

## DEL B:

### Bruksanvisning

1. VEILEDNING .....	5
2. DEFINER EVAKUERINGSOBJEKTET .....	6
3. DEFINER BRANNSCENARIER .....	7
4. DEFINER BEREGNINGSSONER .....	8
5. BEREGN TILGJENGELIG EVAKUERINGSTID .....	9
5.1 Forhåndsberregnede verdier .....	9
5.2 Grenseverdier for bruk i detaljerte beregninger .....	9
6. BEREGN MINIMUM TID I HVER FASE AV EVAKUERINGEN ...	10
6.1 Beregn $\mu_4$ .....	11
6.1.1 Antagelser .....	11
6.1.2 Effektiv bredde, $B_e$ .....	11
6.1.3 Persontetthet, $P_t$ .....	14
6.1.4 Evakueringshastighet, $E$ .....	14
6.1.5 Spesifikk strømningsrate, $S_s$ .....	16
6.1.6 Beregnet strømningsrate, $S_b$ .....	17
6.1.7 Tid for passering, $T_p$ .....	18
6.1.8 Overganger.....	18
7. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR DØDSBRANN .....	20
7.1 Bestem verdien til de påvirkende faktorene.....	20
7.2 Beregn tidsbidraget fra de påvirkende faktorene .....	20
7.3 Beregn nødvendig evakueringstid .....	20
7.4 Beregn standardavvik til nødvendig evakueringstid .....	21
7.5 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid .....	21
7.6 Beregn sikkerhetsmargin .....	21
7.7 Beregn sannsynligheten for dødsbrann .....	21
8. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR AT MINST 75% BLIR EVAKUERT I TIDE .....	22

8.1 Reduksjon av minimumsbidragene .....	22
8.2 Reduksjon av effekten av de påvirkende faktorene .....	22
8.3 Beregn tidsbidragene fra de påvirkede faktorene .....	23
8.4 Beregn nødvendig evakueringstid for 75% .....	23
8.5 Beregn standardavviket for nødvendig evakueringstid for 75% .....	23
8.6 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid for 75% .....	23
8.7 Beregn sikkerhetsmargin for 75% .....	23
8.8 Beregn sannsynlighet for at 75% klarer å evakuere i tide. ....	23
<b>9. BEREGN FORVENTET ANTALL DREPTE (FAR).....</b>	<b>24</b>
9.1 Diagram for fordeling av antall evakuerte som funksjon av tid.....	24
9.2 Beregn sikkerhetsmargin for hver 10% evakuert .....	24
9.3 Beregn forventet andel som omkommer .....	24
9.4 Beregn FAR-verdi.....	24
<b>10. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR DØDSBRANN MED EVAKUERINGSTILTAK .....</b>	<b>25</b>
10.1 Beregn effekt av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid .....	25
10.2 Beregn effekt av tiltak som virker på tilgjengelig evakueringstid .....	25
10.3 Bestem verdien til de påvirkende faktorene.....	25
10.4 Beregn tidsbidraget fra de påvirkende faktorene .....	25
10.5 Beregn nødvendig evakueringstid .....	26
10.6 Beregn standardavvik til nødvendig evakueringstid .....	26
10.7 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid .....	26
10.8 Beregn sikkerhetsmargin.....	26
10.9 Beregn sannsynlighet for dødsbrann.....	26
10.10 Beregn effekt av tiltak med hensyn på dødsbrann .....	26
<b>11. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR AT MINST 75% BLIR EVAKUERT I TIDE MED EVAKUERINGSTILTAK.....</b>	<b>27</b>
11.1 Reduksjon av minimumsbidragene .....	27
11.2 Reduksjon av effekten av de påvirkende faktorene .....	27

<i>11.3 Beregn effekten av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid .....</i>	<i>28</i>
<i>11.4 Beregn tidsbidragene fra de påvirkende faktorene .....</i>	<i>28</i>
<i>11.5 Beregn nødvendig evakueringstid med tiltak for 75%.....</i>	<i>28</i>
<i>11.6 Beregn standardavviket for nødvendig evakueringstid med evakueringstiltak for 75%.....</i>	<i>28</i>
<i>11.7 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid .....</i>	<i>28</i>
<i>11.8 Beregn sikkerhetsmargin med evakueringstiltak for 75%.....</i>	<i>29</i>
<i>11.9 Beregn sannsynlighet for at med tiltak klarer 75% å evakuere i tide med tiltak.</i>	<i>29</i>
<b>12. BEREGN FORVENTET ANTALL DREPTE (FAR) MED EVAKUERINGSTILTAK .....</b>	<b>30</b>
<i>12.1 Diagram for fordeling av antall evakuerte som funksjon av tid.....</i>	<i>30</i>
<i>12.2 Beregn sikkerhetsmargin for hver 10% evakuert .....</i>	<i>30</i>
<i>12.3 Beregn forventet andel som omkommer .....</i>	<i>30</i>
<i>12.4 Beregn FAR-verdi.....</i>	<i>31</i>
<i>12.5 Beregn effekt av tiltak med hensyn på FAR.....</i>	<i>31</i>

## VEDLEGG

- A SKJEMAER FOR BRUKER (38 skjema og 9 tabeller i bruksrekkefølge)
- B FAKTORER OG TILTAK: TALL FOR INNVIRKNING PÅ NØDVENDIG EVAKUERINGSTID OG PÅ TILGJENGELIG EVAKUERINGSTID

### ***B.1 Påvirkende faktorer som øker nødvendig evakueringstid.....***

Sosiale roller .....	
Førlighet.....	
Språkforståelse .....	
Bevissthetstilstand .....	
Oppfattelsesevne .....	
Gruppetilhørighet .....	
Organisasjon.....	
Visuell tilgjengelighet av rømningsveger .....	
Plassering av rømningsvegens begynnelse.....	
Daglig bruk av rømningsvegene .....	
Rømningsvegens planløsning .....	
Rømningsvegens kompleksitet .....	
Rømningsvegens redundans.....	
Tekniske barrierer.....	
Sosiale og økonomiske barrierer.....	
Bakgrunnsstøy .....	
Bakgrunnslykt .....	
Visuell bakgrunn .....	

### ***B.2 Tiltak som reduserer nødvendig evakueringstid.....***

Deteksjon av brann.....	
Informasjon om brannen .....	
Forberedende informasjon .....	
Informasjon i evakueringssituasjonen .....	
To-veis kommunikasjon i evakueringssituasjonen.....	
Merking av rømningsveger .....	
Evakueringsplan .....	
Opplæring og trening .....	
Bemannings.....	

### ***B.3 Tiltak som øker tilgjengelig evakueringstid .....***

Personlig beskyttelse .....	
Røykkontroll.....	
Sprinkler.....	

- C REGNEEKSEMPEL.....

Merk: Vedlegg C - Regneeksempel - er tilgjengelig i en egen innhefting på ca 100 sider, på forespørsel. Eksempelen bruker tall for effektbidrag av faktorer som senere er justert og må brukes kritisk. Det er ingen forutsetning for bruk av ALLSAFE å kjenne eksempelet, men det er beregnet for brukere som ønsker veiledning gjennom eksempelet.

## 1. VEILEDNING

Del B Bruksanvisning gir en detaljert beskrivelse i 12 trinn av beregningsmetoder, prosedyrer og verdier som inngår i ALLSAFE.

Brukeren forutsetter å starte fra «1 Veiledning» og arbeide seg gjennom alle trinn i rekkefølge, til og med «12 Beregn forventet antall drepte (FAR) med evakueringstiltak».

Del A Beskrivelse er en forutsetning for å forstå bakgrunn, begrepene, hensikt, nytte, brukspotensiale, hovedlinjene mm i ALLSAFE. Men strengt tatt vil bruker få all nødvendig informasjon, eventuelt via henvisninger, undervegs fra trinn 1-12.

Noen få steder henvises det til Vedlegg eller til Del A. Alle brukerskjema er samlet i bruksrekkefølge i vedlegg A.

Trinn «4 Definer beregningssoner» bestemmer arbeidsomfanget i stor grad: *Alle trinn* må gjennomføres for *hver sone*. Et vanlig komplekst bygg vil naturlig få 3 beregningssoner, men et «enkelt og uvanlig bygg», eller en publikumhall, vil kunne klare seg med én sone.

Det enkelte brukstilfellet vil kunne kreve andre suksesskriterier enn f eks «minst 75 % evakuert i tide». Med kritisk vurdering kan de respektive trinn da korrigeres av brukeren for andre suksesskriterier/verdier.

## 2. DEFINER EVAKUERINGSOBJEKTET

For å kunne bruke de beregningsmetoder som inngår i ALLSAFE må informasjonen i tabell 1 fremskaffes. Benyttes en simuleringsmodell til å beregne minimum evakuerings-tid, kan det være at denne krever ytterligere informasjon om evakueringsobjektet og evakueringspopulasjonen.

Tabell 1: *Beskrivelse av evakueringsobjektet*

Element i evakueringsobjektet	Verdi (avstander oppgis i meter)
Grunnflate	
Etasjehøyde	
Antall etasjer	
Nominell trappebredde i rømningsvei	
Avstand fra vegg til ytterkant av rekkverk	
Opptrinn i trapp i rømningsvei	
Inntrinn i trapp i rømningsvei	
Størrelse på trappe-repos	
Antall trappe-repos pr. etasje	
Nominell passasjebredde til dører i rømningsveien	
Nominell bredde til korridorer i rømningsveien	

I tillegg må det oppgis hvor mange personer som oppholder seg i evakueringsobjektet og hvordan disse er fordelt på forskjellige etasjer, rom, etc.

### 3. DEFINER BRANNSCENARIER

Det kan velges ett eller flere scenarier. Når det er åpenbart hva som er verste branntilfelle kan det være tilstrekkelig å gjennomregne kun for dette, men normalt bør det regnes for de 2 eller 3 antatt ugunstigste branntilfellene (-scenariene).

Designendringer kan medføre at et annet enn det opprinnelige scenariet rykker opp som det verste.

Følgende regler benyttes ved valg av brannscenarier:

- Tilgjengelig tid blir minst mulig.

Typisk betyr dette å velge hurtig flammebrann i et rom med åpen dør mot rømningsvei, på et sted nær utgang til sikkert sted.

*Unntak: Påsatt brann i rømningsvei, påsatt brann som blokkerer rømningsvei eller tilfeldig brann flere steder samtidig.*

- Nødvendig tid blir lengst mulig

Typisk betyr dette at brannen oppstår på et tidspunkt med mange personer og/eller ved en bruksanledning hvor rømning er vanskelig. F.eks om natten i sengebygg, med fullsatt sal av unge på rockekonsert i forsamlingshall, osv.

*Situasjoner som er utenfor evakueringsobjektets bruksformål, eller de det er godkjent for, skal ikke forutsettes.*

- Den kombinasjon av tilgjengelig og nødvendig tid som gir verste tilfelle velges.

Dette gjelder dersom ugunstigste brann ikke kan oppstå ved ugunstigste bruk av evakueringsobjektet.

## 4. DEFINER BEREGNINGSSONER

Ved brann blir de forskjellige rommene i evakueringsobjektet utilgjengelige på forskjellige tidspunkt. Dette gjør at man kan evakuere fra et rom nære brannen til et annet hvor man oppnår temporær sikkerhet. Derfra kan man så evakuere til et (permanent) sikkert sted. Dette gjør at man ikke kun kan se på tiden det tar å evakuere alle til et sikkert sted (total evakueringstid), og så sammenligne denne tiden med tiden det frem til alle rømningsveier i evakueringsobjektet er utilgjengelige. Selv om forholdet mellom disse tidene er tilfredsstillende kan det være at relativt mange personer ikke klarer å nå et sted som gir temporær sikkerhet eller permanent sikkerhet før de omkommer. For å reflektere denne dynamikken i forholdet mellom evakuerings- og brannforløp deles evakueringsobjektet inn i tre beregningssoner.

Beregningssone 1: Den branncellen hvor brannen oppstår

Beregningssone 2: Nabo-branncellene til sone 1.

Beregningssone 3: Øvrige brannceller i evakueringsobjektet

## 5. BEREGN TILGJENGELIG EVAKUERINGSTID

Tilgjengelig evakueringstid kan beregnes på flere måter. I ALLSAFE kan man velge mellom å gjøre detaljerte beregninger ved hjelp av datamaskinbaserte simuleringsskjemater, eller benytte forhåndsregnede verdier ( $v$ ), med tilhørende standardavvik ( $\tau$ ), som er konservativt valgt.

### 5.1 Forhåndsregnede verdier

Tid til udyktiggjørende forhold i startbranncelle:	$v = 180 \text{ s}$ $\tau = 26,087$
Tid til udyktiggjørende forhold i brannceller som grenser opp til startbranncellen:	$v = 900 \text{ s}$ $\tau = 195,652$
Tid til udyktiggjørende forhold i øvrige brannceller:	$v = 1\,200 \text{ s}$ $\tau = 260,869$
Tid til udyktiggjørende forhold i en publikumshall/rom med takhøyde $\geq 20 \text{ m}$ $\geq 5000$ mennesker:	$v = 480 \text{ s}$ $\tau = 104,347$
Tid til udyktiggjørende forhold i en publikumshall/rom med takhøyde $\geq 10 \text{ m}$ $\geq 1000$ mennesker:	$v = 240 \text{ s}$ $\tau = 52,173$

På bakgrunn av dette velges tilgjengelig tid for hver av de tre evakueringssonene. Gjøres detaljerte beregninger av tilgjengelig tid beregnes standardavviket,  $\tau$ , i beregningsskjema nr. 38.

I dette skjemaet skal man oppgi et tall,  $v_{99}$ , som er slik at man er 99% sikker på at den beregnede tilgjengelige tiden,  $v$ , er større enn  $v_{99}$ . For å gjøre denne vurderingen lettere benyttes følgende regel:

- Hvis det ikke er gode grunner for å anta større eller mindre usikkerhet er  $v_{99}$  20% mindre enn  $v$ .

### 5.2 Grenseverdier for bruk i detaljerte beregninger

Til de detaljerte beregningene spesifiserer ALLSAFE hvilke grenseverdier som skal benyttes: Se kapittel 2.4 i Del A.

## 6. BEREGN MINIMUM TID I HVER FASE AV EVAKUERINGEN

Beregningene av minimumstid skal utføres for alle beregningssonene. Modellen for total evakueringstid er gitt ved:

$$\mu = \sum_{i=1}^I (\mu_{i0} + \sum_{j=1}^J e_{ij} V_j)$$

hvor  $\mu_{i0}$  = minimumstid i fase  $i$

$e_{ij}$  = effekt av  $j$ 'te påvirkende faktor på forventet tid i evakueringsfase  $i$

$V_j$  = verdi av  $j$ 'te påvirkende faktor

$J$  = Antall påvirkende faktorer

For å benytte denne modellen må vi kjenne  $\mu_{i0}$  for de fire fasene som er spesifisert i den kvalitative modellen av evakueringssikkerhet. For de tre første fasene finnes det ingen beregnings modeller. ALLSAFE oppgir derfor default verdier for disse fasene:

### Sone 1:

$$\mu_1 = 20 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 30 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 40 \text{ s}$$

### Sone 2

$$\mu_1 = 20 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 30 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 40 \text{ s}$$

### Sone 3:

$$\mu_1 = 20 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 30 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 40 \text{ s}$$

Når det gjelder  $\mu_4$ , den minste tiden det tar å følge rømningsveiene, finnes det imidlertid flere beregningsmetoder. Man kan her benytte en datamaskinbasert simuleringmodell eller fremgangsmåten som er beskrevet i neste kapittel.

## 6.1 Beregn $\mu_4$

For å beregning  $\mu_4$  benyttes et sett av ligninger som relaterer empiriske data fra evakueringsøvelser til en strømningsteknisk modell av personstrømmer igjennom forskjellige elementer i rømningsveiene.

Ligningene og relasjonene som er presentert i det følgende kan benyttes hver for seg eller samlet for å løse et komplekst evakueringsproblem. En slik koordinert samling av ligninger er demonstrert ved hjelp av et eksempel som finnes i vedlegg C.

### 6.1.1 Antagelser

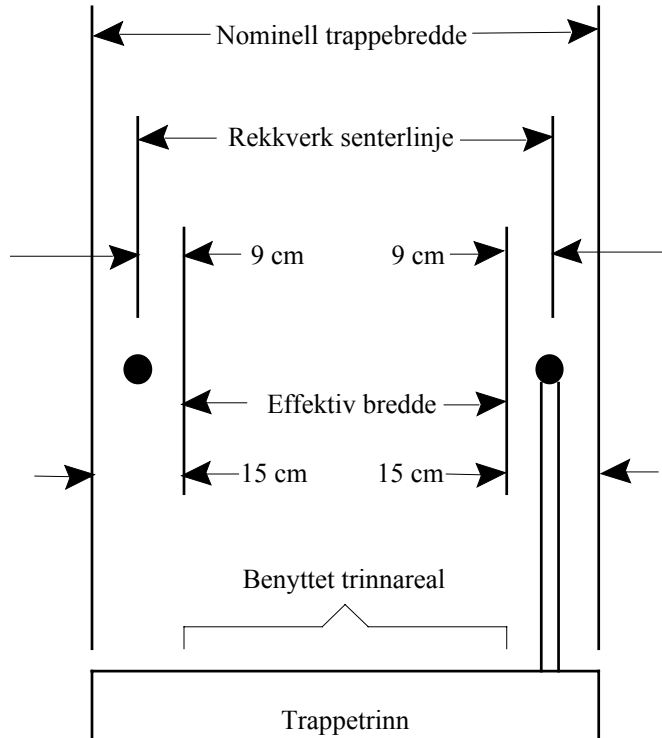
For å kunne utføre de beregningene som beskrives under er det alltid nødvendig å gjøre en del antagelser om evakueringsforløpet. Det er viktig at disse antagelsen blir gjort eksplisitte slik at slik at man kan vurdere resultatene i lys av disse og eventuelt gjøre en sensitivitetsanalyse hvor man endrer på antagelsene for å finne ut hva disse har å si for resultatene. Følgende er typiske antagelser man må gjøre:

- Antall personer som befinner seg i beregningssonene
- Personene begynner å evakuere samtidig.
- Evakueringspopulasjonen fordeler seg optimalt på tilgjengelige rømningsveier.
- Hvilken personstrøm som kommer til å dominere evakueringsforløpet

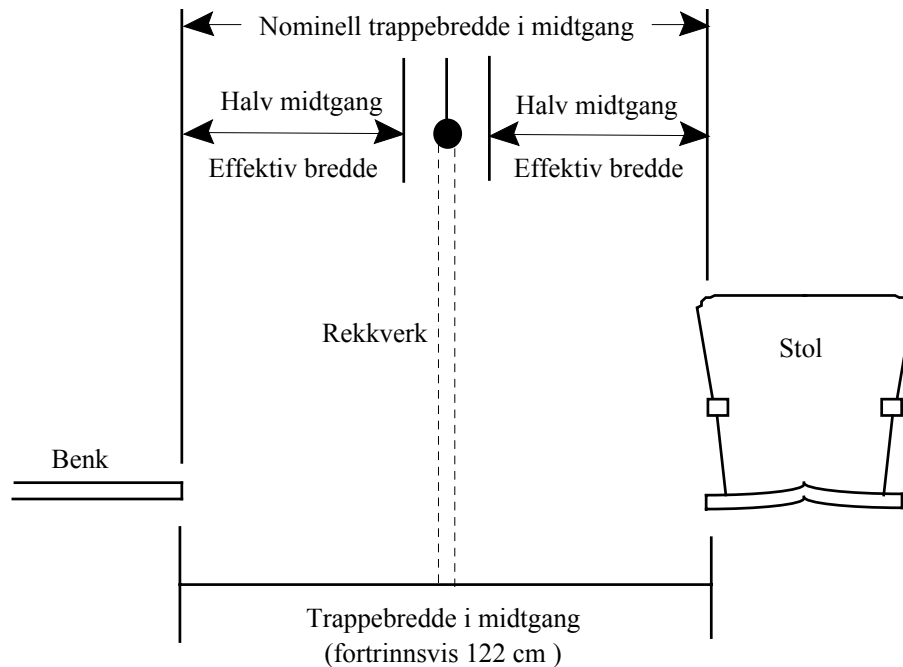
### 6.1.2 Effektiv bredde, $B_e$

Personer som beveger seg langs en rømningsvei opprettholder en viss avstand til vegger og andre faste objekter de passerer. Vi kaller denne avstanden for *balanseavstand*. balanseavstanden muliggjør laterale kroppsbevegelser som er nødvendig for at en person skal kunne opprettholde balansen. En personstrøm utnytter derfor ikke den nominelle bredden i en rømningsvei, men kun den *effektive bredden*.

Den effektive bredden er lik den nominelle bredden minus balanseavstanden (2 x balanseavstanden ved vegger/fast objekter på begge sider). Figur 1 og 2 viser effektiv bredde og balanseavstander for trapper og korridorer. I Tabell 2 er det listet opp balanseavstander for forskjellige elementer i rømningsveien.

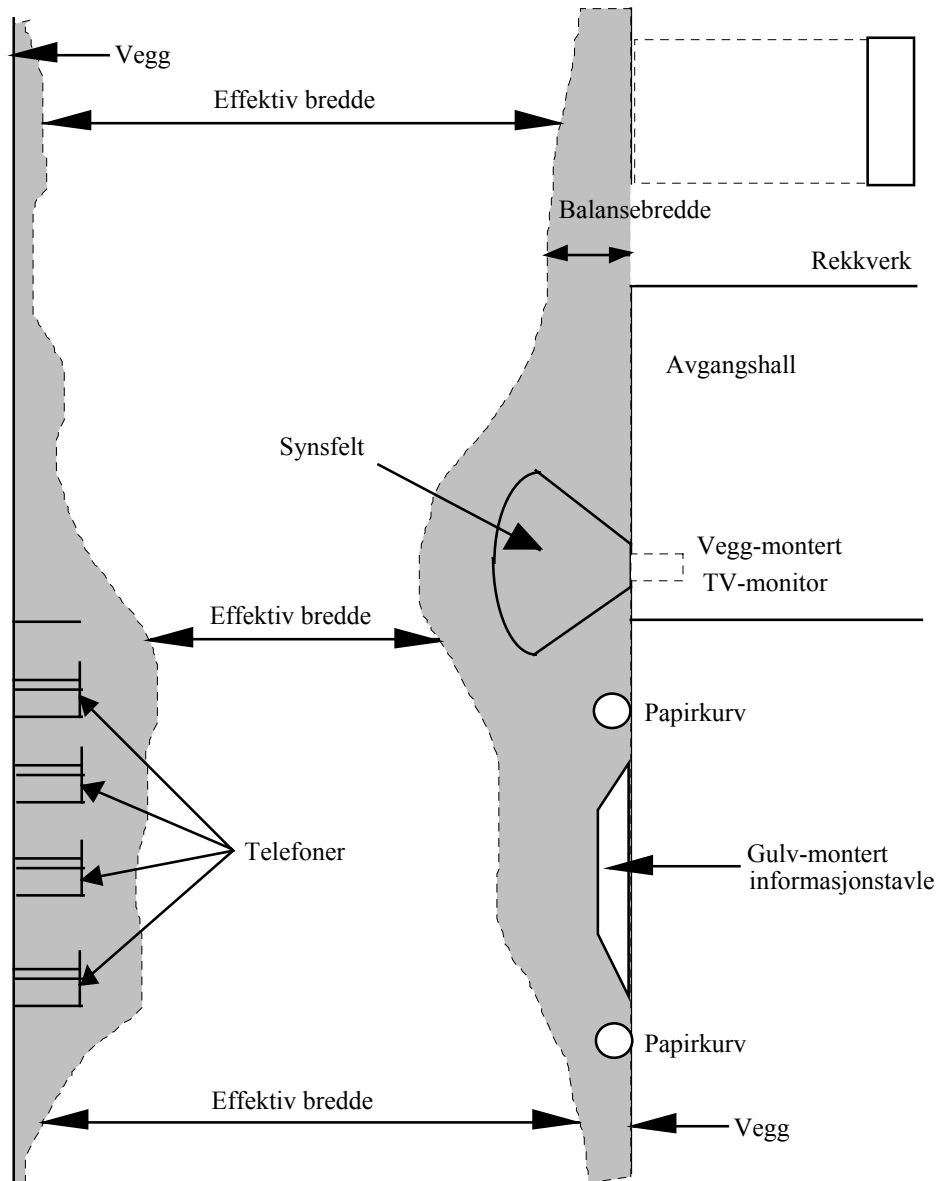


(a)



(b)

Figur 1a: Måling av effektiv bredde i trapper i forhold til vegger og rekkverk.  
 1b: Måling av effektiv bredde i trapper i forhold til sitteplasser.



Figur 2: Effektiv bredde i korridor

Nominell bredde er målt:

1. Fra vegg til vegg i korridorer og ganger
2. Som bredden på trappetrinnene i trapper
3. Som faktisk pasasjebredden i dører når de står i åpen posisjon.
4. Som avstanden mellom setene langs midtgangen i sitteplass-arrangementer
5. Som avstanden mellom de mest fremtredende delene av setene (når ubesatt) i en rad med seter i et sitteplass-arrangement.

Innvirkningen av rekkverk blir vurdert ved å sammenligne den effektive bredden med og uten rekkverk. Den minste av disse breddene benyttes i beregningene. Av Tabell 2 ser man at bare rekkverk som stikker ut mer enn 6 cm trengs å vurderes. Mindre fremspring som f.eks panikkbeslag behandles på samme måte som rekkverk. Hvis en rømningsvei blir smalere eller bredere benyttes den nominelle bredden for denne delen av rømningsveien.

Tabell 2: *Balanseavstander*

Element i rømningsvei	Balanseavstand
Trapper - vegg eller side i trinn	15 cm
Rekkverk *	9 cm
Sitteplass-arrangementer	0 cm
Korridorer	20 cm
Hindringer	10 cm
Haller og brede korridorer	opptil 46 cm
Dører og passasjer	15 cm

\* Der det er rekkverk skal den verdien som gir minst effektiv bredde benyttes. Balanseavstanden er fra rekkverkets senterlinje.

### 6.1.3 Persontetthet, $P_t$

Persontetthet er et uttrykk for graden av kødannelser og sammenstimlinger i rømningsveien. Persontettheten blir oppgitt i personer per kvadratmeter.

Med mindre man har klare indikasjoner på at evakueringspopulasjonen er spredt, baseres persontettheten i det første elementet i rømningsveien seg (korridor, midtgang etc) på alle personer som kan benytte dette elementet. Dette vil vise kapasitetsbegrensningene til rømningsvei-elementet og gi en verdi som representerer maksimum kapasitet for dette elementet.

Omvendt, hvis evakueringspopulasjonen er meget spredt, med hensyn til når de når første rømningsvei-element, baseres beregningene på passende tidsintervaller. For hvert tidsintervall baseres persontettheten i rømningsvei-elementet på antall personer som har entret elementet minus de som har forlatt det.

Persontetthet i de etterfølgende rømningsvei-elementer bestemmes ved beregning. Beregningsmetoden er beskrevet i kapittel 6.1.8.

### 6.1.4 Evakueringshastighet, $E$

Observasjoner og eksperimenter har vist at strømningshastigheten til en gruppe personer er en funksjon av persontettheten.

Hvis persontettheten er mindre enn 0.54 personer per kvadratmeter rømningsvei (dvs 1.85 kvadratmeter per person) vil personene bevege seg i sin egen hastighet uavhengig av andre. Hvis persontettheten overstiger 3.8 personer per kvadratmeter stopper all bevegelse opp inntil persontettheten blir redusert ved at tilstrekkelig personer forlater køen.

Mellom grenseverdiene på 0.54 og 3.8 personer per kvadratmeter kan forholdet mellom persontetthet og evakueringshastighet betraktes som en lineær funksjon. Ligning til denne funksjonen er;

$$E = k - aP \quad (1)$$

hvor

$E$  = Evakueringshastighet langs rømningsveien

$P$  = personer per kvadrat meter

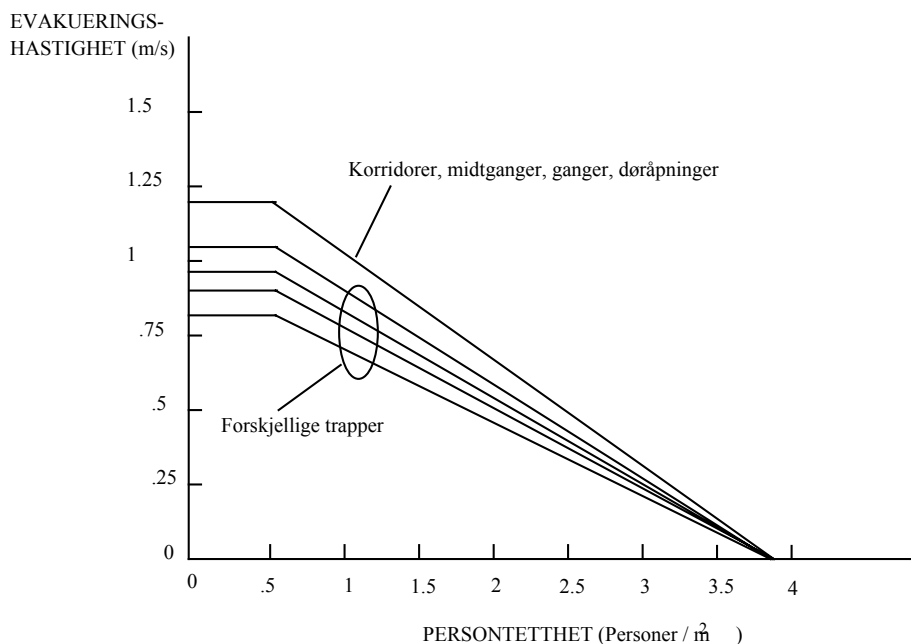
$k$  = konstant, som vist i Tabell 3

$a$  = Ganghastighets-konstant: 0.266 m/s

Tabell 3: Konstant for ligning 1, Ganghastighet

Element i rømningsveien		k
Korridor, midtgang, døråpning, gang		1.40
Trapper		
Opptrinn (mm)	Inntrinn (mm)	
191	254	1.00
178	279	1.08
165	305	1.16
165	330	1.23

Figur 3 viser en grafisk fremstilling av forholdet mellom evakueringshastighet og persontetthet.



Figur 3: Evakueringshastighet som en funksjon av persontetthet.

Hastighetene som beregnes i ligning 1 er langs rømningsretningen; for trapper er dette langs inntrinnene. Tabell 4 gir en multiplikator som benyttes til å konvertere vertikale trappeavstander til avstander langs rømningsretningen. Avstander langs trapperepos må legges til verdiene hentet fra tabell 4. (Avstand = trappehøyde x konverteringsfaktor + avstand langs trapperepos.)

Tabell 4: Konverteringsfaktor som relaterer vertikal trappelengde til rømningsretning for forskjellige trapper.

Element i rømningsveien		Konverteringsfaktor
Opptrinn (mm)	Inntrinn (mm)	
191	254	1.66
178	279	1.85
165	305	1.08
165	330	2.22

Maksimal evakueringshastighet oppnås når persontettheten er mindre enn 0.54 personer per kvadratmeter. Disse maksimumshastighetene er listet i Tabell 5.

Tabell 5: *Maksimal (uhindret) evakueringshastighet*

Element i rømningsveien		Hastighet langs rømningsretningen (m/s)
Korridor, midtgang, gang, døråpning		1.19
Trapper		
Opptrinn (mm)	Inntrinn (mm)	
191	254	0.85
178	279	0.95
165	305	1.00
165	330	1.05

Innenfor det området som er listet i Tabell 3, 4 og 5 varierer evakueringshastigheten i trapper omtrent som kvadratroten av forholdet mellom inntrinn og opptrinn. Det er ikke nok data til å hevde gyldighet for verdier som ligger utenfor det nevnte området.

### 6.1.5 Spesifikk strømningsrate, $S_s$

Spesifikk strømningsrate,  $S_s$ , er strømmen av personer som passerer et punkt i rømningsveien per tidsenhet per enhet effektiv bredde,  $B_e$ . Spesifikk strømningsrate uttrykkes som personer per sekund per meter effektiv bredde. Ligningen for spesifikk strømningsrate er;

$$S_s = EP \quad (2)$$

hvor

$S_s$  = Spesifikk strømningsrate

$P$  = Persontetthet

$E$  = Evakueringshastighet

$S_s$  får benevnningen personer/s·m

Kombineres ligning 1 og 2 får man;

$$S_s = (1 - aP)kP \quad (3)$$

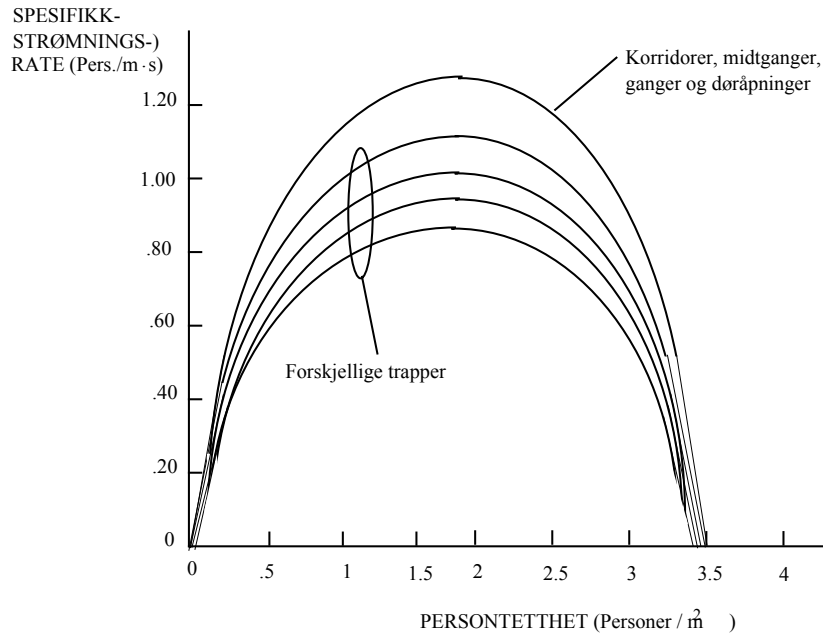
hvor  $k$  er listet i Tabell 3.

Forholdet mellom spesifikk strømningsrate og persontetthet er vist i Figur 4.

For å finne  $P$  for et element ut fra  $S_s$  må en annengradslikning løses.  $P$  velges etter følgende regler;

\* hvis  $B_{e(etter)} > B_{e(før)}$  velges  $P_{(etter)} < P_{(før)}$

\* hvis  $B_{e(etter)} < B_{e(før)}$  velges  $P_{(etter)} > P_{(før)}$



Figur 4: Spesifikk strømningsrate som en funksjon av persontetthet

For hvert tilfelle er det en maksimal strømningsrate når persontettheten er 1.9 personer per kvadratmeter rømningsvei. Det er en maksimal spesifikk strømningsrate assosiert med hvert element i rømningsveien; disse er listet i Tabell 6.

Tabell 6: Maksimal spesifikk strømningsrate,  $S_{sm}$

Element i rømningsveien	Maksimal Spesifikk strømningsrate (personer/s/m effektiv bredde)
Korridor, midtgang, gang, døråpning	1.3
Trapper	
Opptrinn (mm)    Innrinn (mm)	
191                254	0.94
178                279	1.01
165                305	1.09
165                330	1.16

### 6.1.6 Beregnet strømningsrate, $S_b$

Beregnet strømningsrate,  $S_b$ , er den predikerte strømmen av personer som passerer et spesielt punkt i en rømningsvei. Ligningen for beregnet strømningsrate er;

$$S_b = S_s B_e \quad (4)$$

hvor

$S_b$  = Beregnet strømningsrate

$S_s$  = Spesifikk strømningsrate

$B_e$  = Effektiv bredde

Kombineres ligning 3 og 4 får man;

$$S_b = (1 - aP)kPB_e \quad (5)$$

$S_b$  får da benevnningen personer per sekund (pers./s)

### 6.1.7 Tid for passering, $T_p$

Tid for passering,  $T_p$ , er tiden det tar for en gruppe personer å passere et punkt i rømningsveien, f.eks. en døråpning. Den kan uttrykkes som;

$$T_p = N/S_b \quad (6)$$

hvor

$T_p$  = Tid for passering

$N$  = Antall personer

$S_b$  = Beregnet strømningsrate

Kombineres ligning 5 og 6 får man;

$$T_p = N/(1 - \alpha P)kPB_e \quad (7)$$

### 6.1.8 Overganger

Overganger er ethvert punkt i rømningsveien hvor dens karakter eller dimensjoner endres, eller hvor to eller flere rømningsveier møtes. Typiske overganger inkluderer:

1. Ethvert punkt i rømningsveien hvor det blir smalere eller bredere. For eksempel, en korridor kan bli smalere et kort stykke p.g.a en framstikkende betjeningsdisk, e.l. Persontettheten,  $P$ , og spesifikk strømningsrate,  $S_s$ , er forskjellig før, under og etter passering av innsnevringen.
2. Et punkt i rømningsveien hvor en korridor går over i en trapp. Her kan det være to overganger hvis det er en dør inn til trappen: en når personstrømmen passerer døråpningen, den andre når personstrømmen forlater døråpningen og forsetter i trappen.
3. Et punkt i rømningsveien hvor en eller flere personstrømmer møtes. For eksempel personstrømmene fra sidekorridorer som leder inn i en hovedkorridor.

Følgende regler anvendes for å bestemme persontetthet og strømningsrater etter en overgang:

1. Strømningsraten etter en overgang er, innen visse grenser, en funksjon av personstrømmene som entrer overgangen.
2. Den beregnede strømningsraten,  $S_b$ , etter en overgang kan ikke overstige maksimal spesifikk strømningsrate,  $S_s$ , for det gjeldende rømningsvei-element, multipliser med den effektive bredden,  $B_e$ , for det elementet.
3. Innenfor begrensningene til regel nr 2, bestemmes den spesifikke strømningsraten,  $S_s$ , for det rømningsvei-element som fortsetter etter overgangen av følgende ligninger:
  - a) For tilfeller hvor en personstrøm kommer inn i overgangen og en personstrøm kommer ut;

$$S_{s(ut)} = S_{s(inn)} B_{e(inn)} / B_{e(ut)} \quad (8)$$

hvor

$S_{s(ut)}$  = spesifikk strømningsrate ut av overgangen

$S_{s(inn)}$  = spesifikk strømningsrate inn i overgangen

$B_{e(inn)}$  = effektiv bredde før overgangen

$B_{e(ut)}$  = effektiv bredde etter overgangen

- b) For tilfeller hvor to personstrømmer kommer inn i en overgang og en personstrøm kommer ut;

$$S_{s(ut)} = \{ [S_{s(inn-1)} B_{e(inn-1)}] + [S_{s(inn-2)} B_{e(inn-2)}] \} / B_{e(ut)} \quad (9)$$

Indeksene (inn-1) og (inn-2) indikerer verdiene for de to innkommende personstrømmene.

- c) for tilfeller som involverer mer komplekse geometrier gjelder følgende generelle sammenheng;

$$[S_{s(inn-1)} B_{e(inn-1)}] + \dots + [S_{s(inn-n)} B_{e(inn-n)}] = [S_{s(ut-1)} B_{e(ut-1)}] + \dots + [S_{s(ut-n)} B_{e(ut-n)}] \quad (10)$$

Bokstaven  $n$  i indeksen (inn- $n$ ) og (ut- $n$ ) er antall personstrømmer som møtes eller forlater en overgang.

4. I de tilfeller hvor den beregnede spesifikke strømningsraten,  $S_s$ , for de personstrømmer som forlater en overgang ( $S_s$  beregnet ved hjelp av ligningene i regel nr 3) overstiger maksimal spesifikk strømningsrate,  $S_{sm}$ , dannes det en kø på den innkommende siden av overgangen. Antall personer i køen vil vokse med en rate tilsvarende den beregnede strømningsrate,  $S_b$ , i den innkommende personstrømmen minus den beregnede strømningsraten til personstrømmen(e) som forlater overgangen.
5. I de tilfeller hvor den utgående spesifikke strømningsraten,  $S_{s(ut)}$ , er mindre enn maksimal spesifikk strømningsrate,  $S_{sm}$ , er det ikke mulig å forutsi hvordan de innkommende personstrømmene vil forenes. De forskjellige personstrømmene kan dele kapasiteten i overgangen likt, eller en personstrøm kan dominere over de andre. For konservative beregninger antas det at den personstrømmen man er interessert i er dominert av de andre. Hvis alle personstrømmer er av interesse er det nødvendig å foreta beregninger for hver enkelt for å finne begrensningene under forskjellige betingelser av dominans.

## 7. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR DØDSBRANN

Etter at minimumstiden for hver sone er beregnet er neste trinn å beregne sannsynligheten for dødsbrann i hver av sonene. Merk at ved disse beregningene antar man at det ikke er implementert noen evakueringstiltak i evakueringsobjektet.

De videre beregningene består da av følgende trinn:

- Bestem verdien til de påvirkende faktorene.
- Beregn tidsbidraget fra de påvirkende faktorene.
- Beregn nødvendig evakueringstid
- Beregn standardavvik til nødvendig evakueringstid
- Beregn variansen til nødvendig evakueringstid
- Beregn sikkerhetsmarginen
- Beregn sannsynligheten for dødsbrann

Disse beregningen må utføres for hver av de tre beregningssonene. Trinnene blir nærmere beskrevet i de følgende kapitler.

Alle skjemaer for beregninger finnes i vedlegg A.

### 7.1 Bestem verdien til de påvirkende faktorene

Verdiene finnes ved å gå igjennom listen med påvirkende faktorer som er definert i Arbeidsnotat 5. Følgende regler benyttes når verdiene skal fastsettes:

- Verdiene skal velges slik at de gir en *typisk* beskrivelse av evakueringsobjektet. Det betyr at for evakueringspopulasjonen velges de verdiene som passer på de fleste av personene, og for rømningsveier de verdien som passer for de fleste av dem.
- Når det er tvil om hvilken verdi som passer best skal man velge konservativt, dvs den høyeste tallverdien.

Verdiene finnes i vedlegg B punkt B.1. og føres inn i skjema nr 1.

### 7.2 Beregn tidsbidraget fra de påvirkende faktorene

Tidsbidraget finnes ved å multiplisere effekt av påvirkende faktor med verdi. "Bidraget" føres inn i skjema nr 1.

### 7.3 Beregn nødvendig evakueringstid

Nødvendig evakueringstid beregnes ved å fylle ut skjema nr 2 og summere verdiene. Følgende verdier inngår i dette skjemaet:

$\mu_1$   
 $\mu_2$   
 $\mu_3$   
 $\mu_4$

Tidsbidrag fra de 18 påvirkende faktorene.

#### 7.4 Beregn standardavvik til nødvendig evakueringstid

Standardavviket til nødvendig evakueringstid beregnes i skjema nr 3. I dette skjemaet skal man oppgi et tall,  $\mu_{99}$ , som er slik at man er 99% sikker på at det virkelige tidsforbruket i den fasen man vurderer er mindre enn  $\mu_{99}$ . For å gjøre denne vurderingen lettere benyttes følgende regel:

- Hvis det ikke er gode grunner for å anta større eller mindre usikkerhet er  $\mu_{99}$  20 % større enn  $\mu$  i den fasen som vurderes. Verdiene for  $\mu$  finner man i det foregående skjemaet, nr 2.

#### 7.5 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid

Variansen til nødvendig evakueringstid beregnes ved hjelp av skjema nr 4. Her finner man de nødvendige tallverdiene i det foregående skjemaet, nr 3.

#### 7.6 Beregn sikkerhetsmargin

Sikkerhetsmarginen beregnes ved hjelp av skjema nr. 5. Verdiene som skal benyttes finner man i skjema nr. 2 og 4.

#### 7.7 Beregn sannsynligheten for dødsbrann

Sannsynligheten beregnes ved hjelp av skjema nr. 6. Her finner man  $\Phi(SM)$  fra tabell 7, vedlegg A.

## 8. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR AT MINST 75% BLIR EVAKUERT I TIDE

Etter at sannsynligheten for dødsbrann er beregnet er neste trinn å beregne sannsynligheten for at minst 75% klarer å evakuere hver av sonene. Merk at ved disse beregningene antar man at det ikke er implementert noen evakueringstiltak i evakueringsobjektet.

De videre beregningene består da av følgende trinn:

- Reduser minimumsbidragene
- Reduser effekten av de påvirkende faktorene
- Beregn tidsbidragene fra de påvirkende faktorene
- Beregn nødvendig evakueringstid for 75%
- Beregn standardavviket for nødvendig evakueringstid for 75%
- Beregn variansen til nødvendig evakueringstid for 75%
- Beregn sikkerhetsmargin for 75%
- Beregn sannsynlighet for at 75% klarer å evakuere i tide.

Disse beregningen må utføres for hver av de tre beregningssonene. Trinnene er beskrevet nærmere i de følgende kapitler.

### 8.1 Reduksjon av minimumsbidragene

Minimumsbidragene i de tre første fasene reduseres med 25% slik at:

#### Sone 1:

$$\mu_1 = 15 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 23 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 30 \text{ s}$$

#### Sone 2

$$\mu_1 = 15 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 23 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 30 \text{ s}$$

#### Sone 3:

$$\mu_1 = 15 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 23 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 30 \text{ s}$$

$\mu_4$  reduseres med 40% i alle sonene. De nye verdiene føres inn i skjema nr 7.

### 8.2 Reduksjon av effekten av de påvirkende faktorene

Effekten av de påvirkende faktorene reduseres med 25%. De nye effektene føres opp i skjema nr. 8.

### 8.3 Beregn tidsbidragene fra de påvirkede faktorene

Tidsbidragene beregnes ved å multiplisere den påvirkende faktor's *verdi* med dens *effekt*. Dette gjøres i skjema nr. 8. Verdiene er de samme som for beregningene med 100% evakuert.

### 8.4 Beregn nødvendig evakueringstid for 75%

Nødvendig evakueringstid for 75% av evakueringspopulasjonen beregnes i skjema nr. 7. Følgende verdier inngår i dette skjemaet:

$$\mu_1 \times 0.75$$

$$\mu_2 \times 0.75$$

$$\mu_3 \times 0.75$$

$$\mu_4 \times 0.60$$

Tidsbidrag fra de 18 påvirkende faktorene, hentet fra skjema nr. 8.

### 8.5 Beregn standardavviket for nødvendig evakueringstid for 75%

Standardavviket til nødvendig evakueringstid for 75% av evakueringspopulasjonen beregnes i skjema nr 9. I dette skjemaet skal man oppgi et tall,  $\mu_{99}$ , som er slik at man er 99% sikker på at det virkelige tidsforbruket i den fasen man vurderer er mindre enn  $\mu_{99}$ . For å gjøre denne vurderingen lettere benyttes følgende regel:

- Hvis det ikke er gode grunner for å anta større eller mindre usikkerhet er  $\mu_{99}$  20% større enn  $\mu$  i den fasen som vurderes. Verdiene for  $\mu$  finner man i det foregående skjemaet, nr. 7.

### 8.6 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid for 75%

Variansen til nødvendig evakueringstid for 75% beregnes ved hjelp av skjema nr 10. Her finner man de nødvendige tallverdiene i det foregående skjemaet, nr. 9.

### 8.7 Beregn sikkerhetsmargin for 75%

Sikkerhetsmarginen for 75% av evakueringspopulasjonen beregnes ved hjelp av skjema nr. 11. Verdiene som skal benyttes finner man i skjema nr. 10 og 7.

### 8.8 Beregn sannsynlighet for at 75% klarer å evakuere i tide.

Sannsynligheten for at 75% av populasjonen i beregningssonen klarer å evakuere i tide beregnes i skjema nr. 12 Her finnes  $\Phi(SM)$  i Tabell 7.

## 9. BEREGN FORVENTET ANTALL DREPTE (FAR)

For hver sone beregnes "Fatal Accident Rate" (FAR). Dette innebærer følgende trinn:

- Tegn diagram for fordeling av antall evakuerte som funksjon av tid.
- Beregn sikkerhetsmarginen for hver 10% evakuert.
- Beregn forventet andel som omkommer.
- Beregn FAR-verdien.

Disse beregningen må utføres for hver av de tre beregningssonene. Trinnene er beskrevet nærmere i de følgende kapitler.

### 9.1 Diagram for fordeling av antall evakuerte som funksjon av tid

I skjema nr 13 tegnes det en kurve som etablerer en sammenheng mellom tid og andel (%) som har evakuert den aktuelle beregningssonen. Benytter man en simuleringsmodell som gir en slik sammenheng, brukes resultatene fra simuleringene til å tegne kurven. Hvis ikke benyttes følgende fremgangsmåte:

- Fra skjema nr. 2 hentes verdien til  $\mu_{\text{alle}}$ , som er forventet tid til alle (100%) har evakuert beregningssonen. Kurven skal gå gjennom punktet med x-koordinat  $\mu_{\text{alle}}$  og y-koordinat 100.
- Skalaen til x-aksen finnes lettest ved å dele  $\mu_{\text{alle}}$  på 10 og deretter beregne verdien for de 10 punktene som er merket av på x-aksen.
- Deretter merkes det av et punkt som har x-koordinat  $\mu_{75}$  og y-koordinat 75. Verdien til  $\mu_{75}$  hentes fra skjema nr. 7.
- Kurven tegnes nå slik at 20 % har evakuert inne halvparten av tiden. Fra dette punktet går kurven opp til punktet som har x-koordinat  $\mu_{75}$  og y-koordinat 75. Derfra trekkes kurven til punktet som har x-koordinat  $\mu_{\text{alle}}$  og y-koordinat 100.

### 9.2 Beregn sikkerhetsmargin for hver 10% evakuert

Sikkerhetsmarginen for hver 10% evakuert beregnes i skjema nr. 14. Her finner man  $\mu_{10\%}$ ,  $\mu_{20\%}$ , osv., ved å lese av fra diagrammet i skjema nr. 13. For  $\mu_{10\%}$  til og med  $\mu_{60\%}$  benyttes variansen,  $\sigma^2$ , funnet i skjema nr 10. For  $\mu_{70\%}$  til  $\mu_{100\%}$  benyttes variansen funnet i skjema nr 4.

### 9.3 Beregn forventet andel som omkommer

Forventet andel som omkommer beregnes i skjema nr 15. Her finnes  $\Phi(\text{SM})$  i Tabell 7.

### 9.4 Beregn FAR-verdi

FAR-verdien for brann den aktuelle sonen beregnes ved hjelp av skjema nr 16.  $f$  = forventet antall branner pr time. Hvis ikke historiske data tilsier annet skal  $f$  settes til  $0.1 \times 10^{-3}$  (dvs 1 brann pr år - NB! Denne frekvensen er høy og vil sjeldent være reell).

## 10. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR DØDSBRANN MED EVAKUERINGSTILTAK

Etter at det for alle soner er foretatt beregninger uten at man har tatt hensyn til hvilke evakueringstiltak som finnes, eller skal installeres i evakueringsobjektet, gjøres så tilsvarende beregninger hvor man tar hensyn til effekten av evakueringstiltakene. Disse beregningene består av følgende trinn:

- Beregn effekten av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid.
- Beregn effekten av tiltak som virker på tilgjengelig evakueringstid.
- Bestem verdien til de påvirkende faktorene.
- Beregn tidsbidraget fra de påvirkende faktorene.
- Beregn nødvendig evakueringstid.
- Beregn standardavvik til nødvendig evakueringstid.
- Beregn variansen til nødvendig evakueringstid.
- Beregn sikkerhetsmarginen.
- Beregn sannsynligheten for dødsbrann.
- Beregn effekt av tiltak med hensyn på dødsbrann.

Disse beregningen må utføres for hver av de tre beregningssonene Trinnene blir nærmere beskrevet i de følgende kapitler.

### 10.1 Beregn effekt av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid

Effekt av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid beregnes ved hjelp av skjema nr. 17. Effekten av hvert enkelt tiltak finner man i Tabell 8.

### 10.2 Beregn effekt av tiltak som virker på tilgjengelig evakueringstid

Effekt av tiltak som virker på tilgjengelig tid beregnes i skjema nr. 18. Effekten av hvert enkelt tiltak finner Tabell 9.

### 10.3 Bestem verdien til de påvirkende faktorene

Verdiene til de påvirkende faktorene er de samme som i beregningen uten tiltak. Disse verdiene finnes i skjema nr. 1. Hvis de ikke er ført opp der må de bestemmes slik det står beskrevet i kapittel 7.1.

### 10.4 Beregn tidsbidraget fra de påvirkende faktorene

Tidsbidragene beregnes i skjema nr. 19. Effektene etter tiltak hentes fra skjema nr. 17. Verdiene er de samme som i beregningene uten tiltak.

## 10.5 Beregn nødvendig evakueringstid

Nødvendig evakueringstid beregnes ved hjelp av skjema nr. 20. Følgende verdier inngår i dette skjemaet:

$\mu_1$   
 $\mu_2$   
 $\mu_3$   
 $\mu_4$

Tidsbidrag fra de 18 påvirkende faktorene, hentet fra skjema nr. 19.

## 10.6 Beregn standardavvik til nødvendig evakueringstid

Standardavviket til nødvendig evakueringstid med evakueringstiltak beregnes i skjema nr. 21. I dette skjemaet skal man oppgi et tall,  $\mu_{99}$ , som er slik at man er 99% sikker på at det virkelige tidsforbruket i den fasen man vurderer er mindre enn  $\mu_{99}$ . For å gjøre denne vurderingen lettere benyttes følgende regel:

- Hvis det ikke er gode grunner for å anta større eller mindre usikkerhet er  $\mu_{99}$  20% større enn  $\mu$  i den fasen som vurderes. Verdiene for  $\mu$  finner man i det foregående skjemaet, nr. 20.

## 10.7 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid

Variansen til nødvendig evakueringstid med tiltak beregnes ved hjelp av skjema nr. 22. Her finner man de nødvendige tallverdiene i det foregående skjemaet, nr. 21.

## 10.8 Beregn sikkerhetsmargin

Sikkerhetsmarginen med tiltak beregnes ved hjelp av skjema nr. 23. Verdiene som skal benyttes finner man i skjema nr. 20 og 18. Variansen er den samme som i beregningene uten tiltak.

## 10.9 Beregn sannsynlighet for dødsbrann

Sannsynligheten for dødsbrann beregnes ved hjelp av skjema nr. 24. Her finner man  $\Phi(SM)$  i Tabell 7.

## 10.10 Beregn effekt av tiltak med hensyn på dødsbrann

Effekt av tiltak med hensyn på dødsbrann beregnes i skjema nr. 25. Her finner man  $q_0$  i skjema nr. 6 og  $q'$  i skjema nr. 24.

## 11. BEREGN SANNSYNLIGHET FOR AT MINST 75% BLIR EVAKUERT I TIDE MED EVAKUERINGSTILTAK

Etter at sannsynligheten for dødsbrann med evakueringstiltak er beregnet er neste trinn å beregne sannsynligheten for at minst 75% klarer å evakuere hver av sonene, gitt de aktuelle tiltak.

De videre beregningene består da av følgende trinn:

- Reduser minimumsbidragene
- Reduser effekten av de påvirkende faktorene
- Beregn effekten av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid
- Beregn tidsbidragene fra de påvirkende faktorene
- Beregn nødvendig evakueringstid for 75%
- Beregn standardavviket for nødvendig evakueringstid for 75%
- Beregn variansen for nødvendig evakueringstid for 75%
- Beregn sikkerhetsmargin for 75%
- Beregn sannsynlighet for at 75% klarer å evakuere i tide.

Disse beregningen må utføres for hver av de tre beregningssonene. Trinnene er beskrevet nærmere i de følgende kapitler.

### 11.1 Reduksjon av minimumsbidragene

Minimumsbidragen i de tre første fasene reduseres med 25% slik at:

#### Sone 1:

$$\mu_1 = 15 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 23 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 30 \text{ s}$$

#### Sone 2

$$\mu_1 = 15 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 23 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 30 \text{ s}$$

#### Sone 3:

$$\mu_1 = 15 \text{ s}$$

$$\mu_2 = 23 \text{ s}$$

$$\mu_3 = 30 \text{ s}$$

$\mu_4$  reduseres med 40% i alle sonene. De nye verdiene føres inn i skjema nr. 28.

### 11.2 Reduksjon av effekten av de påvirkende faktorene

Effekten av de påvirkende faktorene reduseres med 25%. Dette er den samme reduksjonen som i beregningen for 75% evakuert uten tiltak. De reduserte effektene kan derfor hentes fra skjema nr. 8. De reduserte effektene føres opp i skjema nr. 26.

### 11.3 Beregn effekten av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid

Effekten av tiltak som virker på nødvendig evakueringstid er den samme som for beregningene for 100% evakuert med tiltak. Effekten av hvert enkelt tiltak kan derfor hentes fra skjema nr. 17. De nye effektene beregnes ved hjelp av skjema nr. 26.

### 11.4 Beregn tidsbidragene fra de påvirkende faktorene

Tidsbidragene beregnes ved å multiplisere den påvirkende faktor's *verdi* med dens *effekt* etter tiltak. Dette gjøres i skjema nr. 27. Effekten av de påvirkende faktorer (etter tiltak) hentes fra skjema nr. 26.

### 11.5 Beregn nødvendig evakueringstid med tiltak for 75%

Nødvendig evakueringstid for 75% av evakueringspopulasjonen beregnes i skjema nr 28. Følgende verdier inngår i dette skjemaet:

$$\mu_1 \times 0.75$$

$$\mu_2 \times 0.75$$

$$\mu_3 \times 0.75$$

$$\mu_4 \times 0.60$$

Tidsbidrag fra de 18 påvirkende faktorene, hentet fra skjema nr. 27.

### 11.6 Beregn standardavviket for nødvendig evakueringstid med evakueringstiltak for 75%

Standardavviket til nødvendig evakueringstid med tiltak for 75% av evakueringspopulasjonen beregnes i skjema nr 29. I dette skjemaet skal man oppgi et tall,  $\mu_{99}$ , som er slik at man er 99% sikker på at det virkelige tidsforbruket i den fasen man vurderer er mindre enn  $\mu_{99}$ . For å gjøre denne vurderingen lettere benyttes følgende regel:

- Hvis det ikke er gode grunner for å anta større eller mindre usikkerhet er  $\mu_{99}$  20% større enn  $\mu$  i den fasen som vurderes. Verdiene for  $\mu$  finner man i det foregående skjemaet, nr. 28.

### 11.7 Beregn variansen til nødvendig evakueringstid

Variansen til nødvendig evakueringstid for 75% med tiltak beregnes ved hjelp av skjema nr. 30. Her finner man de nødvendige tallverdiene i det foregående skjemaet, nr. 29.

### **11.8 Beregn sikkerhetsmargin med evakueringstiltak for 75%**

Sikkerhetsmarginen med tiltak for 75% av evakueringspopulasjonen beregnes ved hjelp av skjema nr. 31. Tallverdiene som skal benyttes finner man i skjema nr. 28, 23 og 30.

### **11.9 Beregn sannsynlighet for at med tiltak klarer 75% å evakuere i tide med tiltak.**

Sannsynligheten for at 75% av populasjonen i beregningssonen klarer å evakuere i tide beregnes i skjema nr. 32. Her finnes  $\Phi(SM)$  i Tabell 7.

## 12. BEREGN FORVENTET ANTALL DREPTE (FAR) MED EVAKUERINGSTILTAK

For hver sone beregnes "Fatal Accident Rate" (FAR). Dette innebærer følgende trinn:

- Tegn diagram for fordeling av antall evakuerte som funksjon av tid.
- Beregn sikkerhetsmarginen for hver 10% evakuert.
- Beregn forventet andel som omkommer.
- Beregn FAR-verdien.

Disse beregningen må utføres for hver av de tre beregningssonene. Trinnene er beskrevet nærmere i de følgende kapitler.

### 12.1 Diagram for fordeling av antall evakuerte som funksjon av tid

I skjema nr. 33 tegnes det en kurve som etablerer en sammenheng mellom tid og andel (%) som har evakuert den aktuelle bergningssonen. Benytter man en simuleringsmodell som gir en slik sammenheng, brukes resultatene fra simuleringene til å tegne kurven. Hvis ikke benyttes følgende fremgangsmåte:

- Fra skjema nr. 20 hentes verdien til  $\mu_{\text{alle}}$ , som er forventet tid til alle (100%) har evakuert bergningssonen. Kurven skal gå gjennom punktet med x-koordinat  $\mu_{\text{alle}}$  og y-koordinat 100.
- Skalaen til x-aksen finnes lettest ved å dele  $\mu_{\text{alle}}$  på 10 og deretter beregne verdien for de 10 punktene som er merket av på x-aksen.
- Deretter merkes det av et punkt som har x-koordinat  $\mu_{75}$  og y-koordinat 75. Verdien til  $\mu_{75}$  hentes fra skjema nr. 28.
- Kurven tegnes nå slik at 20% har evakuert inne halvparten av tiden. Fra dette punktet går kurven opp til punktet som har x-koordinat  $\mu_{75}$  og y-koordinat 75. Derfra trekkes kurven til punktet som har x-koordinat  $\mu_{\text{alle}}$  og y-koordinat 100.

### 12.2 Beregn sikkerhetsmargin for hver 10% evakuert

Sikkerhetsmarginen for hver 10% evakuert beregnes i skjema nr. 34. Her finner man  $\mu_{10\%}$ ,  $\mu_{20\%}$ , osv., ved å lese av fra diagrammet i skjema nr. 34. For  $\mu_{10\%}$  til og med  $\mu_{60\%}$  benyttes variansen,  $\sigma^2$ , funnet i skjema nr. 30. For  $\mu_{70\%}$  til  $\mu_{100\%}$  benyttes variansen funnet i skjema nr. 22.

### 12.3 Beregn forventet andel som omkommer

Forventet andel som omkommer beregnes i skjema nr. 35. Her finnes  $\Phi(\text{SM})$  i Tabell 7.

## 12.4 Beregn FAR-verdi

FAR-verdien for brann den aktuelle sonen beregnes ved hjelp av skjema nr 16.  $f$  = forventet antall branner pr time. Hvis ikke historiske data tilsier annet skal  $f$  settes til  $0.1 \times 10^{-3}$  (dvs 1 brann pr år - NB! Denne frekvensen er høy og vil sjeldent være reell).

## 12.5 Beregn effekt av tiltak med hensyn på FAR

Effekt av tiltak med hensyn på FAR beregnes i skjema nr. 37.  $FAR_0$  hentes fra skjema nr. 16 og  $FAR'$  fra skjema nr. 36.