	0.398	0.563
6	3	1800	0.5	5.566	0.451	0.142	0.393
7	4	2400	0.5	9.478	0.362	0.036	0.283

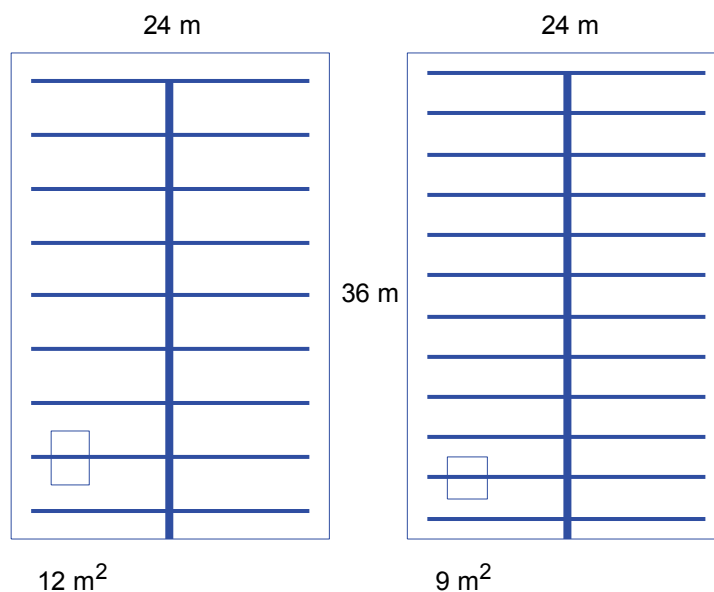
4 Val av rörssystem

En naturlig frågeställning som gäller utformning av sprinklersystem är valet mellan grenrörssystem och gridrörssystem. Detta har undersökts för en rektangulär lokalyta med en två olika byggmoduler, 12 m och 6 m i kombination med två olika sprinklerbasytor, 12 m² per sprinkler respektive 9 m² per sprinkler för byggmodul om 6 m. Exempel på olika lösningar för olika rörssystem redovisas i Figur 4.1 för grenrörssystem och i Figur 4.2 för gridrörssystem.

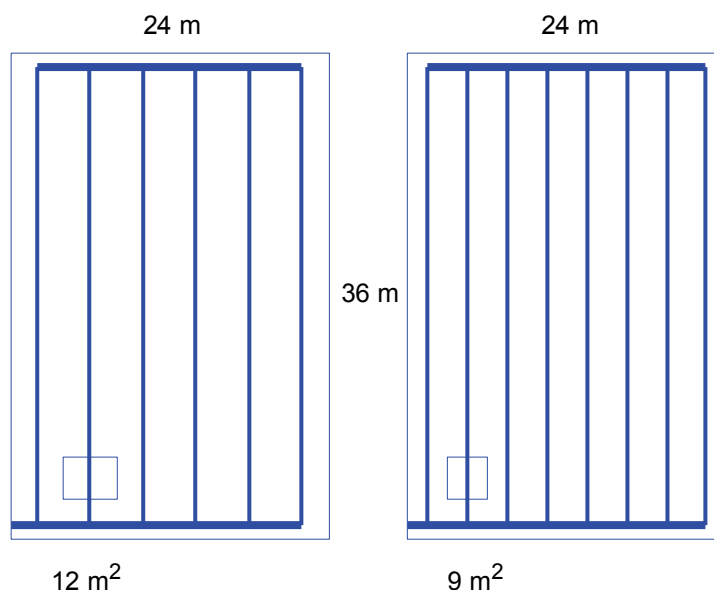
Riskklassen har antagits vara liknande normal och hög riskklass med en yta om 12 m² per sprinkler respektive 9 m² per sprinkler. Avståndet mellan grenrör eller gridrör har satts till största möjliga 4 m. Avståndet mellan sprinkler på grenrör eller gridrör har satts till minsta möjliga 3 m. Fyra något fiktiva verkningsytor har använts med data enligt Tabell 4.1 nedan.

Tabell 4.1 Testverkningsytor

testyta	antal aktiva rör	antal aktiva sprinkler per rör	antal aktiva sprinkler	längd m	krav 12 m ² m	krav 9 m ² m
1	2	3	6	9	10.2	8.8
2	3	4	12	12	14.4	12.4
3	3	6	18	18	17.6	15.2
4	4	8	32	24	23.5	20.3



Figur 4.1 Exempel på grenrörssystem med sprinklerruta 12 m² och 9 m².



Figur 4.2 Exempel på gridrörssystem med sprinklerruta 12 m² och 9 m².

Beräkningsätt och förenklingar

Alla rör har dimensionerats enligt Hazen-Williams ekvation (2.2) med samma tryckfall per meter och för nominella flöden. Problemet har normerats till tryckfall 1 enhet, totalflödet 1 enhet och största diameter 1 enhet. Detta innebär att diametern för ett godtyckligt delflöde q kan skrivas som:

$$d = q^{b/c} \quad (4.1)$$

där parametrarna b och c är 1.85 respektive 4.87. Grenrörssystemet har haft ett i lokalytans längdriktning mittplacerat huvudfördelningsrör med dimensionen 1. Någon avtrappning har inte gjorts ytterst. Längden har varit lokalytans längd minskad med 2 m. De dubbelsidiga grenrörens längd är lika med byggnadens bredd minskad med 3 m. Varje grenrörssdel har dimensionerats efter nominellt flöde.

Gridrörssystemet har haft ett huvudfördelningsrör med dimensionen 1 orienterat i lokalytans breddriktning. Någon avtrappning har inte gjorts ytterst. Längden har varit lokalytans bredd minskad med 2 m. Gridrörssystemets gavelrör har dimensionerats för flödet 0.5 och dess längd har varit byggnadens bredd minskad med 4 m. Gridrören har orienterats i byggnadens längdriktning. Längden har varit lokalytans längd minskad med 3 m.

Jämförelse rörlängder

Grenrörssystem och gridrörssystem kan orienteras med grenrör och gridrör parallella lokalytan kortsida eller långsida. Minst rörlängd fås genom att ha korta avstånd mellan sprinkler på grenrör eller på gridrör och att ha långa avstånd mellan grenrör eller gridrör. De två avstånden bestäms till 3 m respektive 4 m för normal riskklass med 12 m^2 yta per sprinkler och med minst 3 m mellan sprinkler och högst 4 m mellan sprinkler.

En enkel jämförelse kan göras med en rektangulär lokalyta med en modul om 12 m. Dessa grova lokalmått gör det alltid möjligt att förlägga både ett grenrörssystem och ett gridrörssystem på mest rörlängdssnåla sätt.

Grenrören är alltid 3 m kortare än lokalens kortsidan. Det mittplacerade huvudfördelningsröret är 2 m kortare än ger långsidan.

Gridrören kunde också varit 3 m kortare än långsidan, men förlängs med 0.5 m i båda ändar för att de yttersta sprinklerna inte skall placeras på huvudfördelningsröret och på gavelröret. Gavelröret är 4 m kortare än kortsidan och huvudfördelningsröret är 2 m kortare än kortsidan.

Den totala rörlängden sammanställs nedan för både grenrörssystem och gridrörssystem och för grenrör eller gridrör parallella med sidan i x-led eller sidan i y-led.

Tabell 4.2 Rörlängd för lokal med måtten x och y .

system	gren/gridrör i x-led	gren/gridrör i y-led
grenrör	$xy/4 - y/4 - 2$	$xy/4 - x/4 - 2$
gridrör	$xy/4 + 3y/2 - 6$	$xy/4 + 3x/2 - 6$

Rörlängdsuttrycken visar att grenrör skall läggas parallellt med kortsidan, medan gridrör skall läggas parallellt med långsidan. Alla uttrycken innehåller en grundterm $xy/4$ som kan tolkas som lokalytan dividerad med 4, vilket i sin tur kan skalas ner till en enda sprinkler med ytan 12 m^2 och rörlängden blir 3 m per sprinkler. Uttrycken i Tabell 4.2 visar också att grenrörssystem kräver mindre rör än 3 m per sprinkler, medan gridrörssystem kräver alltid mer än 3 m rör per sprinkler. Det framgår också att gridrörssystem skall orienteras med gridrören parallellt med långsidan, vilket ger den kortaste totallängden.

Den utformning som ger den kortaste rörlängden behöver inte ge den lägsta rörkostnaden. Rörkostnaden kan uppskattas som rörytan med antagande om konstant godstjocklek eller som rörvolymen med antagande att godstjockleken är proportionell mot rördiametern. Detta är naturligt ur tryckhållfasthetssynpunkt.

Gridrörssystemet har tre rörtyper med var sin dimension och de är oberoende av gridrörssystemets utformning. Det är endast själva verkningsytans storlek som bestämmer rördimensionerna. De tre dimensionerna väljs för hela totalflödet, halva totalflödet och totalflödet dividerat med dubbla antalet gridrör som ingår i verkningsytan.

Antalet grenrörssystemdimensioner kan bli stort.

Den bästa utformningen för ett grenrörssystem är när verkningsytans längd sammanfaller med lokalens kortsida. Alla grenrörsträckor utom de innersta närmast huvudfördelningsröret är mindre än gridrördimensionen för samma verkningsyta.

En verkningsyta, som är mindre än vad de dubbelsidiga grenrören täcker, kräver för en del rörsträckor rördimensioner som är större än gridrördimensionen för samma verkningsyta. Om verkningsytans längd är hälften av vad de dubbelsidiga grenrören täcker kommer hälften av alla grenrörsträckor vara större än gridrördimensionen för samma verkningsyta.

Slutsatsen är att grenrörssystem skall om möjligt anpassas till verkningsytans längd för att kunna utnyttja de mindre dimensionerna och för att undvika de större dimensionerna om grenrörlängden är större än halva verkningsytans längd. Detta kan innebära att en lokalytan kan täckas av flera för verkningsytan anpassade grenrörssystem än ett enda grenrörssystem.

Jämförelse komponenter

Ett sprinklersystem består inte enbart av raka rör utan även av böjar och olika grenstycken. Det krävs ett grenstycke eller en bøj för varje ansluten sprinkler i ett sprinklersystem. Varje dubbelsidigt grenrör kräver ett T-stycke eller ett X-stycke. Varje gridrör kräver två T-stycken ytterst i ändarna. Gridrörssystemets hörn utan inmatning kan förses med böjar eller med T-stycken, vilka lockas med gavlar i huvudriktningen. Nedan görs en summering av alla böjar, gavlar, T-stycken och X-stycken som krävs för ett sprinklersystem med n rör med m sprinkler per rör.

Tabell 4.3 Antal komponenter

system	böjar	gavlar	T-stycke	X-stycke
grenrör	$2n$	-	$n(m-2)+1$	$n-1$
gridrör	-	3	$n(m+2)$	-

Jämförelse dimensionerande rörsträcka

Den dimensionerande rörsträckan för ett grenrörssystem är alltid längst bort från inmatningen. Om inmatning sker i ett hörn för en lokalytan med måtten x och y blir rörsträckan lika med summan av lokalytans två mått x och y bortsett från den yttersta sprinklerna avstånd till de två väggarna på 2 m och 1.5 m för en sprinklerruta med ytan 12 m^2 och 1.5 m och 1.5 m för en sprinklerruta om 9 m^2 . Den dimensionerande rörsträcka kan därför anges som $x+y$.

Den dimensionerande rörsträckan för ett gridrörssystem är mycket mindre än för ett grenrörssystem och den mer eller mindre halveras. Antag att gridrörlängden har måttet x och huvudfördelningsrör och gavelfördelningsrör har längden y .

Verkningsytan ligger nära mitten på gridrören. Den dimensionerande gridrörsträckan blir därför lika med halva gridrörlängden $x/2$ för de aktiva rören och ett tillägg för halva vägen genom de passiva gridrören, vilket kan skrivas som $(n/m)^2 x/2$.

Strömningen till verkningsytan kan delas upp i två vägar, en direktväg från huvudfördelningsröret till de aktiva gridrören som för till verkningsytan från ena hållet och en indirekt väg först via in passiva gridrör till gavelfördelningsröret vidare till de aktiva gridrören som för till verkningsytan från andra hållet.

Huvudfördelningsröret är dimensionerat för totalflödet, men flödet är i medeltal betydligt lägre och därför skall den verkliga längden korrigeras för att flödet är lägre. En enkel längdkorrektion för huvudfördelningsröret är $7y/12$ med antagande om att flödet avtar linjärt från totalflödet till halva dess värde över hela längden.

Gavelfördelningsröret är dimensionerat för halva totalflödet, men flödet är i medeltal betydligt lägre. En enkel längdkorrektion för gavelfördelningsröret är att den dimensionerande längden sätts till $y/3$ där flödet antas variera linjärt från noll upp till halva totalflödet och därefter ner till noll igen.

Det dimensionerande medeltryckfallet för huvudfördelningsröret och gavelfördelningsröret kan anges med en motsvarande dimensionerande längd lika med $11y/24$. Den totala dimensionerande längden med gridrören blir därför:

$$l = 11y/24 + x/2 + (n/m)^2 x/2 \quad (\text{m}) \quad (4.2)$$

Detta uttryck kan förenklas till $(x+y)/2$ om $y/24$ antas vara lika med $(n/m)^2 x/2$. Detta går inte att göra eftersom de två termerna skiljer sig åt. Sträckan y är normalt mindre än sträckan x och $(n/m)^2$ kan vara betydligt större än $1/24$. Notera att $(x+y)/2$ är hälften av den dimensionerande rörsträckan för grenrörssystemet. En liten säkerhetsmarginal kan införas genom att addera $y/24$ till den dimensionerande sträckan, vilket ger:

$$l = (y+x)/2 + (n/m)^2 x/2 \quad (\text{m}) \quad (4.3)$$

Uttrycket ovan visar att om antalet passiva gridrör m är betydligt större än antalet aktiva gridrör n blir den dimensionerande rörlängden nära $(y+x)/2$, vilket är hälften mot grenrörssystemets dimensionerande rörlängd.

Skillnad i dimensionerande rörlängd mellan grenrörssystem och gridrörssystem innebär att för samma tillgängliga tryck kan enskilda rör dimensioneras efter helt olika medeltryckfall. Detta innebär att olika medeltryckfall resulterar i olika diametrar. Sambandet mellan dimensionerande längd, medeltryckfall och motsvarande diametrar kan för samma flöde och utgående från Hazen-Williams ekvation (2.2) skrivas som:

$$d_{grid}/d_{gren} = (R_{gren}/R_{grid})^{1/c} = (l_{grid}/l_{gren})^{1/c} \quad (-) \quad (4.4)$$

En halverad dimensionerande rörsträcka för gridrörssystem jämfört med grenrörssystem medför ett fördubblat medeltryckfall för gridrörssystemet och ger en reduktionsfaktor för diametrar på 0.8673 ($0.5^{1/4.87}$). Denna reduktion motsvarar nästan ett dimensionsbyte. Detta har inte utnyttjats i den fortsatta jämförelsen mellan grenrörssystem och gridrörssystem utan de två systemen har identiska diametrar för samma flöden.

Jämförelse med rektangulär sprinklerruta 12 m^2

Jämförelse har skett med en kvot mellan grenrörssystemets och gridrörssystemets röryta och även med rörvolym med antagandet att godstjockleken är proportionell mot diametern. Detta görs parvis för de fyra verkningsytorna i Figur 4.3-10 enligt Tabell 4.1. Notera att de fyra verkningsytorna har inte varit identiska med de för normal riskklass utom för verkningsyta 3.

Grenrören orienteras i parallellt med lokalytans kortsidan, medan gridrören parallellt med dess långsidan. De två kvoterna blir därför lika för ombytta värden på lokalytans längd och bredd och därför redovisas endast kvoter för lokallängder i y-led större än lokalbredder i x-led. Test görs också med att dela upp grenrörssystemet i två system och antalet grenrörssystem anges med ett index på jämförelsekvoten.

Notera att grenrörssystemet ansluts mitt på lokalytans kortsida, medan gridrörssystemet ansluts 1.5 m från ett hörn. Gridrörssystemet kan i princip anslutas var som helst på huvudfördelningssröret. Detta innebär att om anslutning kan ske mitt på kortsidan kan huvudfördelningssrörets dimension troligen beräknas för halva totalflödet som för gavelröret.

Notera att gridrörssystemets rörlängd är alltid större än grenrörssystemets rörlängd. Skillnaden är lika med gridrörssystemets gavelrör lika med lokalytans kortsida minskad med 4 m.

Notera också att dimensionering har genomförts med samma tryckfallskrav per meter rör. Detta är inte helt rätt eftersom gridrörssystemets dimensionerande rörsträcka inom lokalytan är från ett hörn till mitten lika med halva lokallängden och halva lokalbredden, men för det aktuella grenrörssystemet lika med hela lokallängden och halva lokalbredden.

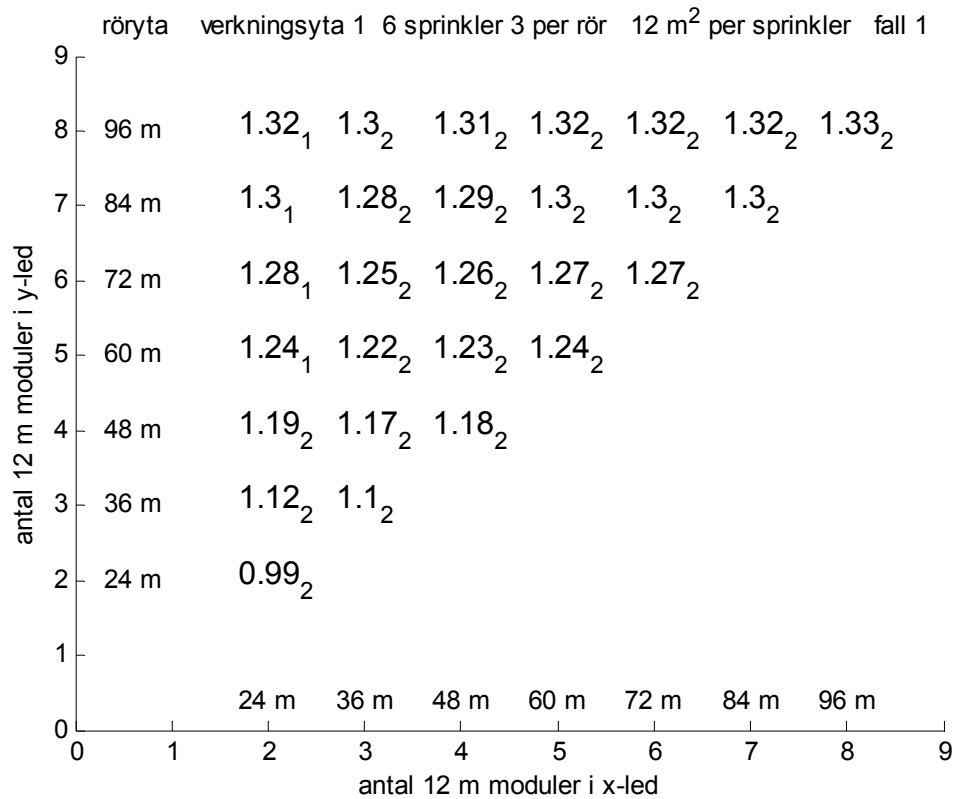
Notera att ideala dimensioner har använts. Detta innebär att med ett begränsat antal dimensioner påverkas en jämförelsekvot och slumpen gör att det ideala valet av system inte är det i praktiken bästa.

Jämförelsekvoterna för röryta och rörvolym i Figur 4.3-10 visar genomgående att gridrörssystem är snålare utom för de fall som anges i Tabell 4.4 nedan. Samtliga dessa fall är kvadratiska.

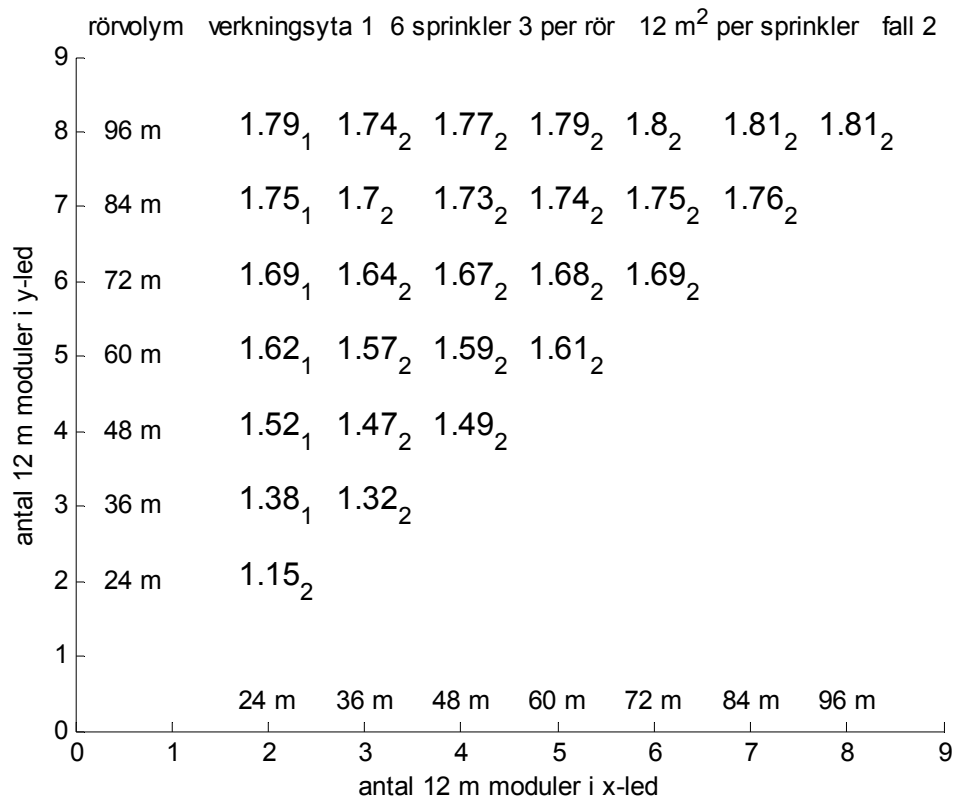
Tabell 4.4 Grenrör bättre än gridrör

testverkningsyta	röryta	rörvolym
1	24^2 m	-
2	36^2 m	24^2 m
3	24^2 m	24^2 m
4	$24^2 \text{ m}, 36^2 \text{ m}$	24^2 m

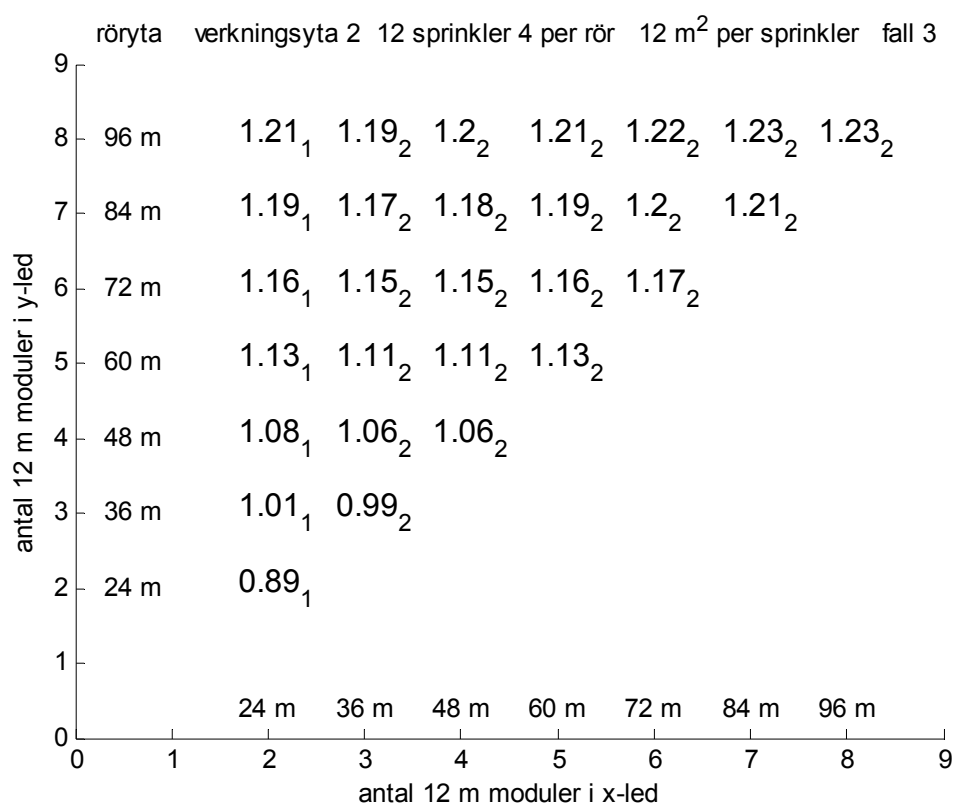
De genomräknade fallen i Figur 4.3-10 visar att om verkningsytan är liten i förhållande till lokalytan är gridrörssystem effektivare än grenrörssystem. Detta gäller inte för lokaler med en liten kortsida i förhållande till långsidan. De fall som saknas i Figur 4.3-10 kan i en del fall endast realiserats som grenrörssystem.



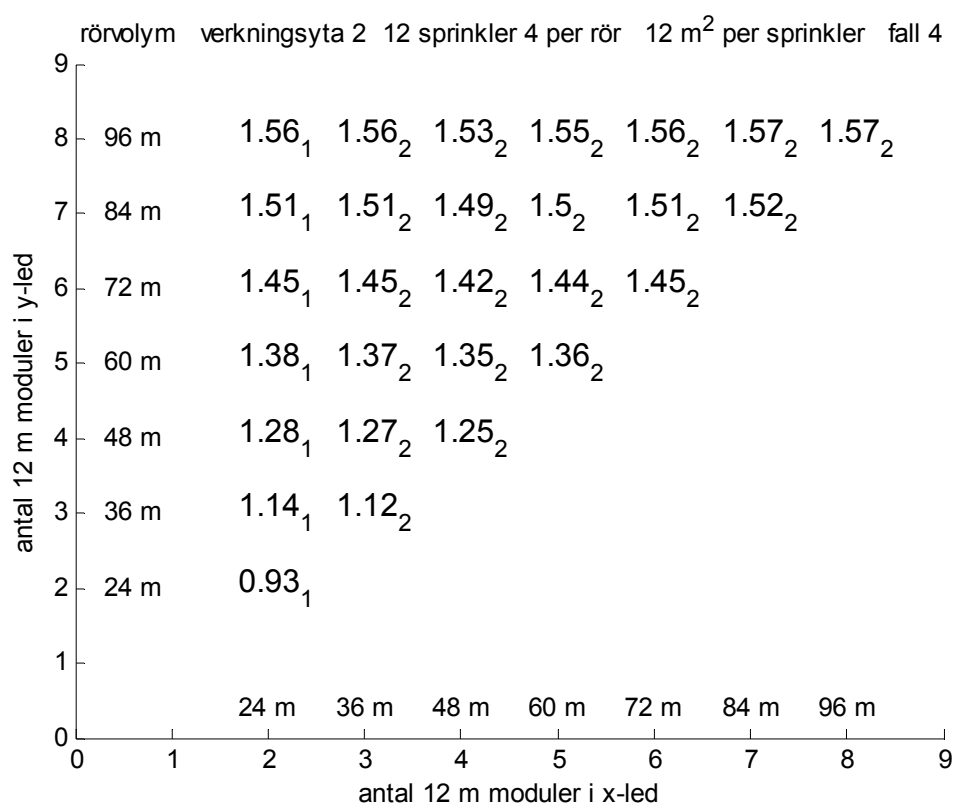
Figur 4.3 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 1.



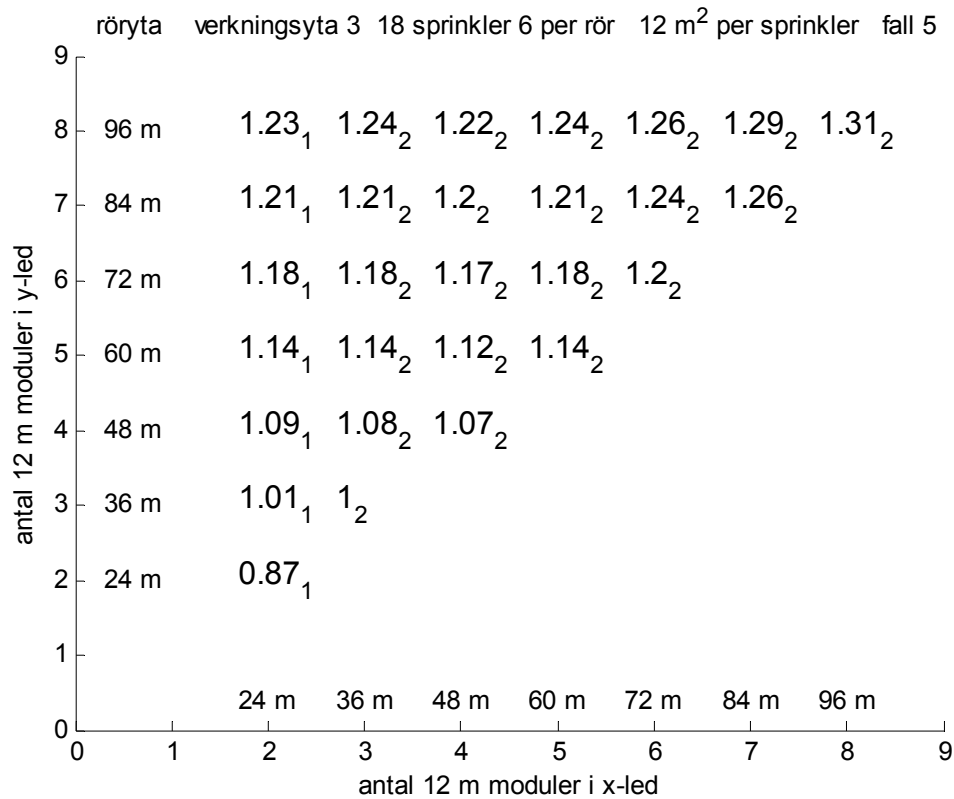
Figur 4.4 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 1.



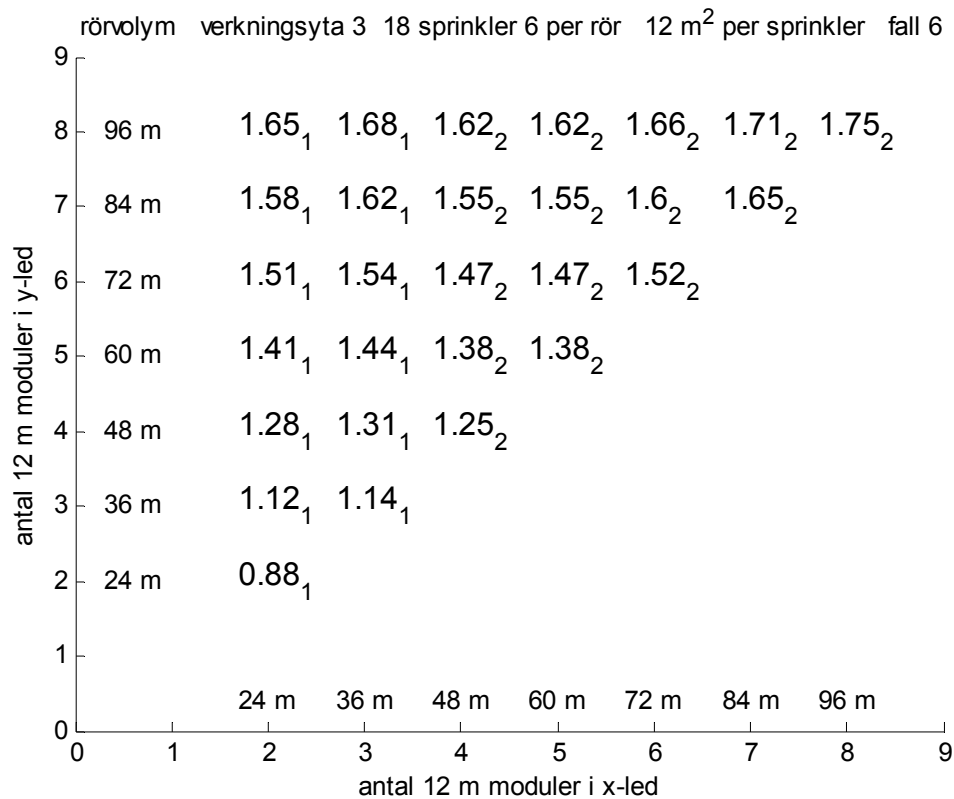
Figur 4.5 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 2.



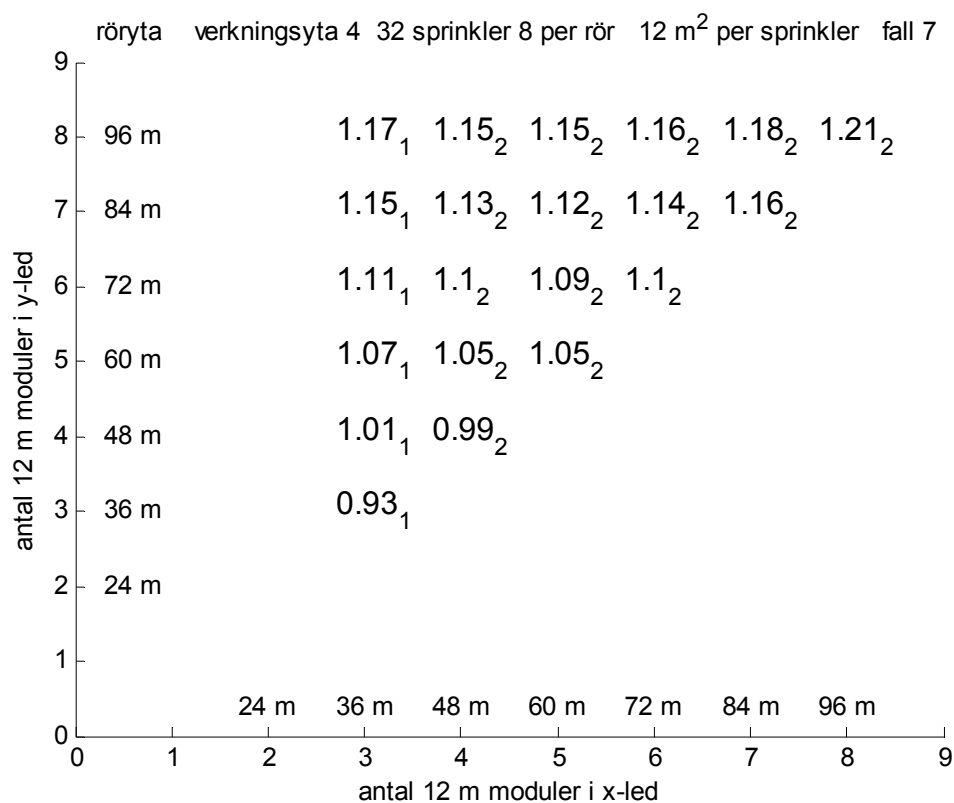
Figur 4.6 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 2.



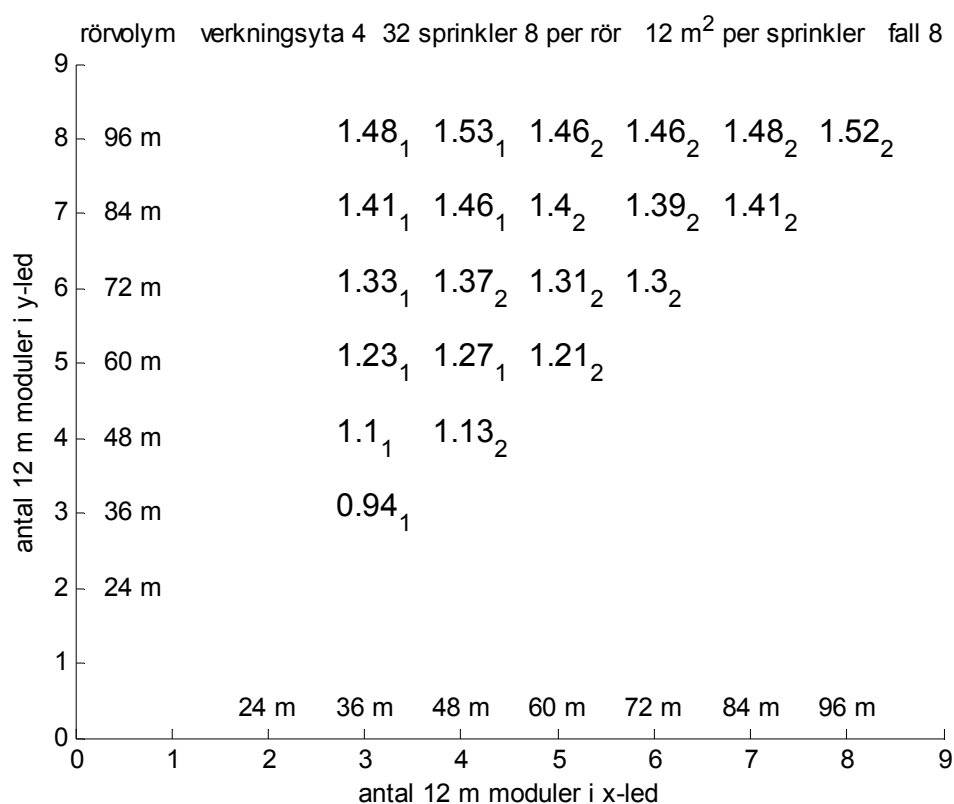
Figur 4.7 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 3.



Figur 4.8 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 3.



Figur 4.9 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 4.



Figur 4.10 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 4.

Jämförelse med kvadratisk sprinklerruta 9 m²

Den tidigare sprinklerrutan om 12 m² och med längden 4 m och 3 m begränsar möjligheterna att jämföra grenrörssystem med gridrörssystem för samma lokalyta. I detta avsnitt är sprinklerrutan kvadratisk om 9 m² med sidan 3 m. Möjligheterna att jämföra de två rörssystemen med varandra ökar och en mindre byggmodul med sidan 6 m används mot den tidigare större byggmodul med sidan 12 m.

Både röryta och rörvolym jämförs med jämförs som tidigare för samma verkningsytor enligt Tabell 4.1 och resultatet redovisas i Figur 4.11-18.

Kravet för lokalytans kortsidan är att antalet gridrör vinkelrätt mot kortsidan är minst två gånger antalet aktiva rör i verkningsytan.

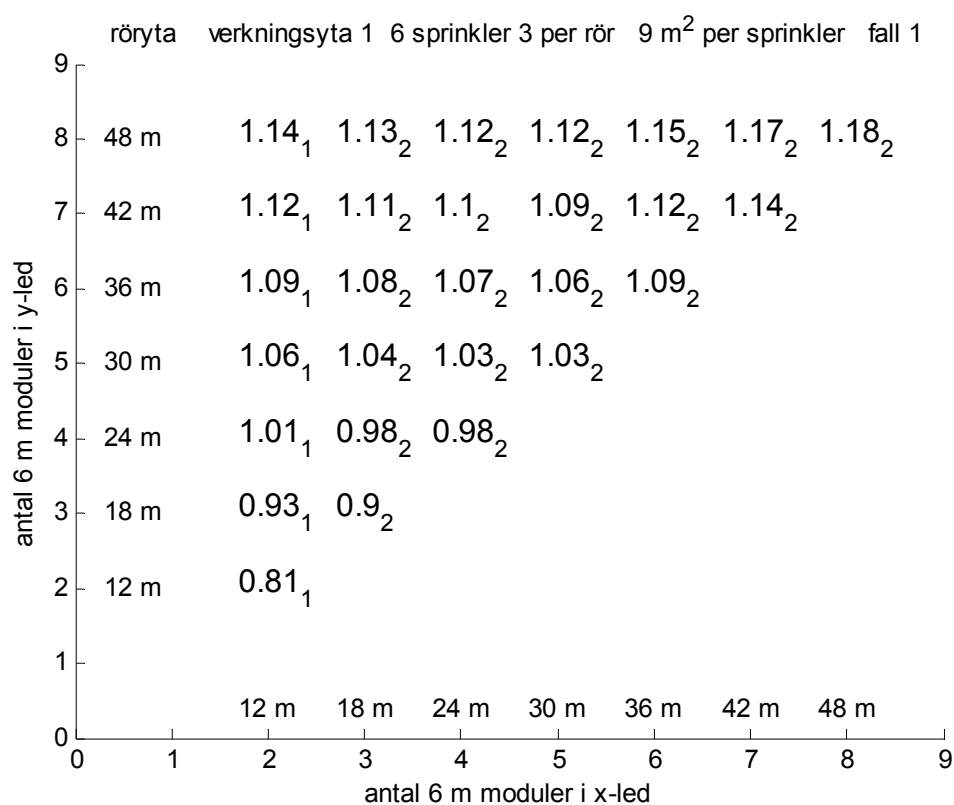
Jämförelsekvoterna för röryta och rörvolym i Figur 4.11-18 visar skillnaden mellan grenrörssystem och gridrörssystem är liten. Detta beror på att den största längden är 48 m i denna jämförelse med sprinklerruta 9 m². Antalet grenrörsfall som är snålare än gridrörssystem anges i Tabell 4.5 nedan. Notera att antalet jämförelser ändras med testverkningsytans storlek.

Tabell 4.5 Antal fall grenrör bättre än gridrör

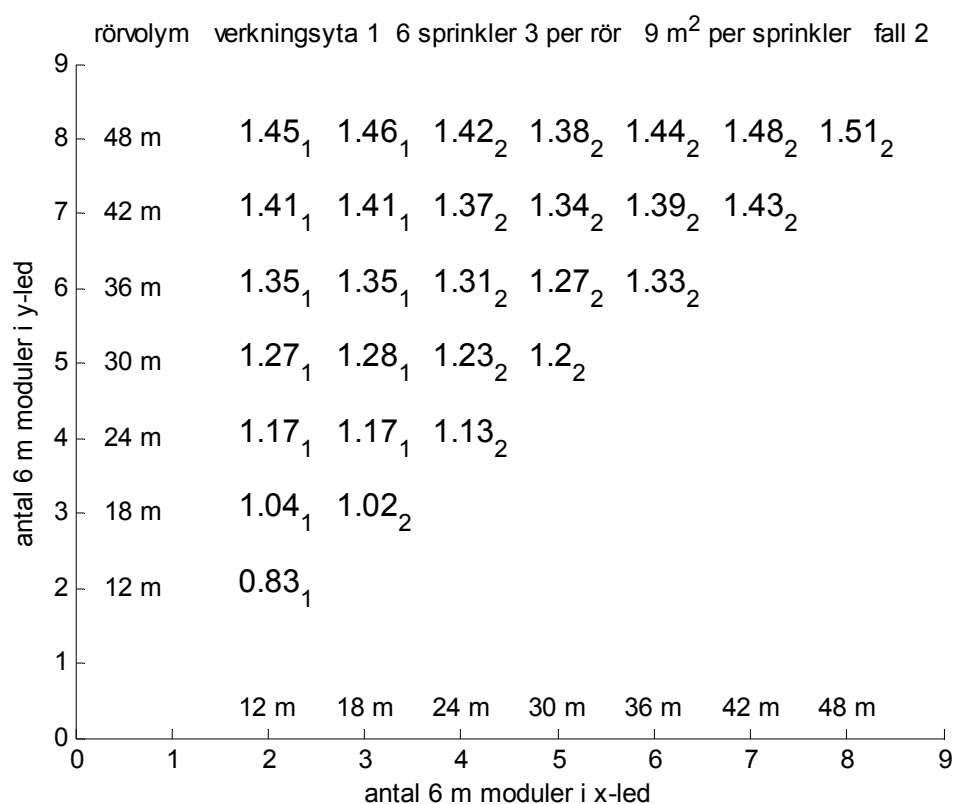
testverkningsyta	antal	röryta	rörvolym
1	28	5	1
2	21	10	3
3	21	7	3
4	16	10	6

Siffrorna i Tabell 4.5 visar att gridrörssystem är bättre än grenrörssystem för fall med en liten testverkningsyta i förhållande till lokalytan. Testverkningsyta 4 har en längd om 24 m och en bredd om 12 m, vilket skall jämföras med största lokalmått 48 m.

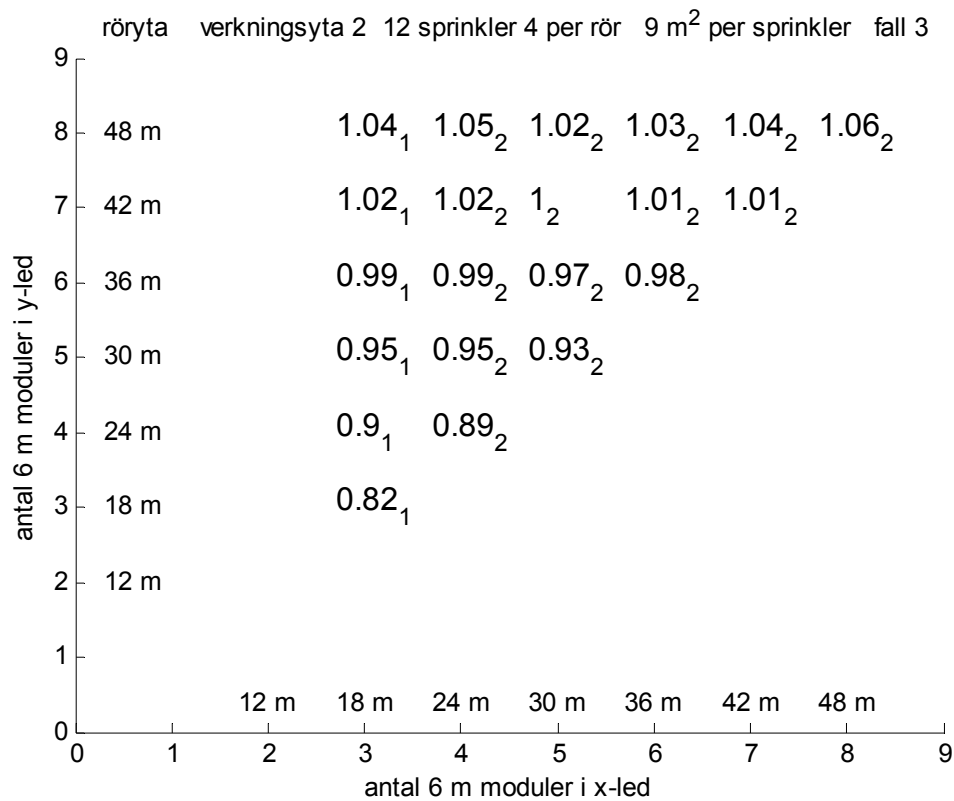
Rörvolym är en mer fördelaktig egenskap för gridrörssystem än för grenrörssystem.



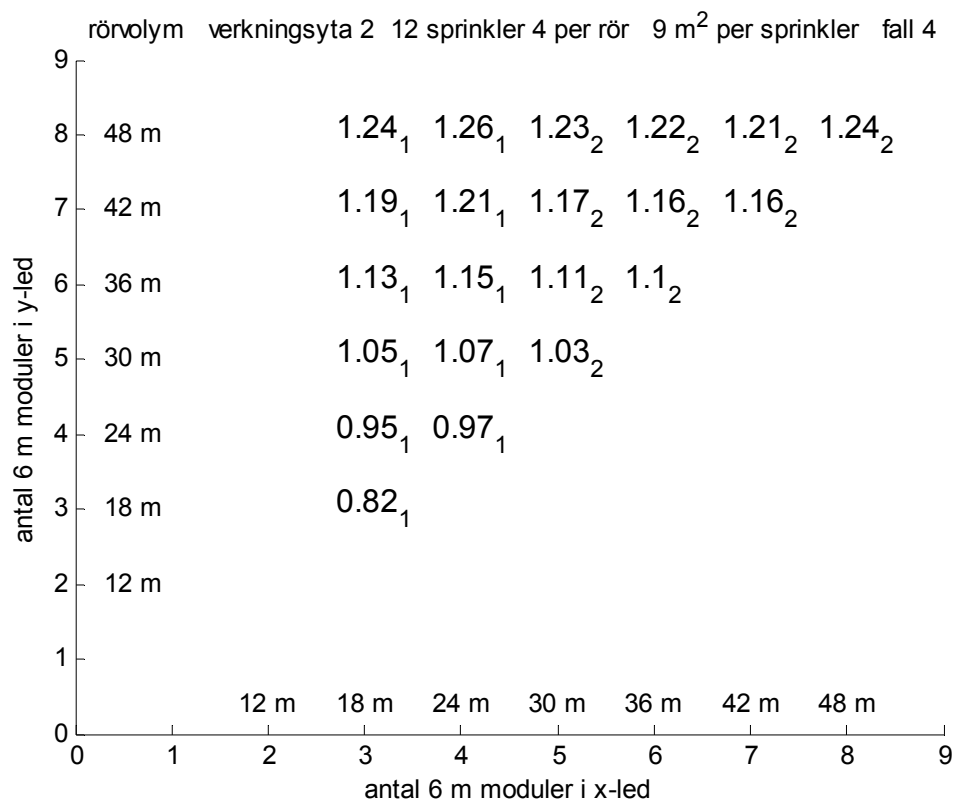
Figur 4.11 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 1.



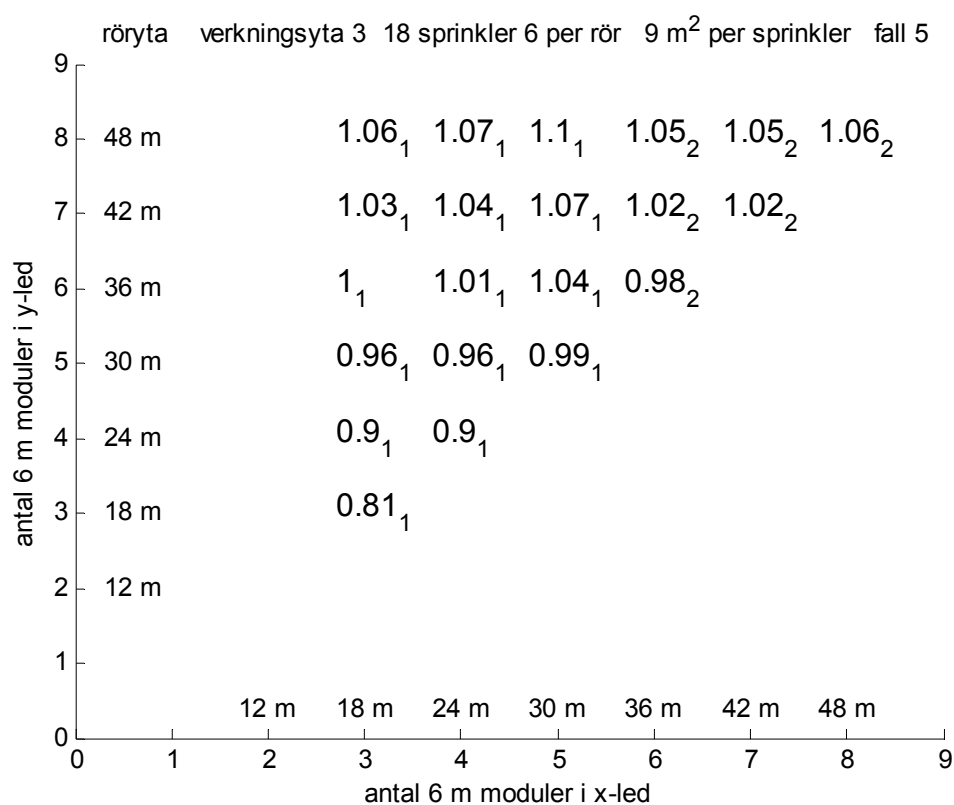
Figur 4.12 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 1.



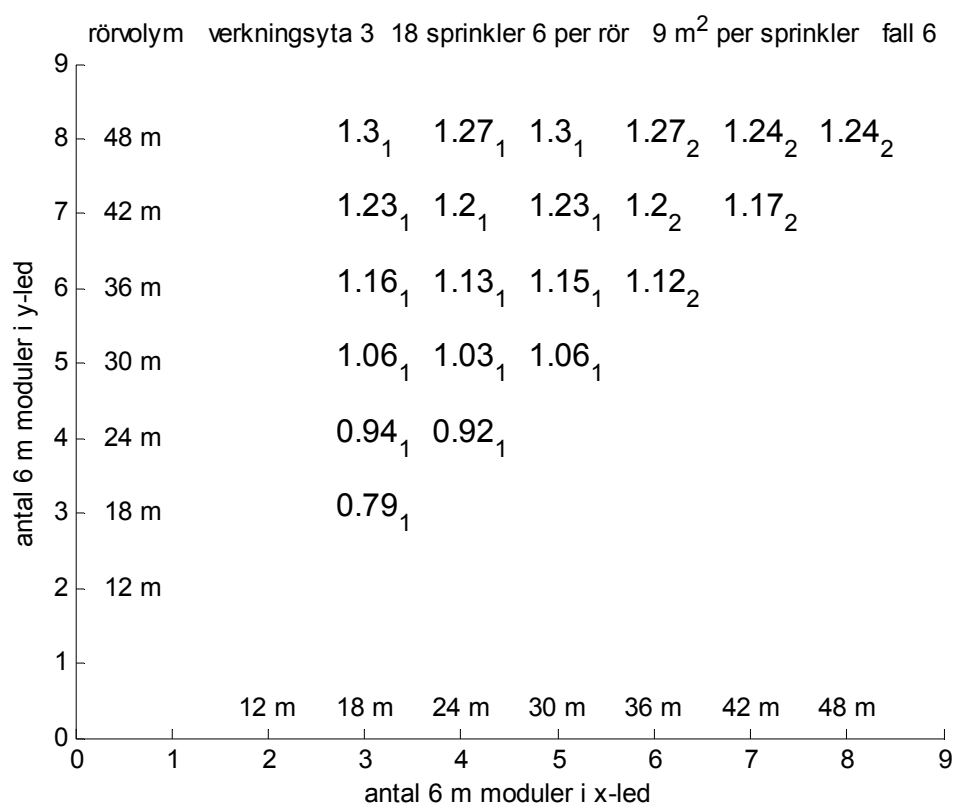
Figur 4.13 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 2.



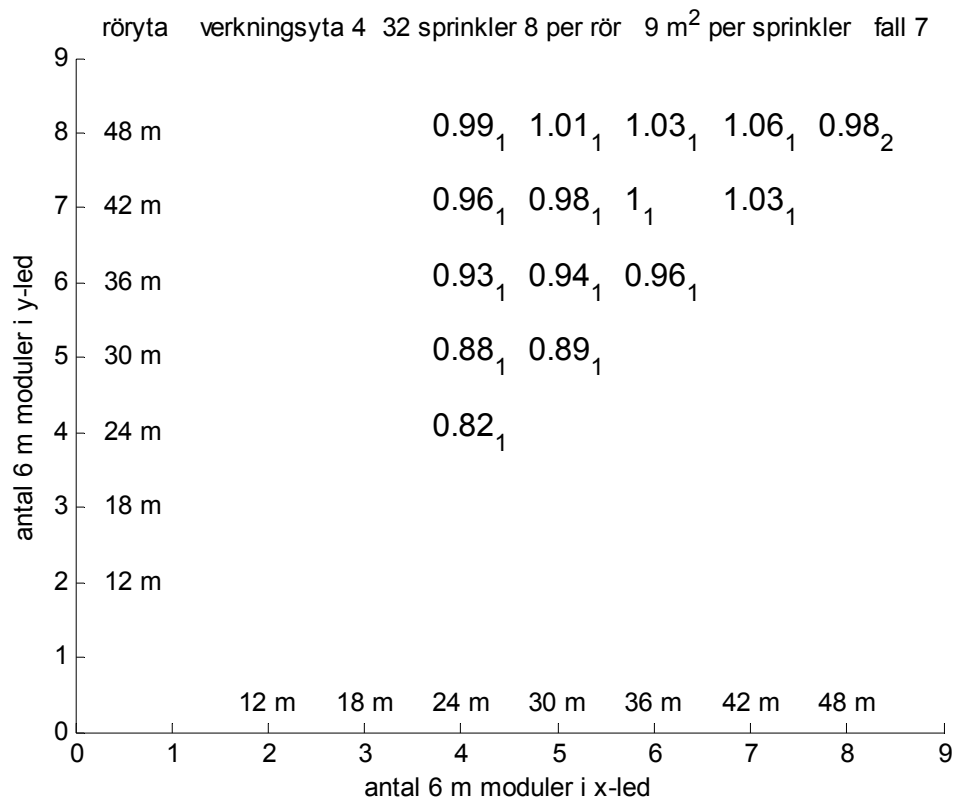
Figur 4.14 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 2.



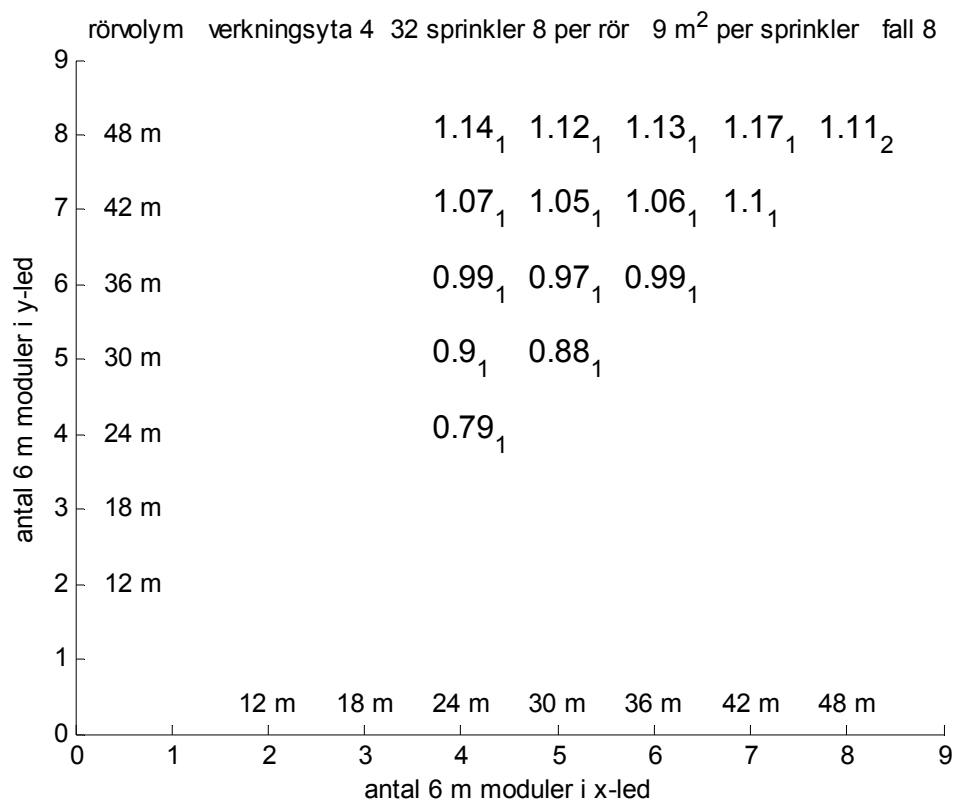
Figur 4.15 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 3.



Figur 4.16 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 3.



Figur 4.17 Relativ rörytkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 4.



Figur 4.18 Relativ rörvolymkvot mellan grenrör och gridrör för verkningsyta 4.

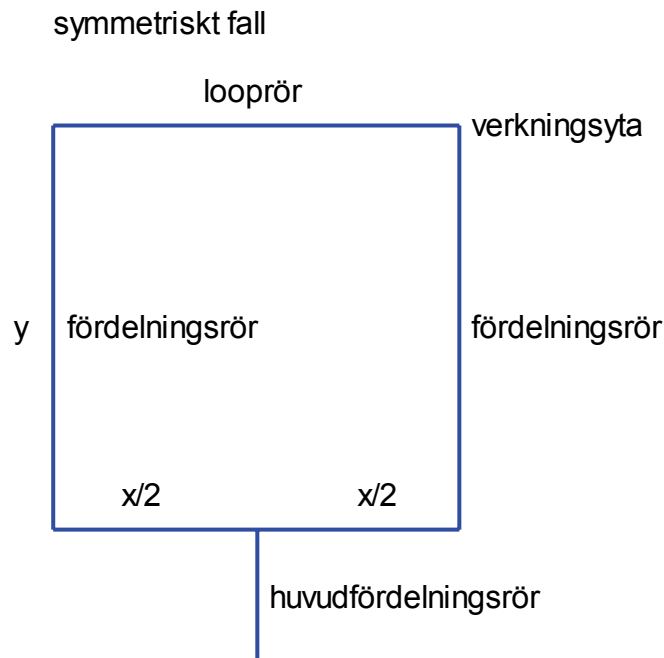
5 Undersökning av införandet av looprör

Looprör är ett sätt att förbättra ett sprinklersystem med grenrörssystem genom att förbinda ändarna på två fördelningsrör med varandra. En verkningsyta kan på detta sätt matas från två håll, vilket gör det möjligt att minska dimensionerna på fördelningsrören. Två fall kommer att undersökas, vilka har symmetrisk och asymmetrisk matning enligt Figur 5.1 respektive 5.2. Dessa två matningsfall är ytterlighetsfall.

Verkningsytan ligger inom ett fördelningsrör och inte mellan två fördelningsrör. Verkningsytan behandlas som en enda sprinkler med motsvarande flöde placerat i en punkt på fördelningsröret och endast geometriska ledningslängder beaktas. Sprinklerflödet normeras till en flödesenhet. Beteckningar för diametrar och längder är följande:

x	looprörets längd, m
y	fördelningsrörens längd, m
d_u	fördelningsrör diameter utan looprör, m
d_m	fördelningsrör diameter med looprör, m

Symmetriskt fall



Figur 5.1 Fördelningsrör och looprör för ett symmetriskt fall

Antag att det tillgängliga tryckfallet från matningspunkt fram till verkningsytan är Δp . Det går att ställa upp tre tryckfallssamband enligt Hazen-Williams ekvation (2.2) för det symmetriska fallet, nämligen ett för fallet utan looprör och två för fallet med looprör enligt nedan.

$$\Delta p = a (y + x/2) I^b / d_u^c \quad (5.1)$$

$$\Delta p = a (y + x/2) q^b / d_m^c \quad (5.2)$$

$$\Delta p = a (y + 3x/2) (1 - q)^b / d_m^c \quad (5.3)$$

Förhållandet mellan de två delflödena q och $1 - q$ kan med (5.2) och (5.3) skrivas en konstant f som:

$$q / (1 - q) = f = [(1 + 3x/2y) / (1 + x/2y)]^{1/b} \quad (5.4)$$

Flödet q kan med hjälp av (5.4) nu skrivas som:

$$q = f / (1 + f) \quad (5.5)$$

Diameterkvoten d_u/d_m kan med hjälp av (5.1), (5.2) och (5.5) skrivas som:

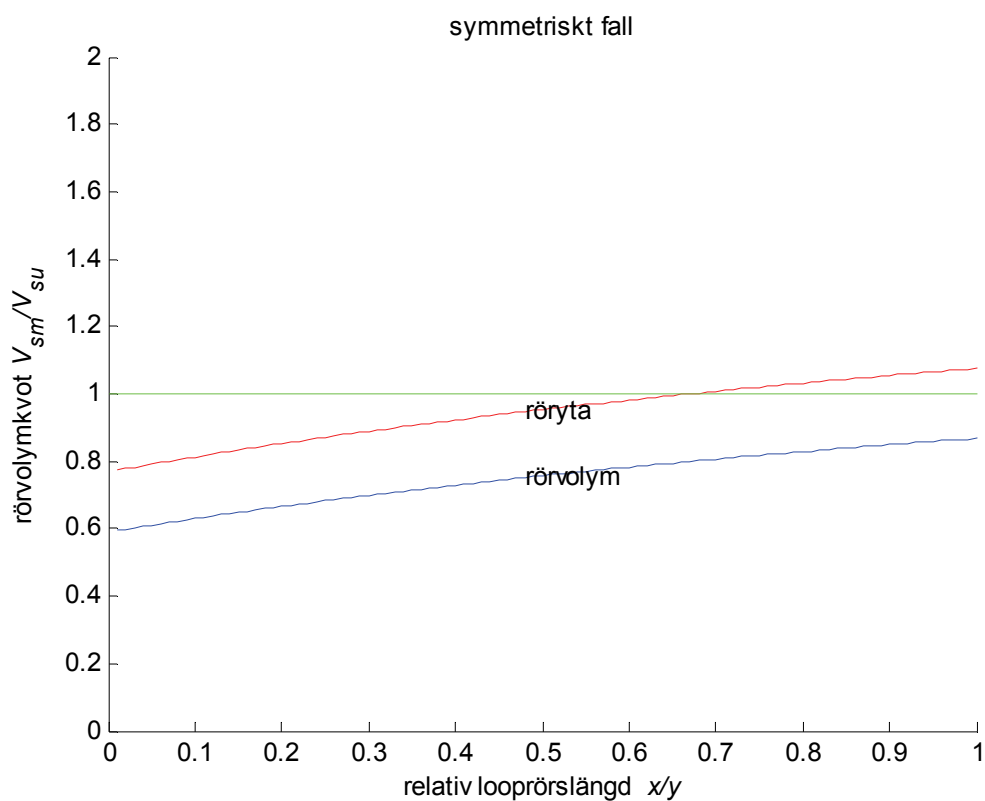
$$d_m/d_u = q^{b/c} = [f / (1 + f)]^{b/c} \quad (5.6)$$

De två lösningarna utan eller med looprör kan jämföras med rörytan (konstant godstjocklek) eller med godstjocklek proportionell mot diametern. Båda fallens rörvolym för fördelningsrör och eventuellt looprör kan skrivas med en diameterexponent k som kan vara 1 eller 2, vilket ger:

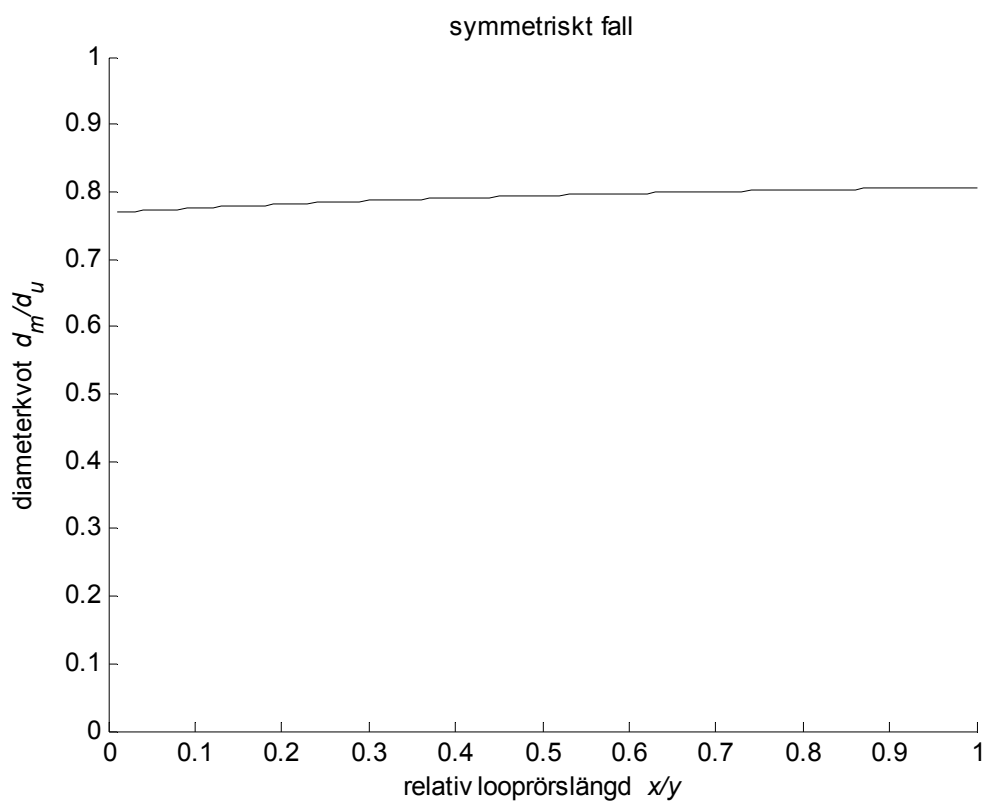
$$V_{su} = (2y + x) d_u^k \quad (5.7)$$

$$V_{sm} = 2(y + x) d_m^k \quad (5.8)$$

Kurvorna i Figur 5.2 för olika fall av rörkostnad visar att det kan löna sig med att införa looprör om längdkvoten x/y är liten. Diameterkvoten i Figur 5.3 ökar något med ökande längdkvot x/y är omkring 0.8. Detta värde är av samma storleksordning som ett dimensionsbyte ger.

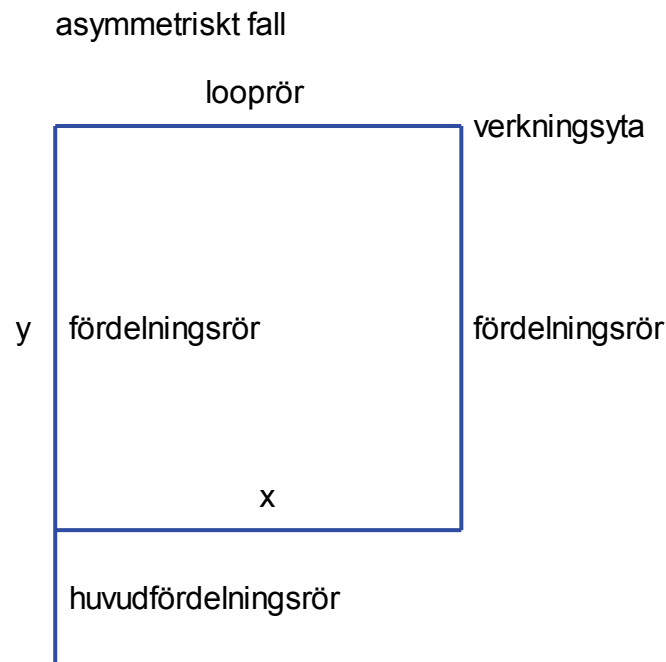


Figur 5.2 Relativ rörkostnad V_{sm}/V_{su} som funktion av kvoten x/y för ett symmetriskt fall.



Figur 5.3 Diameterkvot d_m/d_u som funktion av kvoten x/y för ett symmetriskt fall.

Asymmetriskt fall



Figur 5.4 Fördelningsrör och looprör för ett asymmetriskt fall

Det går att ställa upp tre tryckfallssamband för det asymmetriska fallet, nämligen ett för fallet utan looprör och två för fallet med looprör enligt nedan.

$$\Delta p = a (y + x) I^b d_u^c \quad (5.9)$$

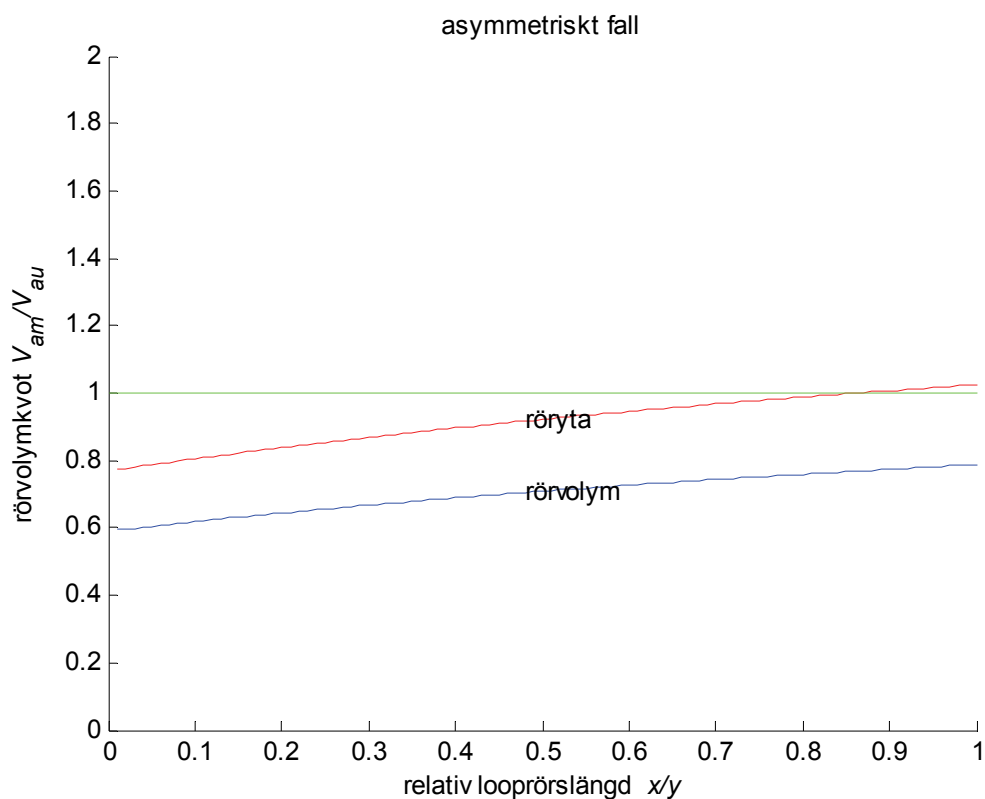
$$\Delta p = a (y + x) q^b / d_m^c \quad (5.10)$$

$$\Delta p = a (y + x) (1 - q)^b / d_m^c \quad (5.11)$$

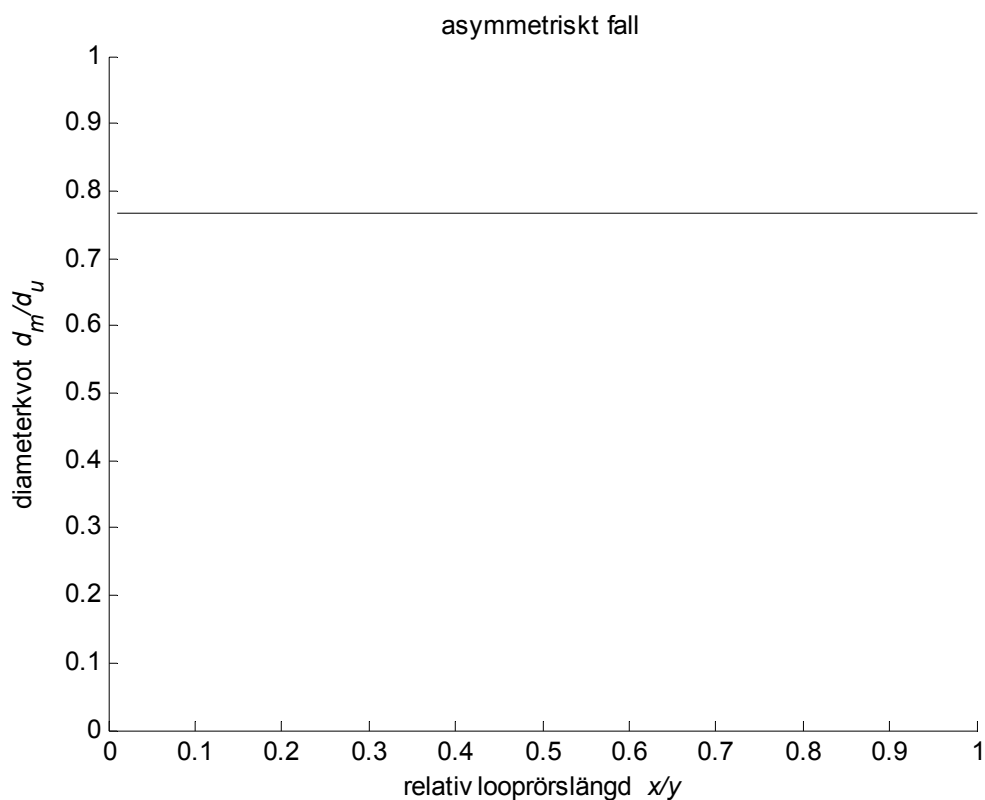
Det inses av (5.10) och (5.11) att flödet q blir 0.5 enheter att diameterkvoten d_m/d_u kan enligt Hazen-Williams ekvation skrivas som:

$$d_m/d_u = q^{b/c} = 0.5^{1.85/4.87} = 0.769 \quad (-) \quad (5.12)$$

Kvoter mellan rörkostnad med looprör och utan looprör beräknas med samma uttryck som för det symmetriska fallet enligt (5.7) och (5.8). Kostnadskvoterna redovisas i Figur 5.5 för det asymmetriska fallet och motsvarande diameterkvot redovisas i Figur 5.6. Kurvorna i Figur 5.5 för olika fall av rörkostnad visar att det kan löna sig med att införa looprör om längdkvoten x/y är liten. Det asymmetriska fallet är mer gynnsamt än det symmetriska, eftersom de två strömningsvägarna är lika långa i det asymmetriska fallet. Den konstanta diameterkvoten i Figur 5.6 på 0.769 är av samma storleksordning som ett dimensionsbyte ger.



Figur 4.5 Relativ rörkostnad V_{am}/V_{au} som funktion av kvoten x/y för ett asymmetriskt fall.



Figur 4.6 Diameterkvot d_m/d_u som funktion av kvoten x/y för ett asymmetriskt fall.