



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Dimensjoneringskriterier ved rømning av kjøpesenter, basert på persontetthet



Hovedprosjekt utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. Haugesund - ingeniørfag

---

*Studieretning : Brannsikkerhet*

Av : Erlend Hansen

Kandidatnr. 53

Ole Martin Nordstrand

49

Sten Stava

64

---

*Haugesund*

*2004*



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund  
Avdeling Haugesund - ingeniørfag  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Dimensjoneringskriterier ved rømning av kjøpesentre, basert på persontetthet		Rapportnummer
Utført av Erlend Hansen Ole Martin Nordstrand Sten Stava		
Linje Sikkerhet		Studieretning Brannsikkerhet
Gradering Åpen	Innlevert dato 7.5.2004	Veiledere Geri Wagner Alf Reidar Nilsen Jr. Anders Arnhus (Multiconsult)

#### Ekstrakt

I rapporten gjøres det en vurdering av dimensjoneringskriteriene for kjøpesentre basert på persontettheten. Dette gjøres gjennom simuleringer, tallmaterial samlet inn fra flere kjøpesentra rundt om i Norge og dokumentasjon av tid til kritiske forhold. Det er funnet at de preaksepterte løsningene i Norge er noe konservative i forhold til løsninger i andre land. Selv om de norske løsningene er adekvate med tanke på tiden til kritiske forhold, er det ved simuleringer sett at en reduksjon av total dørbredde nødvendigvis ikke får noen stor innvirkning på evakueringstiden. En redusering av total dørbredde gir også økonomiske fordeler for sentrene siden redusert korridorareal kan benyttes til salgsformål/areal.



## FORORD

---

Hovedprosjektet er den avsluttende delen ved Høgskolen Stord/Haugesund. Rapporten skal gjenspeile noe av det vi har tilegnet oss av kunnskap gjennom en treårig branningeniørutdanning. Arbeidsmengden skal tilsvare 12 studiepoeng per student.

Valg av hovedprosjekt ble gjort etter en henvendelse fra Multiconsult i Oslo til Høgskolen. De ville gjerne ha noen studenter som kunne belyse dimensjoneringskriteriene for kjøpesenter gitt i veiledning til Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven. Dette var en oppgave som virket interessant og utfordrende.

Vi ønsker å rette en takk til alle som har bidratt til at rapporten har vært mulig å gjennomføre. Spesielt vil vi takke:

Geri Wagner	Høgskolen Stord/Haugesund (Intern veileder)
Alf Reidar Nilsen	Høgskolen Stord/Haugesund (Intern veileder)
Anders Arnhus	Multiconsult AS, Oslo (Ekstern veileder)

---

Erlend Hansen

---

Ole-Martin Nordstrand

---

Sten Stava

Haugesund  
30. april 2004



## SAMMENDRAG

---

Et kjøpesenter i Norge kan dimensjoneres på to måter. Dette er enten ved hjelp av preaksepterte løsninger, gitt i veiledningen (REN) til teknisk forskrift (TEK) til plan og bygningsloven (Pbl), eller funksjonsbasert metode. Et kjøpesenter på 30.000m<sup>2</sup> må, ved bruk av preakseptert løsning, dimensjoneres for 15.000 personer og ha 150 meter med rømningsdør. I det branntekniske fagmiljøet er det en del skepsis til de preaksepterte løsningene i REN i forhold til kjøpesenter. Det var derfor ønskelig å få en gjort en vurdering av disse dimensjoneringskriteriene.

I rapporten er disse vurderingene gjort ved å sammenligne med andre land, tellinger av besøkende for ulike sentre og simuleringer. Det er i tillegg gjort en vurdering av tid til kritiske forhold og laget en oversikt over andre rapporter i tilknytning til brannsikkerhet i kjøpesentre.

Det som er gjennomgangstemaet i rapporten, gjennom tellinger og dokumentasjonen som er innhentet på området er at persontettheten aldri er høyere enn 5-6 m<sup>2</sup> per person. Dette i seg selv gjør at en kan stille spørsmålstegn ved dagens dimensjonering, da den virker å være i overkant konservativ. Ser en til nabolandene våre, Sverige og Danmark, viser det seg at mann ved bruk av dimensjoneringskriteriene i Norge får en total rømningsdørbredde som er en tredjedel større enn hos våre naboer. Tellinger fra de forskjellige sentrene som det er innhentet data fra, tyder på at den maksimale persontettheten er litt i underkant av 1 person per 6 m<sup>2</sup>.

Simuleringene, målt opp mot antatt tid til kritiske forhold, viste at personer ikke ble utsatt for kritiske forhold selv med en persontetthet lik 1 person per 2 m<sup>2</sup>. Dette selv med en dørbredde mindre enn 1 cm per person. Ved å bruke en persontetthet på 5 m<sup>2</sup> per person, og 1 cm dørbredde per person, viste simuleringene en rømningstid på rundt 5 minutter. Dette gir en sikkerhetsmargin på omtrent 2.

Plassering og utformingen av sentrene er også av betydning. Simuleringene viste at evakueringstiden er noe lengre for kjøpesenter med mer enn en etasje. Det er også av betydning om senteret ligger i sentrum av en by eller på utsiden, i bydeler, næringsparker og lignende. Det viste seg at persontettheten i de to sentrumsnære sentrene var høyere enn for utenbys sentre.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1	BAKGRUNN .....	1
1.2	FORMÅL .....	1
1.3	METODE.....	1
<b>2</b>	<b>LOVVERK OG PRAKSEPTERTE LØSNINGER .....</b>	<b>2</b>
2.1	GENERELT.....	2
2.2	LOVVERKET .....	2
2.3	HISTORISK OVERSIKT.....	5
2.4	BAKGRUNNEN FOR DE PRAKSEPTERTE LØSNINGENE.....	6
2.5	KRAV OG PRAKSEPTERTE LØSNINGER I ANDRE LAND .....	7
2.6	FUNKSJONSBASERT DIMENSJONERING AV PERSONTETTHET I USA.....	8
2.6.1	<i>Dimensjonering i forhold til IBC (International building codes) 2003.....</i>	<i>9</i>
2.6.2	<i>Dimensjonering i forhold til NFPA 101 life safety code .....</i>	<i>10</i>
2.7	OPPSUMMERING.....	11
<b>3</b>	<b>TELLINGER AV ANTALL PERSONER I ULIKE KJØPESENTRA.....</b>	<b>12</b>
3.1	GENERELT.....	12
3.2	BESKRIVELSE AV SENTRENE.....	13
3.3	METODE.....	14
3.4	RESULTATER AV TELLINGER .....	15
3.5	OPPSUMMERING.....	17
<b>4</b>	<b>TID TIL KRITISKE FORHOLD .....</b>	<b>18</b>
4.1	GENERELT.....	18
4.2	DEFINISJON AV KRITISKE FORHOLD.....	18
4.3	FULLSKALAFORSØK I AUSTRALIA .....	18
4.4	FORMLER FOR TID TIL KRITISKE FORHOLD FRA SVENSK RAPPORT .....	20
4.5	INTERNASJONAL KONFERANSE OM FUNKSJONSBASERT DIMENSJONERING OG BRANNSIKKERHETSDESIGN.....	21
4.5.1	<i>Sverige .....</i>	<i>21</i>
4.5.2	<i>New Zealand.....</i>	<i>23</i>
4.6	OPPSUMMERING.....	25
<b>5</b>	<b>SIMULERINGER .....</b>	<b>26</b>
5.1	GENERELT.....	26
5.2	SIMULEX .....	26
5.3	VALG AV VERDIER I SIMULERINGENE.....	26
5.3.1	<i>Reaksjonstid.....</i>	<i>27</i>
5.3.2	<i>Personer i Simulex.....</i>	<i>28</i>
5.3.3	<i>Menneskelig atferd .....</i>	<i>29</i>
5.3.4	<i>Sammenheng mellom rømningstid og persontetthet.....</i>	<i>30</i>
5.4	GJENNOMFØRINGEN AV SIMULERINGENE.....	31
5.5	RESULTATER AV SIMULERINGENE .....	33
5.6	OPPSUMMERING.....	39
<b>6</b>	<b>ANDRE RAPPORTER.....</b>	<b>41</b>



6.1	GENERELT.....	41
6.2	UTDRAG FRA ANDRE RAPPORTER.....	41
6.3	OPPSUMMERING.....	45
<b>7</b>	<b>DISKUSJON.....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>KONKLUSJON.....</b>	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>VEDLEGG A TABELLER TELLINGER.....</b>	<b>54</b>
10.1	MOSSEPORTEN.....	54
10.2	OASEN STORSENTER.....	55
10.3	LIERTOPPEN.....	57
10.4	MARKEDET.....	59
10.5	CITY SYD.....	61
10.6	KVADRAT.....	63
10.7	NERSTRANDA.....	65
10.8	KILDEN.....	67
<b>11</b>	<b>VEDLEGG B GRAFER TELLINGER.....</b>	<b>69</b>
11.1	MOSSEPORTEN.....	69
11.2	OASEN STORSENTER.....	69
11.3	LIERTOPPEN.....	70
11.4	MARKEDET.....	70
11.5	CITY SYD.....	71
11.6	KVADRAT.....	71
11.7	NERSTRANDA.....	72
11.8	KILDEN.....	72
<b>12</b>	<b>VEDLEGG C TABELLER SIMULERINGER.....</b>	<b>73</b>
12.1	TEST 1.....	73
12.2	TEST 2.....	75
12.3	TEST 3.....	76
12.4	TEST 4.....	76
12.5	TEST 5.....	77
<b>13</b>	<b>VEDLEGG D SIMULEX BILDER AV ULIKE PERSONTETTHETER.....</b>	<b>78</b>
13.1	2M <sup>2</sup> /PERSON.....	78
13.2	3M <sup>2</sup> /PERSON.....	78
13.3	5M <sup>2</sup> /PERSON.....	79
13.4	6M <sup>2</sup> /PERSON.....	80



## 1 INNLEDNING

---

### 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for denne rapporten er usikkerhetsmomenter rundt de preaksepterte løsningene, gitt i veiledningen (REN) til teknisk forskrift '97 (TEK) til Plan- og bygningsloven (Pbl), i forhold til kjøpesentre [1][2]. De preaksepterte løsningene gitt i REN når det gjelder dimensjonering av persontettheten for kjøpesenter er 2 m<sup>2</sup> gulvareal per person og 1 cm dørbredde per person [1]. Dette betyr at et kjøpesenter på for eksempel 30.000 m<sup>2</sup> vil måtte dimensjoneres for 15.000 personer. Med en veiledende rømningsbredde på 1 cm per person, gir dette behov for til sammen 150 meter med dører til det fri.

De preaksepterte løsningene i REN, er løsninger som prosjekterende konsulenter og senter kjedene er skeptiske til. Det er en oppfatning om at det aldri vil finnes så mye som 15.000 personer inne på et kjøpesenter på 30.000 m<sup>2</sup> samtidig. Senterkjedene og de prosjekterende konsulentene har ikke noe imot å dimensjonere for dette antall personer, men må da ha tro på at tallene er riktige. Dersom løsningene i REN er for konservative, resulterer det eventuelt i unødvendig mange dører og korridorer, som i den andre enden opptar verdifullt salgs-/leieareal for kjøpesentrene.

### 1.2 Formål

Målet med rapporten er å gjennomføre vurderinger av de preaksepterte løsningene i forhold til rømning og evakuering av kjøpesentre, og drøfte disse parametrene. Det vil være interessant å få vite hvordan disse parametrene er utarbeidet og hvilke faktorer som ligger til grunn. Det er også ønskelig at rapporten skal komme med vurderinger som kan være med å gi grunnlag for funksjonsbaserte løsninger.

### 1.3 Metode

Rapporten er utarbeidet gjennom å sammenligne med hvordan andre land dimensjonerer, tellinger i eksisterende kjøpesentra og evakueringssimuleringer. Det er i tillegg laget en oversikt over rapporter som er aktuelle for oppgaven.



## 2 LOVERK OG PRAKSEPTERTE LØSNINGER

---

### 2.1 Generelt

Dette kapitlet tar for seg i all enkelhet hva regelverket, og tilhørende veiledninger gir av krav og løsninger for dimensjonering av persontetthet. Teknisk forskrift (TEK) krever at brannsikkerheten til byggverk enten dokumenteres ved å følge veiledningen til teknisk forskrift eller gjennom funksjonsbaserte løsninger. Det er også sett på hvordan det dimensjoneres i andre land og hvordan disse regelverkene stiller seg i forhold til det norske regelverket.

### 2.2 Lovverket

I det følgende er det tatt med noen utdrag fra TEK i forhold til problemstillingen [1].

#### § 7-2. Sikkerhet ved brann

*Byggverk skal ha planløsning og utførelse som gir tilfredsstillende sikkerhet ved brann for personer som oppholder seg i eller på byggverket,...*

#### § 7-27. Rømning av personer

*Byggverk skal utformes og utføres for rask og sikker rømning. Den tiden som er tilgjengelig for rømning, skal være større enn den tiden som er nødvendig for rømning fra byggverket. Det skal legges inn en tilfredsstillende sikkerhetsmargin.*

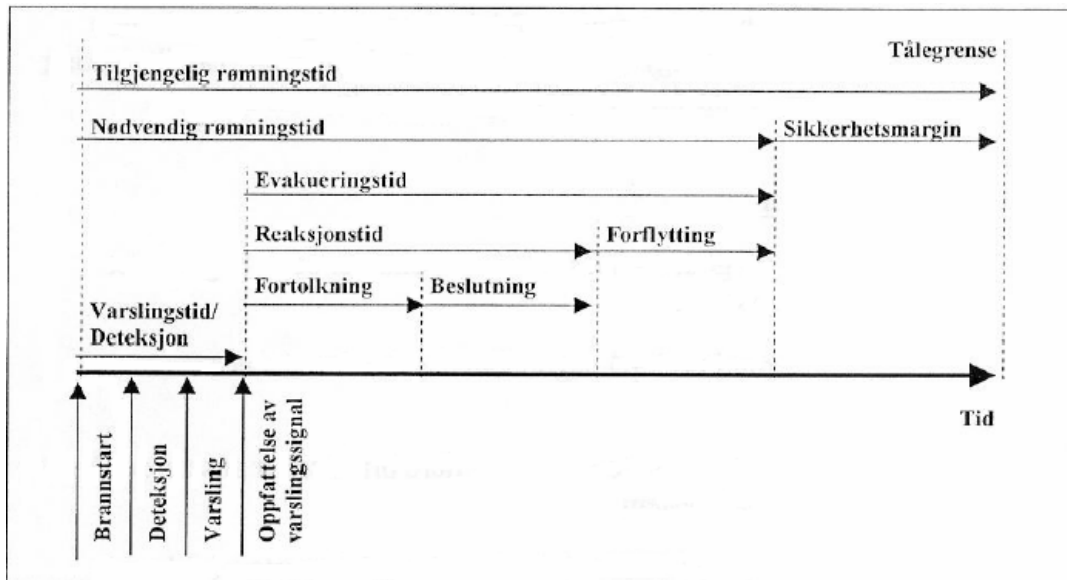
TEK sier at personer skal være i sikkerhet før kritiske forhold oppstår, men gir ingen retningslinjer om hvordan dette skal oppnås. REN derimot er en samling preaksepterte løsninger, som ikke er krav, men som er en tilfredsstillende veiledning til hvordan det kan dimensjoneres uten å gjøre funksjonsbaserte beregninger.

Ved en brann skal personene i bygningen kunne komme seg i sikkerhet i god tid før kritiske forhold oppstår, det innebærer at det skal være nok tid til rømning. Vilåret for sikker evakuering kan beskrives som:

$$T_{\text{tilgjengelig}} > T_{\text{rømning}}$$

Sikker evakuering forutsetter at tilgjengelig rømningstid er vesentlig lengre enn nødvendig rømningstid. Differansen mellom tilgjengelig rømningstid og nødvendig rømningstid er et uttrykk for sikkerhetsnivået. Denne differansen kalles for sikkerhetsmarginen. Sammenhengen mellom tilgjengelig rømningstid, nødvendig rømningstid og sikkerhetsmargin ved rømning er illustrert i figur 2-1.





Figur 2-1 Rømningsfasens inndeling [3].

I henhold til § 7-27 skal det dokumenteres en tilfredsstillende sikkerhetsmargin. Spørsmålet blir hva som ligger i *tilfredsstillende sikkerhet* og *tilfredsstillende sikkerhetsmargin*. Gjennom øvelser, tester og utregninger kan en finne ut hvor lang tid en må ha for å tømme byggverket. Samtidig kan en finne et estimat for hvor lang tid det vil ta før det blir kritiske forhold i bygget. Spørsmålet som fortsatt er noe uklart er hvor stor en sikkerhetsmargin skal være. Det en vet er at det stilles krav om at marginen skal være tilfredsstillende, det vil si en positiv differanse mellom tilgjengelig og nødvendig rømningstid.

I 3. utgaven av veiledningen til Teknisk forskrift '97, til Plan og bygningsloven, er det satt opp en veiledende tabell for hvordan en dimensjonerer persontallet i ulike lokaler.

Tabell 2-1 Brutto gulvareal per person i forskjellige bruksområde [1]

Bruksområde	Brutto gulvareal i m <sup>2</sup> pr. person
Salgslokaler	2
Kontor	15
Skoler	2
Barnehager/Fritidshjem	4 – 5
Forsamlingslokaler u faste sitteplasser	0,6
Spisesaler	1,4



Brutto gulv areal er i følge Norsk Standard, NS 3940 – Areal og volumberegning av bygninger:

*”Bruttoareal er areal av målverdige deler begrenset av ytterveggs utside.”*

Det vil si at tettheten beregnes til å være 1 person per 2 m<sup>2</sup> i alt av salgslokaler inklusivt korridorer og lignende. Kontorer og lager kan holdes utenfor.

Arealet som legges til grunn for dimensjoneringen er endret i forhold til 2. utgaven av veiledningen til TEK '97. I 2. utgaven var det lagt inn en fotnote for salgslokaler som sa følgende:

*”Areal er nettoareal (NTA målt iht NS3940 Areal- og volumberegning av bygninger) av rom tilgjengelig for publikum.”*

I følge NS 3940 - Areal- og volumberegning av bygninger, er nettoareal definert som:

*”Nettoareal av areal av rom begrenset av bygningsdeler som vegger, søyler, ledningssjakter og lignende.”*

Forskjellen mellom de to utgavene er at arealet som ligger til grunn for dimensjoneringen er ulikt. I 2. utgaven var det anledning til å trekke fra arealer som ikke var tilgjengelig for publikum og for blant annet flyttbare mellomvegger, det er det ikke i 3. utgaven [1].

Det betyr at det etter 3. utgaven må dimensjoneres for flere personer og dermed en større total rømningsdørbredde enn tidligere

I dimensjoneringen av nødvendig fri bredde legges det til grunn 1 cm per person, i tillegg til at utgangene er hensiktsmessig fordelt i lokalet. Minste bredde per dør bestemmes ut fra hvilken risikoklasse bygget havner i. Kjøpesentre er i risikoklasse 5<sup>1</sup>, derfor skal dører til rømningsvei ha fri bredde på minst 1,2 meter. Videre anbefaler veiledningen til teknisk forskrift en maksimal avstand til rømningsvei fra ethvert sted i bygget på maksimalt 30 meter.

---

<sup>1</sup> Ut fra den risiko en brann kan innebære for skade på liv og helse, inndeles byggverk i risikoklasser som legges til grunn for å bestemme nødvendige tiltak for å sikre rømning ved brann. Bygningens risikoklasse bestemmes med hensyn til om byggverket er beregnet for personopphold, kjennskap til rømningsveiene og om personen der er kapable til å bringe seg selv i sikkerhet, byggverket er beregnet til overnatting og om det er brannfarlig aktivitet i bygget [1].



## 2.3 Historisk oversikt

I det foregående kapittelet er dagens forskrifter og regelverk presentert. Videre er det satt opp en oversikt over aktuelle deler av byggeforskriften fra 1928 frem til i dag [4]. Dette er for å se på eventuelle forandringer som er gjort.

I de eldre forskriftene er det av naturlige grunner ikke oppgitt bestemmelser for salgslokaler. Den første forskriften hvor salgslokaler er nevnt som egen post er i byggeforskriften av 1985.

### 1928:

For forsamlingslokaler er minstemålet 1 meter per 150 personer med en minste bredde på 1,3 meter.

### 1949:

For forsamlingslokaler skal det være minst 10 cm per 10 personer utgangsbredde målt på de smaleste stedene. Døråpningen skal ha en fri bredde av minst 1,3 meter.

### 1969:

For skoler skal det være fri bredde av minst 100 mm per 10 elever/personer. Minste frie bredde skal være 1,3 meter. (Endring av 18. oktober 1971)

### 1985:

Fri bredde i rømningsvei skal minst være 0,5 meter per 100 m<sup>2</sup> bruttoareal salgsløkkale for salgsløkkale med størrelse over 150 m<sup>2</sup>, dog ikke mindre enn 1,3 meter for hver enkelt rømningsvei.

### 1987:

Utgangene skal minst ha fri bredde av 1,2 meter og være 1 cm per person. Samlet bredde på utgangene skal være minst 50 cm per 100 m<sup>2</sup> butikkareal. Dette er arealer beregnet for publikum.

Tabell 2-2 Historisk oversikt

Byggeforskrift	Dørbredde	Dim. Personantall
1928	0,67 cm/pers.	Ukjent
1949	1,0 cm/pers.	Ukjent
1969	1,0 cm/pers.	Ukjent
1985	0,5 cm/m <sup>2</sup>	Ukjent
1987	1,0 cm/pers.	2 m <sup>2</sup> /pers.
1997	1,0 cm/pers.	2 m <sup>2</sup> /pers.



Den historiske oversikten viser at den totale dørbredden så å si er uendret siden byggeforskriften fra 1949. Det er altså ikke gjort noen store forandringer siden den gang.

## 2.4 Bakgrunnen for de preaksepterte løsningene

Selve begrunnelsen og bakgrunnen for tallene som er valgt i de preaksepterte løsningene er det ikke så lett å finne tak i. Gjennom kontakt med Statens byggt tekniske etat, Be, har vi fått to svar:

*Tittel: Rømning av kjøpesenter.*

*"Anbefalinger og krav i dagens regelverk er basert på erfaringer med eldre forskrifter, Byggeforskrift 69 og Byggeforskrift 87. Det er utført en rekke studier av personsikkerheten ved rømning. Noe vil du finne på hjemmesidene til SINTEF Bygg og miljøteknikk."*

*"Tallene for persontetthet i ulike byggverk er basert på erfaringer. At tallene fra USA avviker fra våre tall kan forklares med at det benyttes forskjellig gulvareal som grunnlag for beregningene. Gulvarealet som legges til grunn ved beregning etter teknisk forskrift er arealet av de deler av salgslokalet som er tilgjengelig for publikum. Vi tar ikke med i areal, lager ol., som publikum ikke har tilgang til."*

Det er gjort forsøk på å finne noen av de studiene som skal være gjennomført hos SINTEF Bygg og miljøteknikk, uten hell. Mulig at dette er rapporter som kun er for salg, og dermed ikke er tilgjengelig på nett.



## 2.5 Krav og preaksepterte løsninger i andre land

I arbeidet med å vurdere dimensjoneringskriteriene i Norge må det ses på hvordan det dimensjoneres i andre land. For å synliggjøre dette, er det satt opp en tabell for et tenkt senter på 30.000 m<sup>2</sup>.

Tabell 2-3 Dimensjonerende persontall og dørbredde i et kjøpesenter på 30.000 m<sup>2</sup> i Norge sammenlignet med andre land.

	Norge	Danmark	Sverige	England	USA IBC	USA NFPA	Australia
Dimensjonerende persontall	15 000	10 000	15 000	15 000	7353	6220	10 000
Tot. Dør bredde	150 m	100 m	100 m	75 m	Funk.bas	23 m	

Ut ifra dette eksempelet ser en at de norske dimensjoneringskriteriene er strengere enn for de fem andre landene. I forhold til Danmark og Sverige har Norge de strengeste kravene med hensyn på både persontetthet (2,0 m<sup>2</sup>/pers.) og dørbredde (1 cm dør bredde/pers.). Med strenge menes at det i Norge må dimensjoneres for flere personer og større total bredde på dører. Persontettheten er dog ikke unormalt høy når en ser på hvordan dette dimensjoneres i de andre landene. USA er i en særstilling med veldig lave dimensjoneringskriterier på persontetthet og dørbredde.

Dersom en sammenligner et norsk senter i forhold til et i USA, vil en få stor forskjell i krav til samlet dørbredde. Et senter dimensjonert for 15.000 personer i Norge vil måtte ha 150 meter med samlet dørbredde. I USA, i forhold til NFPA (*National Fire Protection Association*) [5], vil det for samme antall personer (15.000) bli i overkant av 55 meter samlet dørbredde. Den samlede dørbredden i Norge blir da 2,7 ganger større enn i USA. For et senter med likt antall personer (15.000) i England, vil den totale dørbredde bli 75 meter. Samlet dørbredde i England er da halvparten av hva de preaksepterte løsningene i Norge krever. I Sverige er det dimensjonerende persontallet likt som i Norge. Når det gjelder den totale dørbredden benytter Sverige 1 person/0,67 m<sup>2</sup>, og dermed 50 meter mindre dørbredde enn i Norge. 50 meter dørbredde med tilhørende rømningsveier utgjør en stor del gulvareal som kan benyttes til salgsareal.. Danmark benytter 1 person/3m<sup>2</sup> for å dimensjonere persontallet, men har samme regler for dørbredden som i Norge.

I tabell 2-4 er de viktigste dimensjoneringskriteriene for kjøpesenter i andre land angitt. Det er flere faktorer enn persontetthet og dørbredde som er avgjørende for hvordan det dimensjoneres.



Tabell 2-4 Dimensjoneringskriterier i andre land [14]

	Norge	Danmark	Sverige	USA NFPA	England
Når	>150 m <sup>2</sup>	>600 m <sup>2</sup>	>300 m <sup>2</sup>	>2800 m <sup>2</sup>	
Personantall (m <sup>2</sup> /pers.)	2,0	3,0	2,0	Se fig. 4-1	2,0
Rømningsveier min.	serveringsareal: 1,4 150 pers – 2	Serveringsareal: 1,0 150 pers. - 2	1-600: 2 601-1000: 3 1001 -: 4	1-500: 2 501-1000: 3 1001-: 4	1-500: 2 501-1000: 3 1001-2000: 4 osv
antall/antall personer					
Maks. avstand til nærmeste rømningsvei	30 m	25 m	Uten sprinkler: 30m Med sprinkler: 40m	Uten sprinkler: 30 m Med sprinkler: 60m	45m
Min. Bredder	1,2 m	1cm/pers eller minst 1,0m	0,67cm/pers eller minst 1,20m	0,91m minste bredde rømningsvei 3m	>220 pers 0,5cm
Total bredde	1cm/pers	1cm/pers.	1,0m/150 pers		>220 pers 0,5cm

I NFPA [5] er det benyttet en graf som gir forskjellig persontetthet etter størrelsen på kjøpesenteret. I IBC [6] er det benyttet en formel (2.1) som forteller for hvor mange personer et kjøpesenter av en gitt størrelse kan dimensjoneres for, derfor er det ingen klar fasit på hvilke parametere som blir benyttet på samme måte som i Norden og andre land.

## 2.6 Funksjonsbasert dimensjonering av persontetthet i USA

IBC (*International Building Codes*) er lovverket for privat virksomhet i USA mens NFPA (*National Fire Protection Association*) er lovverk for de mer føderale og statlige virksomhetene. Det legges derfor mer vekt på resultatene fra IBC siden de fleste kjøpesentre, i hvert fall i Norge er av en privateid karakter. I både IBC og NFPA brukes betegnelsene "covered mall building"<sup>1</sup> og "malls"<sup>2</sup> i betydning av henholdsvis kjøpesenter og "gangene/handlegatene" i kjøpesenteret.

<sup>1</sup>"A single building enclosing a number of tenants and occupants such as retail stores, drinking and dining establishments, entertainment and amusement facilities, passenger transportation terminals, offices, and other similar uses wherein two or more tenants have a main entrance into one or more malls"

<sup>2</sup>"A roofed or covered common pedestrian area within a covered mall building that serves as access for two or more tenants and not to exceed three levels that are open to each other"



## 2.6.1 Dimensjonering i forhold til IBC (International building codes) 2003

I IBC benyttes det en funksjonsbasert løsning. Persontettheten er angitt ved følgende likning:

$$OLF = (0,00007 \cdot GLA) + 25 \quad (2.1)$$

OLF = (Occupant Load Factor) [ $ft^2$ ] = Persontetthet

GLA = (Gross Leasable Area) [ $ft^2$ ] = Leie areal

Formelen er gyldig så lenge persontettheten ikke er mindre enn 30  $ft^2$  (1 person per 2,79  $m^2$ ), eller overstiger 50  $ft^2$  (1 person per 4,65  $m^2$ ). Omregning til kvadratmeter gjøres ved å multiplisere fot [ $ft$ ] med 0,0929.

Ved å gjøre noen enkle beregninger er det kommet frem til at forholdet mellom totalareal og leieareal ligger i området 83-85 % slik at det kan gjøres en kjapp kalkulering på hvor stort leiearealet er for å kunne bruke formelen (det vil naturligvis være forbundet med en viss feilmargin å gjøre beregninger ved bruk av dette forholdet (83-85 %)).

Eks: Hva blir persontettheten for et kjøpesenter på 30.000  $m^2$ ?

Omregnet til amerikanske kvadratfot:

$$\frac{30000m^2}{0,0929} \approx 322928ft^2 \quad (2.2)$$

$$\text{Leiearealet: } GLA = 322928 \cdot 0,84 = 271259ft^2 \quad (2.3)$$

$$\text{Dette gir oss: } OLF = (0,00007 \cdot 271259ft^2) + 25 = 43,99ft^2 \quad (2.4)$$

Vi er godt under 50  $ft^2$  og da er alt i orden. Persontettheten i kvadratmeter blir da:

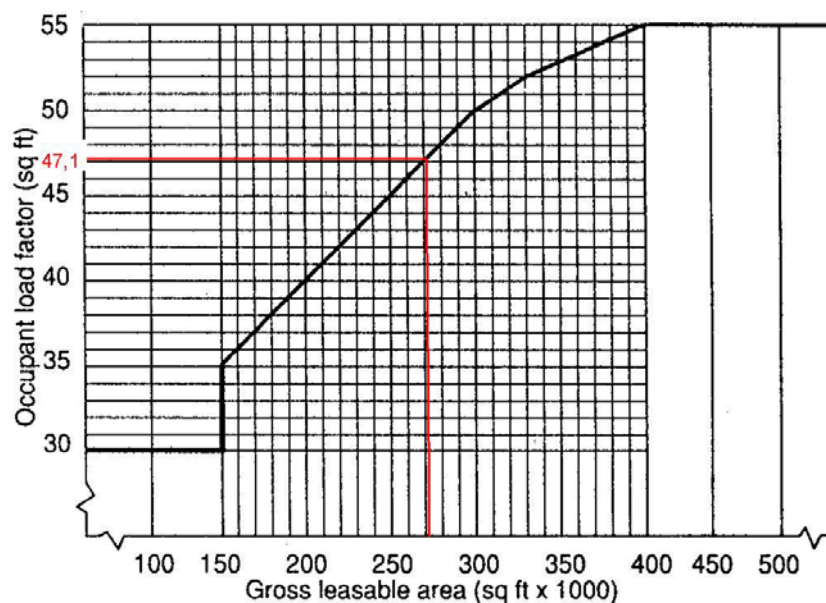
$$43,99ft^2 \cdot 0,0929 = \underline{\underline{4,08m^2}} \quad (2.5)$$

Vi kan på et kjøpesenter i Norge på 30.000  $m^2$  ha en persontetthet på 4,08  $m^2$  per person noe som gir oss:

$$\text{Antall} = \frac{30000}{4,08} \approx \underline{\underline{7353personer}} \quad (2.6)$$

## 2.6.2 Dimensjonering i forhold til NFPA 101 life safety code

Ved dimensjonering av persontallet ut i fra NFPA 101 er det benyttet figur 2-2 som vist under. Det er benyttet det samme eksempelet med et kjøpesenter på 30.000 m<sup>2</sup> som da tilsvarer et leieareal omgjort til fot på 271.259 ft<sup>2</sup>. Dette gir en persontetthet på 1 person per 47,1 ft<sup>2</sup> som omregnet til norsk tilsvarer en person per 4,37 m<sup>2</sup>. Det dimensjoneres derfor for 6.864 personer i forhold til NFPA mot 7.353 i IBC.



Figur 2-2 Dimensjonering av persontetthet etter NFPA





## 2.7 Oppsummering

Dimensjonering av persontetthet og totalbredde på rømningsdører kan etter norsk lov dimensjoneres på to måter. Enten ved bruk av preaksepterte løsninger eller funksjonsbaserte metoder. Kravene er satt for å legge til rette for sikker rømning. Det vil si at tilgjengelig rømningstid må være større en nødvendig rømningstid. Verken lover, veiledning til lover eller forskrifter sier noe om hvor stor sikkerhetsmarginen skal være mellom disse to.

I forhold til de preaksepterte løsningene i Norge skal persontettheten i et salgslokale dimensjoneres for 1 person per 2 m<sup>2</sup>. For dimensjonering av totalbredde på rømningsdører skal det være 1 cm per person. Dette er de samme kriteriene som er brukt i norsk lovgivning så lenge det har eksistert kjøpesentre i landet. Arealet som legges til grunn er nylig blitt endret fra å være nettoarealet til å gjelde bruttoarealet av bygningen. Det betyr at arealet det dimensjoneres etter er endret til det større, og at bygningene derfor dimensjoneres for flere personer. Et høyere persontall inne i bygningen betyr at den totale bredden på dører må økes.

Norges naboland har delvis samme krav i forbindelse med dimensjonering. Til tross for likheten gir kombinasjonen mye større dørbredde enn hva tilfellet er i de andre landene (se tabell 2-3 og 2-4). Eksempelet som er brukt viser, blant annet, at det i Norge blir totalt 50 meter mer rømningsdører i forhold til Sverige og Danmark.



### 3 TELLINGER AV ANTALL PERSONER I ULIKE KJØPESENTRA

---

#### 3.1 Generelt

For å vurdere dimensjoneringskriteriene i REN, angående persontetthet i kjøpesenter, er det samlet inn datamateriale fra diverse kjøpesenter rundt om i landet. Kjøpesentrene har ulik størrelse og beliggenhet. Beliggenheten varierer mellom sentrum, bydel og næringsområde. Størstedelen av datamaterialet inneholder kun tellinger av antall personer per dag. Fra Mosseporten derimot, som er et Steen & Strøm senter, foreligger det tilnærmet nøyaktige tellinger fra fire forskjellige dager (se vedlegg A 10.1 og vedlegg B 11.1).

- ✓ 22. desember 2003
- ✓ 23. desember 2003
- ✓ 28. februar 2004
- ✓ 6. mars 2004

De to første datoene er normalt de best besøkte dagene i året, mens de to siste er mer "normale" lørdager. Tellesystemet ved Mosseporten virker på den måten at alle passeringer blir registrert, både ut og inn, og deretter delt på to.

I tillegg til Mosseporten, foreligger det tellinger per dag fra syv kjøpesentre. Det ble tatt kontakt med flere sentre for å hente inn datamateriale for besøkstall. Mange av sentrene hadde ikke tellesystem som registrerte besøkende per tid, men per uke. Det var også en del sentre som hadde systemer som var ute av drift. Noen sentre var også motvillige til å utlevere slikt data materiale.

Det er også tatt med et kjøpesenter fra Sverige, A6 centrum i Jönköping [7], der det blant annet foreligger tellinger fra 23. desember 1992. Her ble alle som gikk inn telt, men ikke de som gikk ut. Det ble derfor antatt at alle som gikk inn oppholdt seg der i to timer, noe som ble ansett som et konservativt anslag. Tellingene fra A6 centrum er i denne rapporten kun benyttet for å få et større grunnlag til middelfordelingen som blir brukt for å finne antallet personer som er inne på en gang i de sentrene hvor en bare kjenner antall per dag.

I vedlegg D er det vist utsnitt av Stopp Tune fra SIMULEX med 1 person per 2m<sup>2</sup>, 1 person per 3m<sup>2</sup>, 1 person per 5m<sup>2</sup> og 1 person per 6m<sup>2</sup>



## 3.2 Beskrivelse av sentrene

Her følger en kort presentasjon av de ulike sentrene det er samlet inn kundetellinger fra.

### **Mosseporten:**

Senteret ligger ca 4 minutters kjøretur utenfor Moss sentrum. Det ble opplyst, på forespørsel, at senteret har et areal på ca. 20.000 m<sup>2</sup> der kundene kan oppholde seg. Den 22. desember 2003 ble antall kunder målt til nesten 11.900, fordelt over hele dagen. Kjøpesenteret har 1.000 parkeringsplasser.

### **Oasen storsenter:**

Senteret ligger på fastlandssiden i Karmøy kommune, ca. 5 minutters kjøring fra Haugesund sentrum. Senteret er ca. 32.000 m<sup>2</sup>. Maks antall inne på senteret i løpet av en dag, ble på forespørsel, anslått til ca. 16-17.000 personer. Det er derfor brukt 17.000 i fordelingen. Det er ca 1.000 parkeringsplasser.

### **Liertoppen:**

Senteret ligger ved E-18 mellom Asker og Drammen. Senteret er 28.255 m<sup>2</sup> og hadde på det meste, i følge tellinger uke 51 i 2003, ca. 16.000 personer inne på en dag. Senteret har ca. 1.300 parkeringsplasser.

### **Markedet:**

Senteret ligger i Haugesund sentrum. Bygget inneholder, i tillegg til kjøpesenterdelen, kontorer og leiligheter. Det blir her kun tatt med kjøpesenterdelen, på ca. 11.000 m<sup>2</sup> der kundene kan oppholde seg. I Uke 51, 2003, ble det målt 10.663 personer på den best besøkte dagen. Senteret har ca. 400 parkeringsplasser.

### **City Syd:**

Senteret er Trondheims og omegns største kjøpesenter og ligger ca. 10 km syd for Trondheim sentrum. På forespørsel ble det opplyst at senteret har et tilgjengelig areal for kunder på 30.000 m<sup>2</sup>. Den 22. desember 2003 ble det målt 26.263 besøkende, som var den best besøkte dagen siste halvår 2003. Senteret har ca. 1.450 parkeringsplasser.

### **Kvadrat:**

Kvadrat er, i omsetning, Norges største kjøpesenter. Senteret ligger ca. 7 minutter fra Sandnes og 10 minutter fra Stavanger. Senteret har et netto handelsareal på 40.300 m<sup>2</sup>. (Det er mulig at arealet hvor kunder kan oppholde seg, er noe større.) Det ble anslått, på forespørsel, at det på det meste var ca. 30.000 personer inne i løpet av en dag. Dette ble antatt og skulle gi ca. 6.000 personer på en gang. I forhold til fordelingen som er benyttet, der alle er 1,5 time inne, ble antallet inne på en gang litt lavere. Senteret har 2.500 parkeringsplasser.



### **Nerstranda:**

Senteret ligger midt i Tromsø sentrum. Størrelsen ble, på forespørsel, oppgitt til 12.750 m<sup>2</sup> der kunder kan oppholde seg. Best besøkte dagen ble anslått til å være ca. 14.000 personer inne på senteret. Senteret har 250 parkeringsplasser.

### **Kilden:**

Kilden ligger i bydelen Hillevåg, ca. 2 km sør for Stavanger sentrum. Senteret er ca. 13.000 m<sup>2</sup>. Det ble på forespørsel opplyst at maks antall inne i løpet av en dag lå mellom 6-8.000 personer. Det er derfor regnet med 8.000 i løpet av en dag. Senteret har ca. 360 parkeringsplasser.

## **3.3 Metode**

Tallmaterialet fra Mosseporten er de eneste som inneholder antall personer registrert inn per time. De andre syv inneholder kun tellinger av antall personer per dag. På grunn av dette ble det behov for en fordelingsmal for å finne tettheten per tid på de forskjellige sentrene. Dette er løst ved å bruke samme personfordelingen som for Mosseporten 22. og 23. desember 2003, samt A6 centrum 23. desember 1992.

Det ble først forutsatt at alle kunder er inne i to timer, noe som gav en urealistisk høy tetthet. Begrunnelsen for dette er at i følge Brann & Sikkerhetsteknikk A/S [8], som har hatt ansvaret for brannsikkerheten til Steen & Strøm siden 1993, har tellinger<sup>1</sup> som viser at kapasiteten aldri har oversteget 30-35 % i alle kjøpesentrene de har hatt ansvar for. Det vil si at f. eks et kjøpesenter som er dimensjonert i forhold til REN for 10.000 personer, aldri har hatt mer en 3-3.500 personer inne på en gang. Ved bruk av forutsetningen, at alle oppholdt seg på senteret i to timer, ble utnyttelsen på over 50 %. Dette vil i forhold til eksempelet gi over 5.000 personer på en gang. Dette stemte dårlig med opplysningene fra Brann & Sikkerhet A/S. Videre ble det derfor forutsatt at alle var inne i halvannen time. Resultatene, ved bruk av beregnet middelværdi, viser da en utnyttelse av kapasiteten opp mot 35-39 % i forhold til REN. Det er to av sentrene som kommer opp i en slik kapasitetsutnyttelse. Begge er for øvrig Steen & Strøm senter. En kapasitetsutnyttelse på 35 % var da også det mest ekstreme tilfellet siden 1993. Det kan derfor antas at enkelte anslag er for konservative.

I tellingene fra A6 centrum, ble det antatt at alle var inne på senteret i 2 timer. For å kunne bruke personfordelingen er den omgjort til at alle oppholdt seg inne i halvannen time. Dette kun for å få tre uavhengige fordelinger fra de best besøkte dagene, slik at antall personer inne per tid er mest mulig realistisk.

Åpningstiden på senteret City Syd var fra 9 til 21, som er en time før og en time lengre enn de andre sentrene. For lettere å kunne bruke samme fordelingen ble 10 %

---

<sup>1</sup> Det benyttes to typer tellesystemer i Steen og Strøm, der det nyeste har en nøyaktighet på 98-99 %. Den eldre typen er litt mindre nøyaktig.



av maks besøkstall (26.263) trekt fra, og deretter ble halvparten plassert mellom 9-10 og andre halvparten plassert mellom 20-21.

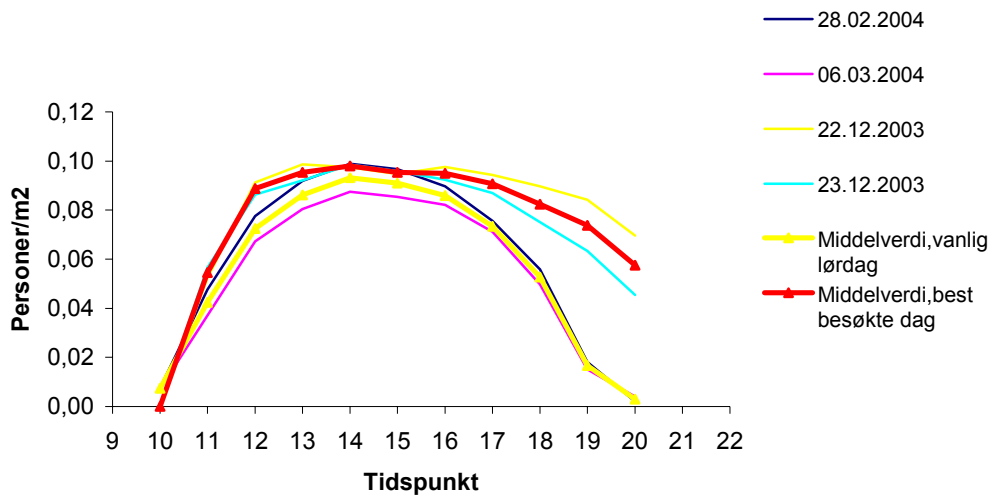
### 3.4 Resultater av tellinger

Det hadde vært ønskelig å ha flere nøyaktige tellinger fra et større antall sentre for å få et statistisk mer korrekt bilde av hva den egentlige tettheten er. I forhold til opplysningene fra Brann & Sikkerhet A/S (30-35 % av kapasitet) ligger tetthetene på ”riktig side”. Det vil si at det i hvert fall ikke er regnet med et for lite antall mennesker.

Tabell 3-1 Resultater av tellinger fra kjøpesentrene

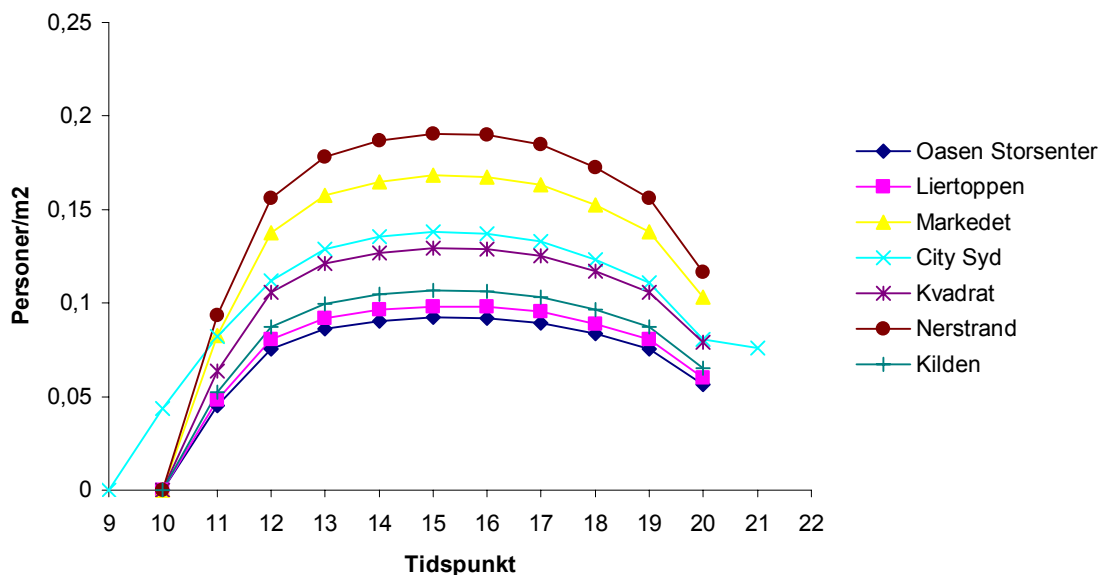
Kjøpesenter	Beliggenhet	Størrelse [m <sup>2</sup> ]	Max pers/dag	Max tetthet [m <sup>2</sup> /pers]	P-plasser
Mosseporten	Næringspark	20.000	11.883	10,15	1.000
Oasen					
Storsenter	Næringspark	32.000	17.000	10,61	1.000
Liertoppen	Næringspark	28.255	16.000	9,96	1.300
Markedet	Sentrum	11.000	10.663	5,82	400
	Bydel/næring				
City Syd	.	30.000	26.263	7,08	1.450
Kvadrat	Næringspark	40.300	30.000	7,57	2.500
Nerstranda	Sentrum	12.750	14.000	5,13	250
Kilden	Bydel	13.016	8.000	9,17	360

Tabell 3-1 viser at de to sentrene som har høyest tetthet er Nerstranda og Markedet. Det er viktig å poengtere at resultatene er basert på de mest ekstreme dagene, som forekommer noen få dager i året. Tettheten for en vanlig ukedag vil mest sannsynlig ligge mye lavere enn helgedagene og de nevnte ”ekstremdagene”. Dersom opplysningene fra Brann & Sikkerhet A/S er korrekte skulle maks tetthet ikke vært større enn 1 person per 6 m<sup>2</sup>. Av tabellen ser en at både Markedet og Nerstranda har en større persontetthet. Dette kan skyldes at antagelsen som ble gjort, at alle var inne på senteret i halvannen time, ikke er representativt for disse to sentrene. Det er også en mulighet for at åpningstidene kan ha vært lengre, noe som ville ført til at tettheten ble mindre.



Figur 3-1 Fordelingen av persontetthet per time i kjøpesenteret Mosseporten

Ut fra figur 3-1 ser en at middelveiden for 22. og 23. desember har høyest tetthet. Det er allikevel verdt å merke seg er at maks tetthet på Mosseporten ble nesten det samme på de "vanlige" lørdagene som dagene før jul. Forskjellen er at det var mye folk inne over en lengre periode på dagene før jul, mens det er en mer markert topp på de "vanlige" lørdagene. Tettheten på de "vanlige" lørdagene er 10,77 m<sup>2</sup> per person, mens det før jul lå på 10,15 m<sup>2</sup> per person. Dette er over 5 ganger mindre enn tettheten en må regne med ved bruk av de preaksepterte løsningene i REN.



Figur 3-2 En sammenstilling av persontetthet per tid for diverse kjøpesentre.



Figur 3-2 viser hvordan persontettheten per tid ble for de syv kjøpesentrene der kun antall personer per dag var kjent. Maks persontetthet varierer en del, men de to som har høyest tetthet er begge såkalte bysentre. Grunnen til det kan blant annet være at de er litt mindre enn de andre sentrene, men samtidig har god tilgang til kunder som bor i umiddelbar nærhet. Dette gjør det er lettere å stikke innom for ”raske ærend”. Større sentre er ofte lokalisert i utkanten av en by. Dette fører til at de fleste er avhengig av transport for å komme til sentrene. Hvilken type forretninger som er i senteret har også betydning. I Markedet kan en spesielt nevne vinmonopolet som gjerne har stor trafikk rundt juletider. Dette er kunder som kanskje er der kortere enn den antatte tiden på halvannen time.

### 3.5 Oppsummering

Resultatene som det er kommet fram til i dette kapitlet viser at maksimal tetthet ligger på 5,13 m<sup>2</sup> per person på Nerstranda kjøpesenter. Med bakgrunn i opplysningene fra Brann & Sikkerhet A/S (se kapittel 3.3) skulle tettheten maksimalt være rundt 6 m<sup>2</sup> per person. En grunn til dette kan være at det i denne rapporten er antatt at alle kundene var like lenge inne, det vil si 1,5 time, på alle sentrene. Dette kan selvfølgelig variere fra senter til senter, men for enkelhetens skyld ble lik tid brukt. Det er interessant å se at de to sentrene som har høyest tetthet, ligger i sentrum. Videre kan en se at tettheten på de andre sentrene ligger på ca. 7 m<sup>2</sup> per pers og mindre.

Hvis en går ut fra en tetthet på 6 m<sup>2</sup> per person, så er dette 3 ganger mindre persontetthet enn det som det må dimensjoneres for i de preaksepterte løsningene i REN. Det kan også nevnes at man ved en reform av ”*Building Code of Australia*”[9] anbefalte å benytte 6 m<sup>2</sup> per person i butikklokaler og 10 m<sup>2</sup> per person i fellesområder, ved utregning av dimensjonerende persontetthet.



## 4 TID TIL KRITISKE FORHOLD

---

### 4.1 Generelt

Det er knyttet store utfordringer til å simulere brann i et kjøpesenter grunnet store arealer og flere etasjer med åpen tilknytning til hverandre. I arbeidet med vurderingen av dimensjoneringskriteriene i REN er det ønskelig å finne tiden til kritiske forhold i et kjøpesenter. For å finne denne tiden er det tatt med utdrag fra noen andre rapporter. Det er vanskelig å finne en felles tid til kritiske forhold siden ingen sentre er helt like. Dessuten er det noen typer butikker som utgjør en større trussel enn andre med tanke på tid til kritiske forhold. Det må derfor tas hensyn til at tiden til kritiske forhold er funnet på bakgrunn av de vurderingene som er brukt i denne rapporten.

### 4.2 Definisjon av kritiske forhold

I brukermanualen til simuleringsprogrammet ARGOS[10] defineres kritiske forhold på følgende måte:

- Sikt < 10 m i rom over 100 m<sup>2</sup>  
< 3-5 m i rom mindre enn 100 m<sup>2</sup>
- Røykfri høyde < 1,6 m + 10 % av totalhøyde for rom med høyde < 3 m  
< 1,9 m (1,6 + (0,1 · 3m)) for rom med høyde > 3 m
- Temperatur i røykfri sone kommer opp i 60- 80 °C
- Varmestråling fra røyklag ≥ 2,5 kW/m<sup>2</sup> på gulvnivå
- Oksygen innhold lavere enn 15 %
- Karbondioksid [CO<sub>2</sub>] innhold høyere enn 5 %
- Karbonmonoksid [CO] innhold høyere enn 2000 ppm.

Kritiske forhold oppstår når kriteriene i et av punktene inntreffer. At kritiske forhold oppstår betyr ikke at samtlige personer i lokalet vil omkomme, men at sikker rømning ikke lenger kan garanteres. Kriteriene for kritiske forhold i de følgende rapporter er ikke nødvendigvis helt like de ovenstående, men noe tilsvarende.

### 4.3 Fullskalaforsøk i Australia

I Australia [11] er det gjort elleve forsøk i en bygning med gulvareal på 1.389 m<sup>2</sup> med takhøyde 9 meter og lengste lengde på 55,2 meter (Volum 12.500 m<sup>3</sup>). I bygningen ble det bygd opp ”rom” som skulle simulere butikker i et kjøpesenter og hallen skulle simulere det omkringliggende kjøpesenteret. Testene som ble gjort var både sprinklede og usprinklede forsøk i leketøysbutikker, lager til skobutikk, klesbutikk og en bokhandel.





### **Test 1**

For den første sprinklede testen i leketøysbutikken ble det ikke bygget opp vegger, men hyller fungerte som vegger. Tiden til kritiske forhold ble målt til 12 minutter. Da lå røyken 1,5 meter over gulvet.

### **Test 2**

Den andre testen, som var en usprinklet leketøysbutikk, omtales som en meget kraftig brann når det gjelder røykproduksjonen og lufttemperatur. Brannen ble antatt å utvikle en effekt på 25 MW og lufttemperaturen under tak nådde et maksimum på 1.200 °C. Tiden til kritiske forhold var på ca. 7 minutter da røyken begynte å komme faretruende langt ned mot gulvet.

### **Test 3**

I et sprinklet forsøk i sko lageret tok det lang tid før brannen fikk bygd seg opp. Dette skyldes trolig et relativt kompakt brennbart materiale, til tross for at det var stablet i hyller med god lufttilførsel. De konkluderer i dette forsøket med at brannen sannsynligvis ville blitt oppdaget, enten av en person eller en røykdetektor i god tid før sprinkleren slo ut.

### **Test 4**

For det usprinklede forsøket av sko lageret tok det, som i den forrige testen, lang tid før brannen bygde seg opp. Når den først "fikk tak" utviklet den seg til det kraftigste forsøket med tanke på effekten. Det ble målt en effekt på 40 MW og maks røyktemperatur på 1.320 °C. Etter 34 minutter var røyklaget ved et kritisk nivå.

### **Test 5–9**

I forsøkene med klesbutikken ble det bygd tak slik at sprinklerne kom nærmere brannen. Klærne brant kraftig, men når sprinklerne utløste ble flammene raskt kontrollert og holdt i sjakk. Brannen ble ikke slukket helt da klærne virket som skjold og beskyttet flammen mot vannet. Vanntilførselen til sprinkleren ble slått av, noe som førte til at brannen raskt tok seg opp igjen. Røyken som ble utviklet var i hovedsak damp og utgjorde i liten grad en trussel for personer som oppholdt seg i testhallen.

### **Test 10-11**

I testene med bokhandelen tok det meget lang tid for brannen å vokse seg stor. Den ville mest trolig blitt oppdaget av personer eller detektorer før den var uhandterlig for slukking uten assistanse av brannvesen. Ved utløsning av sprinkleren kom brannen raskt under kontroll og ble slukket. Røyken besto her i enda større grad av damp og utgjorde derfor ingen særskilt fare for personer som oppholdt seg i testlokalet.

Av disse ulike testene ser en hvor stor betydning sprinkler anlegget har på tiden til kritiske forhold, og for utfallet av brannen for øvrig. Testene med sprinkler, foruten leketøysbutikken, kom raskt under kontroll eller ble slukket etter at anlegget utløste. I forsøkene var det den usprinklede leketøysbutikken som kom dårligst ut med kritiske forhold etter ca. sju minutter. På grunn av den enorme røykproduksjonen fikk selv den sprinklede leketøysbutikken kritiske forhold så raskt som etter ca. 12 minutter. De



andre typene butikker hadde verken røykproduksjon eller andre faktorer som førte til kritisk forhold. Disse brannene ble enten slokket av sprinkler eller det gikk så lang tid at brannene ville blitt oppdaget og slokket.

#### 4.4 Formler for tid til kritiske forhold fra Svensk rapport

I en rapport av Angerd [7] er det blant annet gjort en regresjonsanalyse der det sees på ulike typer butikker i forhold til tiden til kritiske forhold. På bakgrunn av denne analysen utarbeidet Angerd formler for å finne tid til kritiske forhold. Faktorene som anses å ha størst betydning på denne tiden er høyde, størrelse og  $\alpha$ -verdi. Størrelsen på butikkene er henholdsvis 300 m<sup>2</sup>, 600 m<sup>2</sup> og 900 m<sup>2</sup>. De ulike størrelsene blir simulert med ulike høyder ved hjelp av simuleringsprogrammet CFAST. Fordelingen er følgende:

- 300 m<sup>2</sup> - Åtte  $\alpha$ -verdier i kombinasjon med høydene 3, 4 og 5 meter.
- 600 m<sup>2</sup> - Åtte  $\alpha$ -verdier i kombinasjon med høydene 3, 4, 5 og 6 meter.
- 900 m<sup>2</sup> - Åtte  $\alpha$ -verdier i kombinasjon med høydene 3, 4, 5, 6 og 7 meter.

Ut ifra simuleringene presenterer Angerd følgende formler for tid til kritiske forhold:

$$300 \text{ m}^2: \quad t_{\text{krit}} = 33,4 \cdot h^{0,506} \cdot \alpha^{-0,251} \quad [\text{s}] \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} &\text{hvis:} \\ &0,0029 \text{ kW/s}^2 \leq \alpha \leq 0,75 \text{ kW/s}^2 \\ &3 \text{ m} \leq h \leq 5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$600 \text{ m}^2: \quad t_{\text{krit}} = 49,8 \cdot h^{0,426} \cdot \alpha^{-0,278} \quad [\text{s}] \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} &\text{hvis:} \\ &0,0029 \text{ kW/s}^2 \leq \alpha \leq 0,75 \text{ kW/s}^2 \\ &3 \text{ m} \leq h \leq 6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$900 \text{ m}^2: \quad t_{\text{krit}} = 63,0 \cdot h^{0,386} \cdot \alpha^{-0,280} \quad [\text{s}] \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} &\text{hvis:} \\ &0,0029 \text{ kW/s}^2 \leq \alpha \leq 0,75 \text{ kW/s}^2 \\ &3 \text{ m} \leq h \leq 7 \text{ m} \end{aligned}$$

I rapporten til Angerd er det i tillegg til formlene over noen eksempler hvor røykventilasjon er tatt med, men de blir ikke kommentert her.



$\alpha$ -verdien forteller hvor raskt en brann vokser i et gitt materiale [ $\text{kW/s}^2$ ]. Det er flere faktorer som spiller inn på størrelsen av verdien. Det være seg type material, plassering, lufttilgang og lignende. I simuleringene til Angerd er  $\alpha$ -verdien oppdelt etter prinsippet om hastighet til brannen, det vil si slow, medium, fast og ultra fast. I konklusjonen av disse testene vises det til at leketøysbutikker og klesbutikker ligger noe over de andre testede butikkene, uten at det er noen stor forskjell mellom verste og beste tilfelle. Alle testene hadde en  $\alpha$ -verdi beliggende mellom medium og fast.

#### **4.5 Internasjonal konferanse om funksjonsbasert dimensjonering og brannsikkerhetsdesign.**

I juni 2000 ble de den tredje internasjonale konferansen om funksjonsbaserte løsninger og designmetoder for brannsikkerhet, holdt ved Lund Universitet i Sverige. Konferansen er et samarbeid hvor flere land blant annet ser på et felles tema. I 2000 var dette et kjøpesenter. Dette senteret skulle dimensjoneres ved hjelp av funksjonsbaserte løsninger og sammenlignes med de gjeldende preaksepterte løsningene for de deltagende land. Landene som var med på fellesprosjektet var Sverige, Australia, USA, Japan og New Zealand. [12]

Bygningen som skulle dimensjoneres bestod av fire etasjer hvorav hver etasje var på  $21.400 \text{ m}^2$ . Første og fjerde etasje var parkeringsplasser, mens andre og tredje etasje hadde et felles atrium og bestod av butikker med følgende størrelse:

- Fire store forretninger ( $2.000 - 3.500 \text{ m}^2$ )
- Tjue mellomstore forretninger ( $600 - 1.300 \text{ m}^2$ )
- Tjue små forretninger ( $100 - 300 \text{ m}^2$ )

I de to følgende underkapitler presenteres utdrag fra to av rapportene.

##### **4.5.1 Sverige**

Akseptkriteriet for denne oppgaven var at risikoen, ved bruk av funksjonsbasert metode, skulle være lik eller bedre enn de preaksepterte løsningene (I Sverige).

De to alternative løsningene ble derfor målt opp mot hverandre.

Følgende typer butikker ble ansett å være de mest kritiske ved en brann:

- Elektronikk forretning
- Dagligvare forretning
- Sengetøy forretning



For å beregne dimensjonerende personantall, i det funksjonsbaserte alternativet, ble følgende kriterier lagt til grunn:

- 0,5 personer per effektiv m<sup>2</sup> i andre og tredje etasje.
- I butikkarealer brukes 40 % som effektivt areal.
- I korridorer regnes 100 % som effektivt areal.
- 250 sitter på de forskjellige spisestedene i hver etasje.

Dette gav et maks antall på 10.400 personer.

### Preakseptert løsning:

På bakgrunn av angitte kriterier, kom de fram til følgende verdier for tiden til kritiske forhold i butikken og korridoren utenfor:

- Elektronikk forretning:
  - $t_{krit,rom} = 148 \cdot^{-0,28}$  [112 s] (4.4)
  - $t_{krit,korridor} = 543 \cdot^{0,17}$  [644 s] (4.5)
- Matvare forretning:
  - $t_{krit,rom} = 97 \cdot^{-0,26}$  [75 s] (4.6)
  - $t_{krit,korridor} = 342 \cdot^{0,17}$  [405 s] (4.7)
- Sengetøy forretning:
  - $t_{krit,rom} = 48 \cdot^{-0,21}$  [39 s] (4.8)
  - $t_{krit,korridor} = 343 \cdot^{0,18}$  [411 s] (4.9)

### Funksjonsbasert løsning:

Analysen er utført på samme måte som preakseptert løsning, men det er i tillegg tatt med to nye kriterier. Det er at rulletrappene skifter gangretning (med rømningsvei) og sprinkler. Kan også nevne at det her er mindre rømnings dørbredde. Når de nye kriteriene ble tatt med i betraktning, kom en fram til følgende for de samme butikkene:

- Elektronikk forretning:
  - $t_{krit,rom} = 689 \cdot^{-0,11}$  [617 s] (4.10)
- ”Provisions-dealer shop”:
  - $t_{krit,rom} = 252 \cdot^{-0,14}$  [219 s] (4.11)
- Sengetøy forretning:
  - $t_{krit,rom} = 64 \cdot^{-0,18}$  [54 s] (4.12)

Det oppstod ikke kritiske forhold i korridorene utenfor i de tilfellene der sprinklerne ble aktivert. Det er også tatt med en beregning av livsløpskostnad (30 år) til begge alternativer. Resultatene viste at den preaksepterte løsningen var over 5 millioner SEK dyrere enn den funksjonsbaserte ved de valgte kriteriene. Det blir konkludert med at den funksjonsbaserte løsningen oppfyller kriteriene som ble satt, det vil si at



det skulle være lik eller bedre enn de preaksepterte løsningene. For flere detaljer, se fullstendig rapport [13].

#### 4.5.2 New Zealand

I denne rapporten ble det brukt en annen måte for å komme fram til dimensjonerende personantall enn hva tilfellet var i den svenske. De ulike verdiene som ble benyttet i rapporten er som vist i tabell 4-1. Verdiene ble brukt i både preakseptert- og funksjonsbasert løsning:

Tabell 4-1 Dimensjonerende verdier for de ulike etasjene.

Etasje	Antall personer	Minimum antall dører	Vertikal evakueringsrute [m]	Horisontal evakueringsrute [m]
4	491	2	4,4	3,4
3	4065	6	36,6	28,5
2	4900	6	44,1	34,3
1	372	2	3,3	2,6

Dører brukt til evakuering skal ha en minimums høyde på 2,1 meter. Minimum bredde på rømningsveier skal være 0,9 cm/person for vertikal evakuering og 0,7 cm/person for horisontal evakuering. Minste bredde for enhver rømningsvei er 1,0 meter.

I rapporten blir det blant annet henvist til studier av branner i kjøpesentre fra Australia og USA. Disse viser at branner som er registrert kan deles inn i tre grupper:

- C1-branner: er små og begrenset til startstedet og har enten slukket av seg selv eller av personer i nærheten. Denne type brann er den mest registrerte i kjøpesentra. Disse har liten effekt på personer eller eiendom (byggningsstruktur/varer etc.).
- C2-branner: som er kontrollerte av sprinkler er forholdsvis små og har lav varmeavgivelsesrate. Denne typen er begrenset til startstedet men produserer røyk helt til de er slukket helt av sprinkler eller personer i nærheten.
- C3-branner: er mer alvorlig og kan forårsake overtenning. Disse brannene utgjør den største trusselen for personer som oppholder seg i bygget, men det hender svært sjelden at C3-branner er tilfelle.

Det er gjort, blant annet, tre brannsimuleringer. Forretningene er delt inn i størrelsene liten, medium og stor. Hver etasje i senteret ble i simuleringensprogrammet CFAST delt inn i tre deler. Det er gått ut ifra at kritiske forhold oppstår når røyklaget når en temperatur på 200 °C eller røyklaget er i en høyde av 2 meter over gulvnivå.

Resultatene fra CFAST av disse simuleringene er vist i tabellene 4-2, 4-3, 4-4.

*Tabell 4-2 Simulert tid for kritiske forhold ved brannstart i små forretninger*

Sted	Tid [min]	
	Røyklaget 2m fra gulvnivå	Røyklagstemperatur på 200°C
Etasje 2/Etasje 3		
Brannrommet	5	5
Korridorer nærmest brannrommet	14	8
Hele korridorområdet	>20	>20

*Tabell 4-3 Simulert tid for kritiske forhold ved brannstart i mellomstore forretninger.*

Sted	Tid [min]	
	Røyklaget 2m fra gulvnivå	Røyklagstemperatur på 200°C
Etasje 2/Etasje 3		
Brannrommet	8	8
Korridorer nærmest brannrommet	17	11
Hele korridorområdet	>20	>20

*Tabell 4-4 Simulert tid for kritiske forhold ved brannstart i supermarked eller store forretninger.*

Sted	Tid [min]	
	Røyklaget 2m fra gulvnivå	Røyklagstemperatur på 200°C
Etasje 2/Etasje 3		
Brannrommet	10	13
Korridorer nærmest brannrommet	19	>20
Hele korridorområdet	>20	>20

I rapporten fra New Zealand, blir det konkludert med at de personer som oppholder seg i bygget vil ha tilstrekkelig tid til å evakuere før kritiske forhold oppstår. Total evakueringsstid for bygget ved en C3 brann var ca. 24 minutter. Kritiske forhold oppstod etter ca 32 minutter da røyklaget lå 2 meter over gulvnivå. Dette gir en sikkerhetsmargin på 1,3. For flere detaljer, se fullstendig rapport [12].



## 4.6 Oppsummering

Under følger en oversikt over det som anses for å være de mest aktuelle tidene til kritiske forhold fra de foregående rapportene. I rapporten fra Angerd er det laget et eksempel, ut fra en av hennes formler, som er noenlunde tilsvarende de andre.

- I det Australske fullskala forsøket (se kapittel 4.2) ble det utført elleve forsøk i en hall på nesten 1.400 m<sup>2</sup> og en høyde på 9 m. Testene som ble gjort var både sprinklede og usprinklede forsøk i leketøysbutikker, lager til skobutikk, klesbutikk og en bokhandel. Det verste tilfellet var en leketøys butikk, uten sprinkler, hvor det ble kritiske forhold etter 7 minutter. Dette på grunn av stor røykutvikling.
- Angerd kom i sin rapport (se kapittel 4.3) fram til formler (4.1), (4.2) og (4.3) for tid til kritisk forhold. Ved å ta utgangspunkt i formelen for en butikk på 300 m<sup>2</sup> (4.1) kan en ved å anta høyde og  $\alpha$ -verdi finne tid til kritiske forhold. Høyden blir i dette eksempelet anslått til 4 meter, siden dette er en vanlig høyde i mange kjøpesenter. Ved å bruke denne høyde i kombinasjon med en  $\alpha$ -verdi på 0,19 kW/s<sup>2</sup>, som har betegnelsen ”meget rask”, blir tiden til kritiske forhold i butikken 1 minutt og 42 sekund.
- I rapporten fra New Zealand (se kapittel 4.4.1) var det verste tilfellet brann i en liten forretning. Tiden til kritiske forhold, i forretningen, ble simulert til 5 minutter. Videre tok det 8 minutter til kritiske forhold oppstod i korridoren utenfor og over 20 minutter til det oppstod kritiske forhold i hele korridorområdet.
- I den andre rapporten fra Sverige (se kapittel 4.4.2) kommer en fram til at det er i en sengetøysforretning at tiden til kritiske forhold oppstår raskest. Ved hjelp av simuleringer anslås tiden til 39 sekunder i forretningen. I korridoren utenfor oppstår kritiske forhold etter nesten 7 minutter. Det kan nevnes at med sprinkler ble tiden 54 sekund i butikken, mens det i korridoren ikke oppstod kritiske forhold.

På bakgrunn av disse eksemplene anslås det at tiden til kritiske forhold er ca. 10 minutter. Av denne tiden er rundt 7 minutter i korridoren/området utenfor forretningen og 10 minutter i hele senteret. Dette er selvfølgelig ikke en fasit for alle sentre, men en noenlunde tidsramme som vil bli brukt for å ha en tid å måle simuleringene i kapittel 5 mot. Sprinkler og røykluker er eksempler på tiltak som ville økt tiden til kritiske forhold oppstod.



## 5 SIMULERINGER

---

### 5.1 Generelt

Utfallet av en brann er avhengig av en rekke faktorer som påvirker hendelseskjeden fra et tilløp oppstår til det i verste fall fører til tap av menneskeliv. Ved å forbedre kunnskapen om hvordan mennesker beveger seg i en evakuerings situasjon, kan en redusere faren for at mennesker blir utsatt for kritiske forhold. Simuleringsprogrammer gir realistiske resultater på forflytningstiden, som er en del av total rømningstid. (Forholdet mellom forflytningstid og rømningstid er skissert i fig 2-2)

I arbeidet med å vurdere dimensjoneringskriteriene er det gjennomført flere simuleringer. Dette for å se hvordan rømningstiden forandres med ulik persontetthet og varierende total dør bredde. Simuleringene er også et ledd for å finne hvilke persontettheter som gir evakueringstider som befinner seg i, eller i nærheten av, tiden til kritiske forhold.

### 5.2 Simulex

I arbeidet med denne rapporten er simuleringsprogrammet SIMULEX benyttet. Dette programmet er forholdsvis rimelig i anskaffelse og gir like realistiske resultater på evakueringstider som andre tilsvarende programmer på markedet.

SIMULEX benytter seg av tegninger som er laget i AutoCad.

Programmet simulerer forflytningen av personer i røykfrie rom og er blant annet et godt verktøy for å se romgeometrier som er ugunstige i forhold til evakuering. SIMULEX tar hensyn til kødannelser i innsnevringer som døråpninger etc. Det er derfor egnet til å sammenligne effekten av ulike døråpningsbredder.

Et minus med programmet kan være tilfeller der personer beveger seg mot strømningsretningen i trange korridorer, trapper og rundt hjørner. Der kan det oppstå situasjoner hvor en person kan hindre et stort antall personer i å bevege seg forbi. Dette er urealistisk i forhold til en reell situasjon.

### 5.3 Valg av verdier i simuleringene

For at simuleringene skal bli så realistiske og troverdige som mulig, er det flere faktorer som må tas hensyn til. Dette er først og fremst reaksjonstiden, hvilke type personer som befinner seg i bygget og evakueringsmønsteret. I de følgende underkapitlene er anerkjente forskningsresultater beskrevet for å komplimentere parametrene benyttet i SIMULEX.



### 5.3.1 Reaksjonstid

Reaksjonstiden kan variere fra sekunder og opp til 5-6 minutter. Tiden avhenger av flere faktorer, blant annet type varslings- og alarmeringssystem. [15] Det finnes ingen hjelpemidler for fastsettelse av reaksjonstiden med samme nøyaktighet som for forflytningstiden [19]. Reaksjonstidene som blir brukt er hentet fra rapporten ”tid for utrymning vid brand” [17].

Evakuering og rømning av personer er en sammenfatning av mange faktorer. Det som gjør kjøpesentrene spesielle i forhold til evakuering er at det ofte dreier seg om store og uoversiktlige lokaler. Ved en eventuell brannsituasjon vil det være et fåtall av kjøpesenterets kunder som vil merke noe til brannen overhodet. Det er derfor av stor viktighet at alarmeringsfunksjonene fungerer og gir slik informasjon at alle i bygget både hører, forstår og reagerer raskt.

Frantzich [17] har gjort forsøk og samlet informasjon internasjonalt om emnet reaksjonstid. Forsøkene ble gjennomført ved tre IKEA varehus i Sverige. Varehusene var utstyrte med både alarmklokker og talevarslingsystem. Talevarslingen var noe ulik i de tre sentrene. I tillegg var de ansatte aktivt med i de organisatoriske tiltak. Ved IKEA Älmhult ble antall ansatte som var med på de organisatoriske tiltakene bevist noe redusert. Dette for å se om en redusert stab hadde innvirkning på rømningstiden. Tabellene nedenfor viser gjennomsnittlig reaksjonstid og maksimal reaksjonstid ved evakueringsøvelsene.

Tabell 5-1: Reaksjonstider fra evakueringsøvelse ved IKEA Ørebro (ca. 160 kunder).

	Gj.snittstid [s]	Makstid [s]
Varehusdelen	30	54
Restauranten	50	73
Kassen	50	57

Tabell 5-2: Reaksjonstider fra evakueringsøvelse ved IKEA Västerås (ca. 100 kunder).

	Gj.snittstid [s]	Makstid [s]
Varehusdelen	27	54
Restauranten	51	73
Kassen	31	57

Tabell 5-3: Reaksjonstider fra evakueringsøvelse ved IKEA Älmhult (ca. 330 kunder).

	Gj.snittstid [s]	Makstid [s]
Varehusdelen	26	50
Restauranten	62	100
Kassen	83	130



Resultatene forteller at kundene reagerte raskere i selve varehusdelen enn det de gjorde når de sto i kassen eller satt med en ”varm kopp kaffe og et rundstykke” i restauranten. I tillegg ser det ut som at en redusert innsats av organisatoriske tiltak i Älmhult gir utslag i reaksjonstidene.

Det blir også referert til forsøk fra to *Marks & Spencer* varehus i nord Irland, hvor en også har med alder til kundene. Disse to sentrene var utstyrt med alarm sirener med varierende signal. I tillegg utførte personale innøvde organisatoriske tiltak.

Tabell 5-4: Reaksjonstider for Marks & Spencer i Sprucefield og Belfast [17].

	Alder	Gj.snittstid [s]	Makstid [s]	Antall
Sprucefield	<15 år	39	47	3
	15-60 år	31	87	121
	>60 år	38	71	19
Belfast	<15 år	34	38	2
	15-60 år	32	110	103
	>60 år	46	91	65

Gjennomsnittstiden for personer under 15 og over 60 er noenlunde lik. Maks tiden for personer over 60 år er nesten dobbelt så høy som maks tiden til personer under 15 år. Derimot er personer mellom 15 og 60 noe høyere når det gjelder maksimaltid.

På bakgrunn av forsøkene anslår Frantzych en gjennomsnittelig reaksjonstid på ca. 60 sekunder eller mindre. I simuleringer gjort i denne rapporten, med programmet SIMULEX, er det derfor valgt en normalfordelt reaksjonstid på 60 sekunder pluss minus 20 sekunder

### 5.3.2 Personer i Simulex

Personene i SIMULEX kan legges inn som enkelt personer en og en, eller som en definert gruppe. I simuleringene er det benyttet grupper med definisjonen ”shoppers”. Fordelingen av de ulike persontypene i denne kategorien er 30 % kvinner, 20 % menn og 20 % barn. I tillegg er det 30 % gjennomsnittspersoner, som er en blanding av alle persontypene. Personene er definert etter størrelsen på kroppen. [23]



### **5.3.3 Menneskelig atferd**

Menneskelig atferd er viktig å ta med i bestemmelsen av risikoen i kjøpesentra, og for å få en viss innsikt i reaksjons og handlingsmønsteret til forskjellige personer.

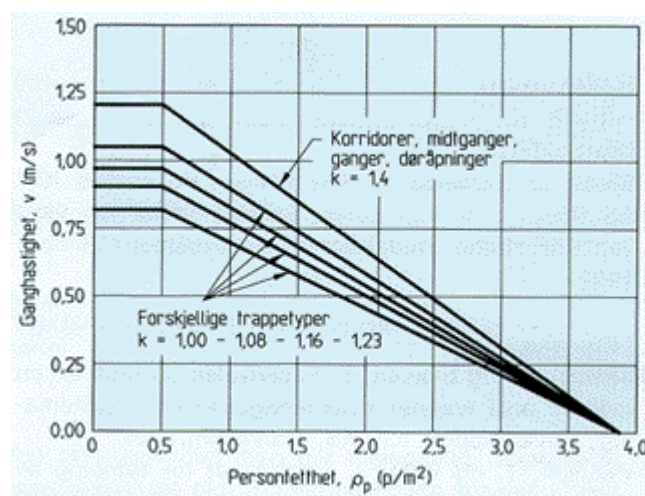
Under er det listet opp normale reaksjons- og handlingsmønster for kunder i kjøpesentre [25]:

1. Kunder er motvillige til å bruke rømningsveier, og vil heller bruke den veien de kom inn. Kundene bruker ikke rømningsveier som inngang og er dermed ikke kjent med dem. Har en ikke kjennskap til hvor de leder hen, har en heller ingen grunn til å bruke dem.
2. I nødssituasjoner er det normalt at personer spør ansatte, vektene etc. for å få informasjon og råd, eller observere handlingsmønsteret til andre personer. Ved en alarm er det normalt at personer fortsetter å handle varer eller å titte i butikkene.
3. Kunder har en tendens til å se på brannvesenet når de ankommer for å få et innblikk i hvor alvorlig situasjonen er.
4. Størstedelen av kundene vil med en gang følge instruksjoner gitt av butikkansatte, vektene og brannvesenet. Ved å stenge butikkene blir det ikke lenger attraktivt å være inne og evakueringen bli dermed raskere gjennomført.
5. Når personer blir fortalt at de skal forlate butikken, vil mange personer bevege seg til andre deler av senteret og til andre butikker, for om mulig å fortsette handelen.
6. Tester viser at butikk eiere og spesial butikkansatte motstreber å evakuere kunder såfremt det ikke er en klar fare for liv og helse, eller at de har instruksjoner til ikke å evakuere kunder ut av butikken.
7. Butikk ansatte pleier å kontakte senterledelsen først under en nødssituasjon.
8. Majoriteten av butikk ansatte vill følge instruksjoner og prosedyrer gitt av senterledelsen, sikkerhets personell, vektene og lignende.

Noen av disse reaksjonsmønstrene er ikke tatt med i simuleringene. Grunnen til dette er at de er vanskelige å simulere, samt tidsaspektet for rapporten. Punkt 1 ses på som hovedfaktor hva angår evakuering. Dette punktet er tatt med i simuleringene i form av ruter til personene. Det at det også er lagt inn toleransemål for når personer i senteret skal reagere kan sies å simulere punktene 2, 4, 5, 6 og 8 i noe grad.

### 5.3.4 Sammenheng mellom rømningstid og persontetthet

Observasjoner og eksperimenter har vist at ganghastighet for en gruppe er en funksjon av tetthet. Når tettheten er mindre en  $0,5 \text{ personer/m}^2$  er personer i stand til å bevege seg i eget tempo med en fart på rundt  $1,2 \text{ m/s}$ . Eget tempo vil si at farten ikke avhenger av bevegelsen til andre og at en har et fritt areal å bevege seg på uten restriksjoner. Med større tetthet, avtar farten lineært helt til all bevegelse stopper opp. Dette skjer når tettheten når ca.  $3,8 \text{ personer/m}^2$ . Se figur 4-1. I trapper vil bevegelseshastigheten naturlig være lavere [26].



Figur 5-1 [7] Forholdet mellom fart og tetthet.  $K$  velges i forhold til om det er bevegelse i korridorer eller trapper. Mer om  $k$  verdien i vedlegg E

Bevegelseshastigheten som benyttes i SIMULEX er omtrent de samme som nevnt over. I SIMULEX reguleres hastigheten til personene i forhold til avstanden mellom dem. Mindre avstand en  $1,5$  meter gir redusert ganghastigheten. Ved ca.  $1,5$  meter avstand mellom personene beveger disse seg med en hastighet på omkring  $1,4 \text{ m/s}$ . Hastigheten reduseres helt til den stopper helt opp når avstanden mellom personene er i underkant av  $30 \text{ cm}$ . [23]



## 5.4 Gjennomføringen av simuleringene

For å få en viss innsikt i hvordan evakuering av kjøpesentre forløper er det gjort flere simuleringer. Disse er gjort på to eksisterende kjøpesentre, et i Haugesund og et i Sarpsborg. Begrunnelsen for at disse to er valgt er størrelsen, antall plan og kjennskap til sentrene.

- ✓ Kjøpesenteret i Haugesund, Markedet, er over tre plan og alle plan har en eller flere utganger til det fri. Hovedinngangen ligger i første etasje. Kjøpesenterets areal tilgjengelig for publikum er om lag 11.000 m<sup>2</sup>. Dersom kjøpesenteret dimensjoneres i forhold til REN gir dette 5.500 personer og total dør bredde på 55 meter. Dokumentasjon fra senteret, uke 51/2003, viser prosentvis fordeling av hvilke innganger som blir benyttet. Hovedinngangen i første etasje, inngang bak i andre etasje og inngang tredje etasje med en fordeling på henholdsvis 57 %, 18 % og 14 %. Resterende innganger 11 %. En tilnærmet lik fordeling ble benyttet for gjennomføringen av simuleringene. For kjøpesenteret er hovedinngangen i første etasje den inngangen med størst andel personer inn pr. time, og derfor den utgangen hvor størst andel av personene vil benytte seg av ved en eventuell evakuering.
- ✓ Kjøpesenteret i Sarpsborg, Stopp Tune, er ca. 13.000 m<sup>2</sup> og er bygget over et plan. Dette dimensjoneres for 6.500 personer og total dør bredde på 65 meter i forhold til REN. I simuleringene med bruk av ruter er utnyttelses grad for de ulike utgangene fordelt på 50 % og 30 % på de to hovedinngangene mot parkeringsplassen. De resterende inngangene blir benyttet av 20 %.

Det er til sammen gjort 85 simuleringer. I hovedsak er det gjennomført fire typer tester. Alle testresultatene i tabellform ligger i vedlegg A

- 1. Fast dør bredde med ulik persontetthet, med og uten ruter.**
- 2. Ulik dør bredde med ulik persontetthet, med og uten ruter**
- 3. Ulik dør bredde med dimensjonerende persontetthet, med ruter**
- 4. Ulik dør bredde med 40 % av dimensjonerende persontetthet i forhold til REN, med ruter.**
- 5. Samme simulering som test 2, men med få brede utganger istedenfor mange små**

Det ble i hver test gjennomført 9 simuleringer, bortsett fra test 1 for senteret i Sarpsborg der det ble gjennomført 10 simuleringer. Dette var for å få en simulering med persontetthet lik 1 person/m<sup>2</sup>. Siden simuleringen tok flere dager, ble denne simuleringen gjort kun for dette senteret denne ene gangen. Test 1 og test 2 ble gjort på begge kjøpesentrene, mens test 3 og 4 ble kun gjort på senteret i Sarpsborg. Dette på grunn av begrenset tid. (Alle testene vil i kapittel 5 bli sett opp mot tiden til kritiske forhold ut i fra den dokumentasjonen som er funnet om emnet).



**Test 1** ble utført med fast dør bredde. Total dør bredde er 65 meter for senteret i Sarpsborg og 55 meter for senteret i Haugesund, og med varierende persontetthet fra 1 person/10 m<sup>2</sup> til 1 person/1 m<sup>2</sup>. Det interessante med denne simuleringen var å se hvordan evakueringstiden varierte med ulik persontetthet i forhold til fast bredde på dører. Se vedlegg A 10.1

**Test 2** ble gjennomført ved å variere dør bredde mot REN og varierende persontetthet. Det ble benyttet de samme persontetthetene som i test 1. Det som er interessant å se her er hvordan rømningstiden forandres ved varierende persontetthet og parameteren 1 cm/person i REN. Se vedlegg A 10.2

**Test 3** ble gjennomført med fast antall personer men med varierende dør bredde. Det er tatt utgangspunkt i dimensjonerende antall personer, altså 6.500 personer. Målet med denne testen var å se ved hvilken dør bredde rømningstiden blir så høy at den er i nærheten av tiden til kritiske forhold. Se vedlegg A 10.3

**Test 4** var den samme som test 3, men med redusering av antall personer til 40 % av dimensjonerende persontall. Bakgrunnen for dette var informasjon fra Brann & Sikkerhet AS som sa at de aldri hadde registrert mer enn 30-35 % av maks antall personer inne på en gang hos Steen & Strøm sentrene. Dette er registreringer de har gjort siden 1993. Personantallet ble derfor satt til 40 % av det dimensjonerende persontallet for å være på den sikre siden. Se vedlegg A 10.4

**Test 5** Simuleringene er gjort med bakgrunn i teorien at få brede utganger gir kortere evakueringstid i forhold til mange små. Det er her gjort ni simuleringer med dørbreder fra 65 meter til 13 meter og med personantall fra 6.500 personer til 1.300 personer. I den første simuleringen var det gitt 6 utganger istedenfor opprinnelig 31 utganger. Oversikt over dette ligger i vedlegg A 10.5

Test 3 og 4 er kjørt for å se forholdet mellom evakueringstidene for dimensjonerende antall personer i henhold til REN (6.500 personer) kontra 40 % av de (2.600 personer). Dette med bakgrunn i opplysningene fra Brann & Sikkerhet AS (se kapittel 3.3). Dette er justert opp til 40 % for å få litt mer konservative tall.

Simuleringene er både rutet og ikke rutet. At simuleringen er rutet vil si at personene som plasseres i sentrene blir tildelt trapper og dører som de skal benytte for å komme ut. Med andre ord får personene tildelt en bestemt rute de skal benytte for å komme seg ut, avhengig av hvor de er plassert i bygget. Noen av simuleringene er gjort uten bruk av ruter, dvs. at personene i bygget benytter seg av nærmeste rømningssvei. I en reell situasjon forekommer dette sjeldent, da personer i mange tilfeller ikke kjenner til nærmeste utgang. Folk bruker i liten grad utganger de ikke kjenner til eller vet hvor leder (se kapittel 4.3.3). Grunnen til at det er utført simuleringer uten bruk av ruter er for å se hvordan rømningstiden forandrer seg med ulike persontettheter og dørbreder, kontra de som er rutet.



Det er noe feilmargin i resultatene for de rutede simuleringene. Grunnen til dette er litt unøyaktighet i plassering av rutemønsteret, men det er så langt det er mulig benyttet de samme rutene i alle simuleringene for hvert kjøpesenter. Simuleringen gir viktig informasjon i arbeidet med å vurdere dimensjoneringskriteriene i REN.

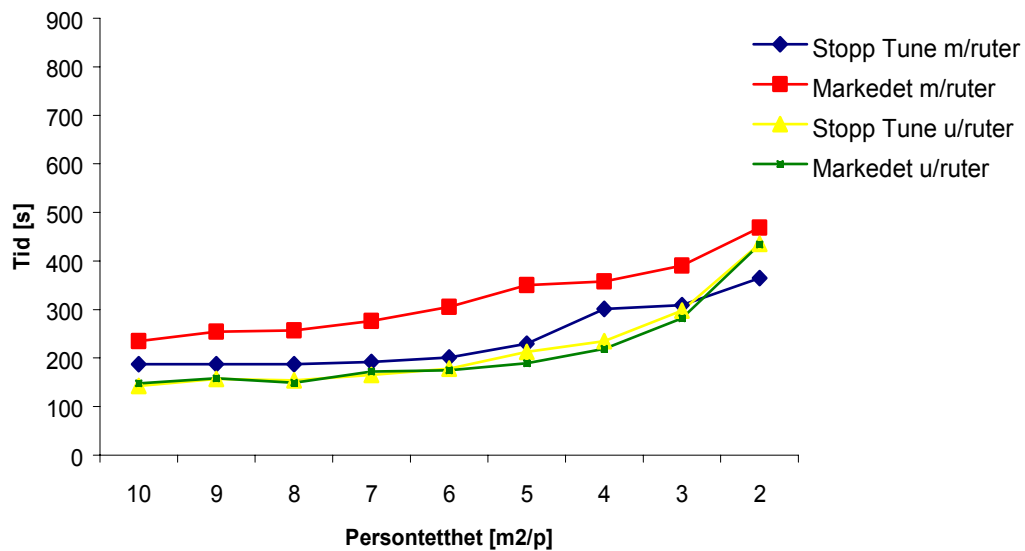
Kjøpesenteret med tre etasjer hadde større tilgjengelig areal i første etasje enn for andre og tredje, på grunn av atrium. Dette gjorde at det ble plassert flere mennesker i første etasje. Om dette er en fordeling som er lik i virkeligheten er uvisst. Det er en vet er at enkelte butikker er mer populære og vil ha flere besøkende enn andre. Dette er det i liten grad tatt hensyn til i begge sentrene. Sentrene er mer brukt som skisser for å simulere ulike persontettheter og bredder på dører.

Når det gjelder avstand mellom dører skal det, i henhold til REN, ikke være mer enn 30 meter til nærmeste utgang. I simuleringene ble dette tatt hensyn til og det var aldri mer enn 30 meter til nærmeste utgang.

Det er også gjort forsøk for å se om det er forskjell på det å ha få brede utganger i motsetning til mange smale.

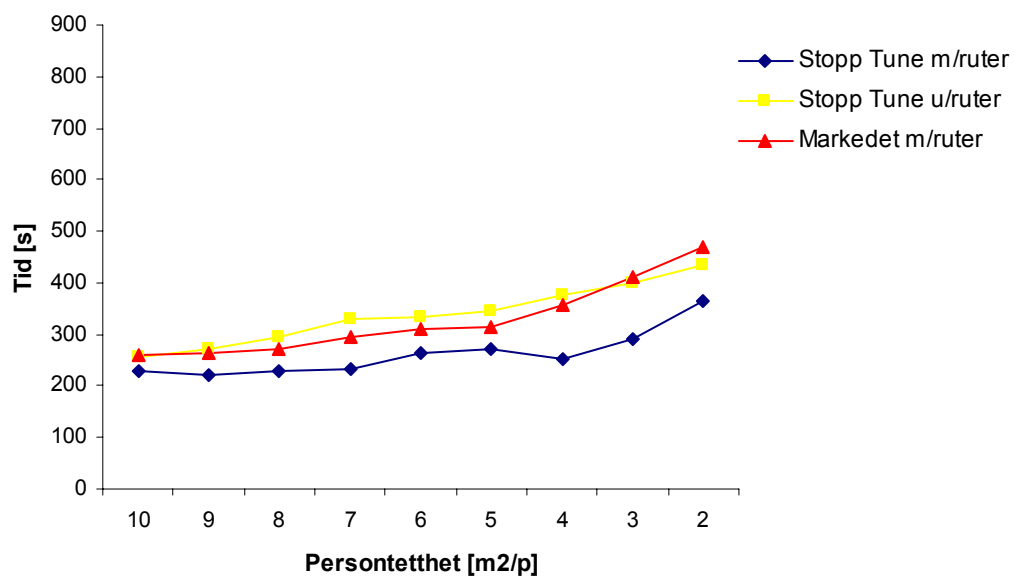
## 5.5 Resultater av simuleringene

**Test 1:** I disse simuleringene ser en at evakueringstiden er vesentlig høyere i senteret med tre etasjer kontra kjøpesenteret med en etasje. Dette på tross av at sentret med en etasje har 1.000 flere personer. Ved en persontetthet på 1 person/2 m<sup>2</sup> er det faktisk over halvannet minutt forskjell i rømningstid. Grunnen til dette kan være den store oppstuvningen foran trapper, og det faktum at en stor andel personer vil velge den veien de kom inn. Av figur 5-2 ser en også at de rutede simuleringene har lengre evakueringstid enn de ikke rutede. Det betyr at dersom personer ikke benytter nærmeste utgang vil rømningstiden øke. For å kunne foreta en raskest mulig evakuering er det derfor nødvendig at besøkende blir opplyst om hvor nærmeste utgang er. Dette kan gjøres ved god merking eller gjennom organisatoriske tiltak der ansatte er aktivt med på å markere rømningsveier.



Figur 5-2 Fast dør bredde med ulik persontetthet

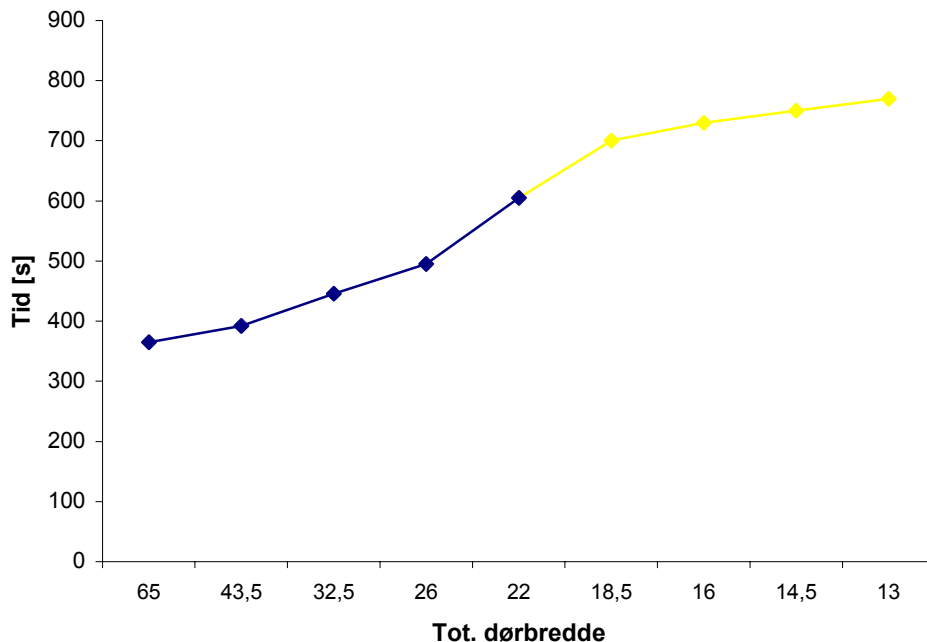
**Test 2:** Denne testen viser at selv om persontettheten økes parallelt med dørbredden, slik at forholdet mellom dørbredde og persontetthet er lik, får vi allikevel en økning i evakueringstiden.



Figur 5-3 Varierende dør bredde og varierende persontetthet

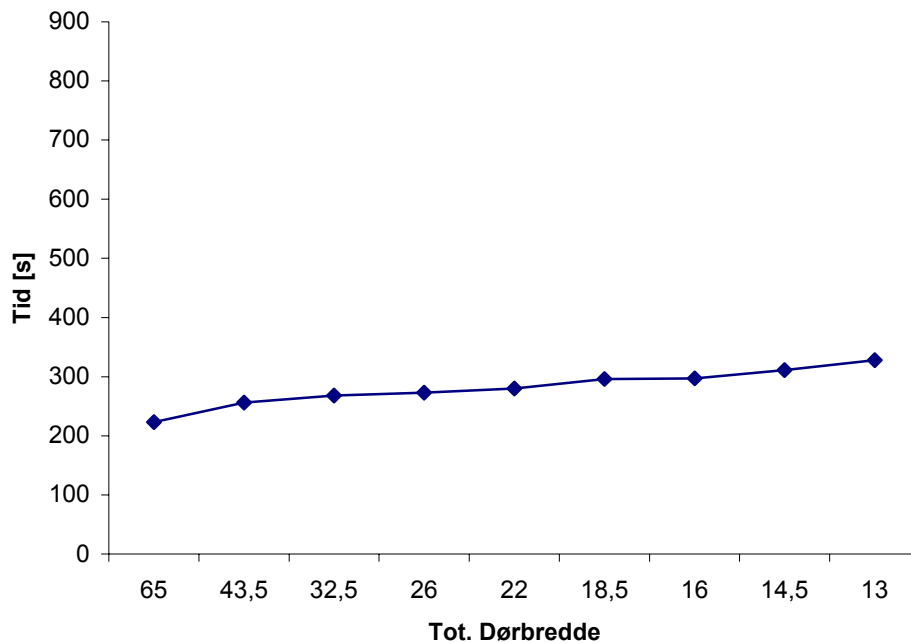


**Test 3:** Simuleringene ble stoppet etter at tiden dro seg over ti minutter. Grunnen til dette er maskinens kalkulerings tid. Maskinen brukte to dager på å kalkulere den siste registrerte simuleringen (22 meter dør bredde) i figur 5-4. Grafen i figur 5-4 gir en forholdsvis rask økning av tiden ettersom den totale dør bredden går ned. Den gule linjen viser hvordan grafen antageligvis vil fortsette. Begrunnelsen for dette er en utflating i evakueringstiden ettersom differansen mellom dør bredden reduseres. Evakueringstiden er høy fra starten av og stiger til et punkt hvor differansen mellom dør breddene blir så liten at evakueringstiden flater ut. Det er verdt å merke seg at selv med en tredjedel av dørbredden, i forhold til REN, så er alle personer ute etter ca. 10 minutter. I kapittelet 4.6, om kritiske forhold, ble det anslått en tid til kritiske forhold etter 10 minutter.



Figur 5-4 Fast persontetthet med varierende dør bredde (dimensjonerende persontetthet(REN))

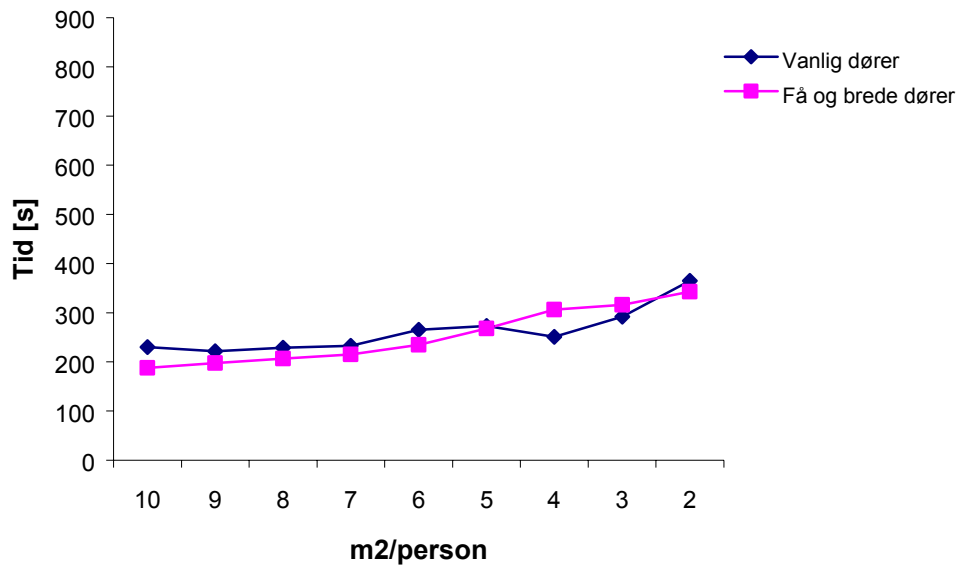
**Test 4:** Simuleringene viser at tidsdifferansen mellom en total dørbredde fra 65 meter til 13 meter er heller lav. Differansen er 105 sekund. I simuleringen for test 4 er det 2.600 personer inne på senteret. Med en dørbredde på 13 meter, som utgjør 0,5 cm per person, er total rømningstid på ca. 5 minutter.



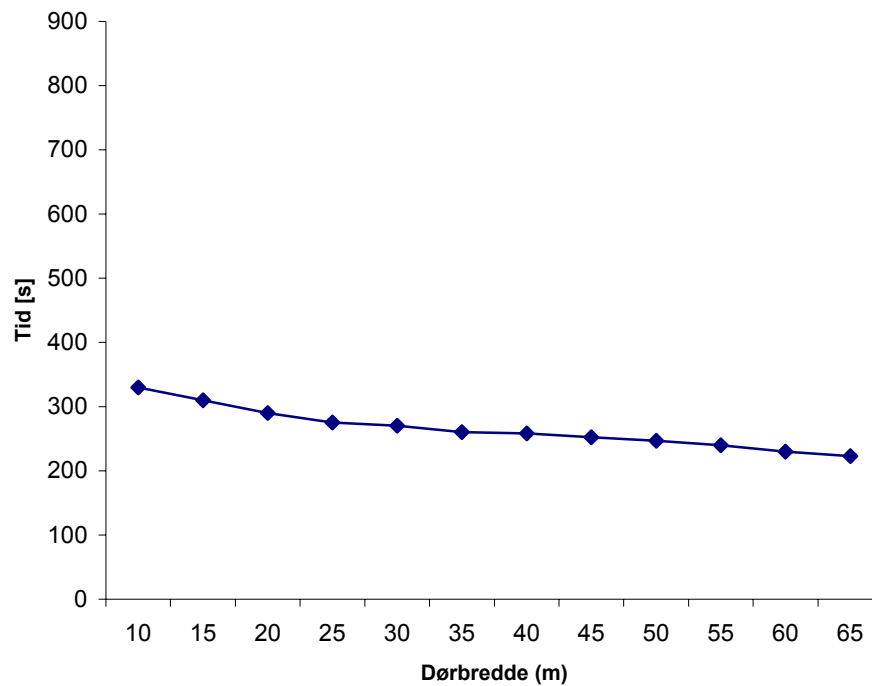
Figur 5-5. Fast persontetthet med varierende dør bredde (40 % av dimensjonerende persontetthet (REN))



**Test 5:** Resultatene med få brede dører kontra mange ”smale”, viser at det ikke er stor forskjell i rømningstid. Med tanke på at det sjelden eller aldri er høyere tetthet en 6 m<sup>2</sup>/person viser figuren at differansen er i fordel få brede dører. Dette kan tyde på at det kan være noe å hente, men at det krever mer dokumentasjon.



Figur 5-6 Få men brede dører kontra mange ”smale” dører.



Figur 5-7 Jevn differanse mellom dør breddene

Hadde det vært lik differanse mellom dør breddene hele veien vil evakueringstiden steget tilnærmet lineært. Det er ikke gjort simuleringer på dette, men en vurdering av evakueringstiden gir en graf som vist i figur 5-7. Det er tatt utgangspunkt i evakueringstidene for test 4 for å lage denne figuren



## 5.6 Oppsummering

Simuleringene er gjennomført på to ulike kjøpesentre ved hjelp av simuleringprogrammet SIMULEX. Sentrene er Markedet i Haugesund på 11.000 m<sup>2</sup> og Stopp Tune utenfor Sarpsborg på 13.000 m<sup>2</sup>. Sentrene er på henholdsvis tre og en etasje.

Det er gjort fem ulike tester for å simulere ulike aspekter rundt forholdet mellom persontetthet og dørbredde. Dette for å finne hvilke persontettheter og dørbredden som er problematiske med tanke på tiden til kritiske forhold.

I Simulex er det benyttet flere parametere for å gjøre simuleringene så realistiske som mulig. Disse parametrene er valgt på bakgrunn av tidligere dokumentasjon av menneskelig atferd, reaksjonstid osv. Det er satt inn grupper med personer som anses å representerer de som normalt befinner seg i kjøpesentrene.

Resultatene viser at evakueringstiden øker eksponentielt med persontettheten.

I simuleringene ser en blant annet at evakueringstiden er vesentlig høyere i senteret med tre etasjer kontra kjøpesenteret med en etasje. Dette på tross av at sentret med en etasje har 1.000 flere personer. Grunnen til dette kan være den store oppstuvningen foran trapper, og det faktum at en stor andel personer vil velge den veien de kom inn. Av figur 5-2 ser en også at de rutede simuleringene har lengre evakueringstid en de ikke rutede. Det betyr at dersom personer ikke benytter nærmeste utgang vil rømningstiden øke. For å kunne foreta en raskest mulig evakuering er det derfor nødvendig at besøkende blir opplyst om hvor nærmeste utgang er.

I test 1 er det simulert med fast dørbredde, i forhold til REN, og med ulike persontettheter. For markedet blir det totalt 55 meter og for Stopp Tune 65 meter rømningdører. Maks rømningstid ved 1 person per 2 m<sup>2</sup> for Markedet var 468 sekunder og 365 sekunder for Stopp Tune.

Ved en persontetthet på 1 person per 5 m<sup>2</sup>, som tilsvarer 40 % av kapasiteten, ble rømningstiden redusert med ca 2 minutter. I test 2 ble, for den samme persontettheten og 2,5 ganger mindre dørbredde, rømningstiden kun 30 sekunder lengre. Dette viser at større dørbredde enn 1 cm per person nødvendigvis ikke har så mye å si på rømningstiden, når persontettheten er lik. En grunn til dette kan være at det ikke blir noen særlig opphopning ved rømningdørene, og at rømningssavstandene er noenlunde like.

I test 3 er det simulert med 6.500 personer med ulike dørbredder. Med en døråpning som utgjør ca 0,3 cm per person, passerer den antatte tiden til kritiske forhold som ble anslått til å være 10 minutter (se kapittel 4.6). Tilsvarende gav 1 cm per person en rømningstid i overkant av seks minutter.

I test 4 er det gjort simuleringer med en persontetthet som er 40 % av kapasiteten i forhold til REN. Dette er den persontettheten som antas å være rett i overkant av den



faktiske tettheten i kjøpesentre. Simuleringene viste at en dørbredde tilsvarende 1 cm per person gav en rømningstid på ca 4,5 minutt. Ved å halvere dørbredden økte rømningstiden med 1 minutt. Selv om dørbredden ble redusert fra 65 meter til 13 meter, økte rømningstiden med kun 105 sekunder.

Et annet moment som er verdt å merke seg er at om det dimensjoneres for 40 %, det vil si 2.600 personer som ved 1 cm per person gir 26 m dørbredde, vil det selv om det skulle komme 6.500 personer ta i overkant av 8 minutter før alle er ute. Dette er 2 minutter før den antatte tiden til kritiske forhold.

I test 5 ser en at rømningstiden reduseres ved å opprette et mindre antall brede rømningsdører, i forhold til test 2, men med lik totalbredde. Et annet moment som kan tale til fordel for få brede rømningsdører, er at mennesker har en tendens til å velge godt synlige utganger.

Det mest interessante ved simuleringene er at det med en persontetthet på 40 % i forhold til REN, som antas å være noe i overkant av en reell maks persontetthet, så er rømningstidene rundt 5 minutter. Dette gir en sikkerhetsmargin på ca. 2 i forhold til antatt tid til kritisk forhold.



## 6 ANDRE RAPPORTER

---

### 6.1 Generelt

Gjennom søk på nettet og forespørsel hos personer i brannmiljøet, er det laget en liten oversikt over litteratur om temaet i denne rapporten. På nettet finnes det store mengder rapporter i forhold til brannsikkerhet, hvorav noen er aktuelle i forhold til temaet i denne rapporten. Spesielt mye rapporter fant vi hos:

Lunds Universitet i Sverige [20]

National institute of Standards and Technology [21]

Australian Building Codes Board [22]

Fire Safety Journal [24]

### 6.2 Utdrag fra andre rapporter

I det følgende er det tatt med en oppsummering fra noen av rapporter.

#### *"En studie av evakuering fra store kjøpesentre"* [18]

Rapporten presenterer resultater fra uannonserte evakueringsøvelser i fire *Mark and Spencer* kjøpesentre, to bysentre og to utenbys. I etterkant av øvelsen fikk kundene tildelt spørreskjema med spørsmål som alder, kjønn, ol. I tillegg var det spørsmål om hvordan de gjorde ulike valg under evakueringen, som for eksempel hvilken utgang de benyttet, og hvorfor.

Svarene fra disse skjemaene var grunnlag for å opparbeide en kunde profil for de ulike sentrene. Undersøkelsen gav tilnærmet lik profil på kundene for alle fire sentrene. 80 % var kvinner og 60 % var i alderen 15- 60 år.

Videre i undersøkelsen ble kundene spurt om hva som gjorde de oppmerksomme på at det var en nødssituasjon:

- ✓ 30-38 % responderte til alarmen
- ✓ 45-53 % ble informert av ansatte
- ✓ 11-21 % så andre bevege seg mot nødutgang

Dette viser effekten av å ha et alarmsystem i tillegg til gode organisatoriske tiltak som utføres av de ansatte i senteret.

De ble også spurt om hovedgrunnen til valget av utgang:

- ✓ 14-30 % valgte en kjent utgang



- ✓ 29-70 % benyttet nærmeste utgang
- ✓ 13-33 % brukte utgangen de ble henvist til av ansatte

Det kom også tydelig frem at en stor del av nødutgangene ikke ble benyttet. Evakueringstidene på de fire sentrene varierte fra 131- 240 sekunder. I bygningen med lengst evakueringstid viste videoopptak at mange kunder sto i kø for å ta rulletrapp. Det oppsiktsvekkende var at kundene stod i en kø som gikk forbi en godt merket nødutgang!

### ***”En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionbaserade krav” [27]***

Temaet i rapporten er beregning av rømningstid. Det blir beskrevet en modell for beregningen der en deler opp rømningsprosessen i tre deler:

- ✓ varsling,
- ✓ beslutnings- og reaksjonstid
- ✓ forflytting.

Rapporten henviser til data på ganghastighet fra forsøk av interesse for denne rapporten. Det er også med en oversikt over tilsvarende litteratur på området. De ulike områdene som tas opp er ganghastighet i trapper, gjennom dører, vinduer og horisontale ganger. Menneskelig oppførsel ved brann er også et tema. Det er gjort en undersøkelse blant brannbefal i Sverige, der de blir bedt om å anslå reaksjonstiden hos folk. Til slutt i rapporten er det med noen ulike strategier for rømning.

### ***”Utrymningvägars fysiska kapacitet” [28]***

Rapporten omhandler rømningsveier med fokus på fysisk kapasitet. Grunnlaget for dimensjonering av rømningsveier er ikke endret i vesentlig grad på lengre tid. Dette til tross for at brannforløp er endret i takt med at nye material typer brukes ved nyoppførte bygg og ombygging av eksisterende bygninger. For å kunne dimensjonere rømningsveier på et relevant vis, kreves tilgang til blant annet informasjon om hvor raskt mennesker beveger seg i ulike situasjoner. Rapporten redegjør for den tilgjengelige kunnskapen på området personflyt i rømningssituasjoner.

Det blir også redegjort for, på en enkel måte, hvordan ganghastigheter og personflyt beregnes for ulike typer forbindelser.

Ganghastigheten som benyttes ved dimensjonering av rømningsveier, uten røyk, er for horisontale forbindelser 0,8 – 1,2 m/s. Bevegelse nedover i trapper 0,5 – 0,8 m/s, og oppover i trapper 0,4 – 0,6 m/s. For døråpninger kom det fram at det kapasitetsmessig er mer fordelaktig å ha et færre antall brede rømningsveier sammenlignet med et større antall smalere. Dette til tross for at den totale dør bredden er den samme.





### ***“Rømning og personsikkerhet i forsamlings- og salgslokaler” [14]***

Rapporten omhandler krav i landene Danmark, Sverige, USA, Tyskland og England, sammenlignet med de norske. I tillegg inneholder den noe om hvordan mennesker reagerer i krisesituasjoner. Et moment flere forskere er enige i, er at vi sjelden oppfører oss slik som forskriftene forutsetter. Følgende handlingsmønster nevnes:

- ✓ Vi rømmer ut den vegen vi kjenner best, eks. hvor vi kom inn.
- ✓ Vi rømmer gjerne i den retning vi ser flertallet beveger seg i.
- ✓ Folk trenger minst to ”signal” før de reagerer.
- ✓ Panikk opptrer sjelden. Begrepet blir lett misbrukt, spesielt i pressen. Panikk oppstår idet en innser at det ikke er mulighet eller tid for å komme seg i sikkerhet.

Videre i rapporten er det gjort en vurdering av Byggeforskrift 1987. Spesielt nevnes at breddekravet til rømnings dører er godt over det andre land krever, (med noen unntak). Det konkluderes ikke i rapporten hva et fornuftig breddekrav bør være.

### ***“Fire safety in shopping centre” [9]***

Konstruksjonen og utbygging av store kjøpesentre er et kommersialisert område som det aktivt følges med på i Australia. Det er en mistanke om at noen aspekt i de aktuelle lovbestemmelsene for slike bygg muligens er unødvendig strenge. De påfører finansielle byrder for byggherre og eier. Dette er byrder som ikke kan relateres til økt sikkerhet ved brann i slike bygg.

Rapporten tar for seg følgende områder:

- ✓ Aktuelle BCA bestemmelser.
- ✓ En oversikt over temaet ”brannsikkerhet for kjøpesentre”.
- ✓ Resultat fra branntester.
- ✓ Effekten av sprinkler.
- ✓ Menneskers respons og bevegelse.
- ✓ Røykkontroll.
- ✓ Bygningsstruktur.

Statistisk data fra USA, og mer begrenset data fra Australia, viser at kjøpesentre ikke representerer noen stor fare for liv ved brann. Gjennomsnittlig dødsrate for slike bygg i USA indikerer en sannsynlighet for dødsfall på 0,74 per 1.000 rapporterte branner. En høy andel av de omkomne var folk som sov eller direkte var involvert i påtenningen.

Dersom besøkende i kjøpesentre er våkne og påpasselige, er det lite sannsynlig at de vil omkomme i brann.

Brann opptrer normalt i løpet av timene sentrene er åpne. Dette på grunn av stor belastning på det elektriske, oppvarming, matlaging og bruk av apparater. Størstedelen av disse brannene blir detektert av besøkende, og slokkes før de vokser



utover området der brannen starter. Dette er små branner, med og uten uttrykking av brannvesen. Besøkende har derfor stor innvirkning på begrensingen av branner i disse bygningene.

Det kan også nevnes at det i rapportens appendix 10.4 anbefales å bruke 6 m<sup>2</sup> per person i butikker og 10 m<sup>2</sup> per person i fellesarealer for beregning av persontettheten. Dette med utgangspunkt i et opptil fire etasjes sprinklet kjøpesenter, i forhold til Building Code of Australia – BCA 1996.

### ***”Simulated Shopping Centre Fire Tests” [11]***

Arbeidet beskrevet i denne rapporten var satt i gang som en del av undersøkelsene i forbindelse med reformen av Australias *fire Code*. Prosjektets mål var å studere faktorer som spilte inn på brannsikkerheten i kjøpesentre, med hensikt å utvikle kosteffektive bestemmelser. Som en del av dette prosjektet ble det utført elleve fullskala tester (for flere detaljer, se kapittel 5.2). Dette for å undersøke effekten av brann i ulike typer butikker i kjøpesentre. Hovedmålet var å finne ut størrelsen på røykproduksjonen, samt verdier og varighet for maks luft temperatur. Målingene tatt i disse testene var temperaturer, stråling og sikt i ulike posisjoner. Tiden til sprinkler løste ut ble også målt.

To av testene ble gjennomført i en lekestøysbutikk og to i en skobutikk. Både sprinklet og ikke sprinklet ble vurdert. De ikke sprinklede testene resulterte i svært intense branner som produserte store mengder tykk sort røyk. Videre ble det gjort fem sprinklede tester i en klesforretning. Til slutt ble det gjort to sprinklede tester for å undersøke røyk produksjon i papir- og bok foretninger. Det kom frem at, inntil sprinkler ble aktivert, vokste brannen i klesforretningen mye raskere enn i bokforretningen. Røykproduksjonen i begge disse tilfellene var mye mindre enn i de sprinklede testene for leketøys- og skoforretningene. Grunnen var at det brennbare i disse foretningene var lagret i hyller der sprinklervannet ikke fikk direkte tilgang til brannstedet.

### ***”Tid för utrymning vid brand” [17]***

Målet med denne rapporten var å beskrive hvordan mennesker oppfører seg ved evakuering ut i fra et internasjonalt perspektiv, komplimentert med ny kunnskap. I følge Frantzich, har forskningen på området gått fra å studere ganghastigheter til å se på hvordan mennesker reagerer og hvordan dette kan modelleres.

I rapporten undersøkes det hvor lang tid reaksjonstiden er av samlet rømningstid. Det er også fokus på hvilke ytre faktorer som påvirker og hva som kan gjøres for å forkorte denne tiden.



Det er gjennomført en rekke forsøk for å få en indikasjon på reaksjonstiden med forskjellige tiltak, samt henvisninger til andre rapporter om temaet. Det er også sett på effekten av organisatoriske tiltak samt effekten av ulike alarmsystem.

En av rapportens mest interessante del er forsøkene på tre IKEA-varehus. Kundene og de fleste av personalet var ikke informert om forsøkene for å få til en mest mulig reell situasjon. Det var montert opp kameraer slik at reaksjonen til den enkelte kunde kunne studeres i ettertid. Det ble også benyttet en undersøkelse for å få kundenes subjektive vurdering. Reaksjonsmønsteret til menneskene stemmer bra med annen litteratur. De oppfører seg fornuftig og ved hjelp av organisatoriske tiltak ligger reaksjonstiden på ca. 1 minutt og mindre. Ifølge Frantzich gjelder forsøkene i prinsipp bare for de forholdene som var der og da, men det er noen tendenser som går igjen.

Tabell 6-1 (Tabell 39, side 101)

Type alarm	Reaksjonstid [Min]
Ingen alarm	04:00
Ringeklokke	03:30
Enkel talemelding	02:00
Informativ talemelding	01:00

Tabellen viser tidene som Frantzich anser som et rimelig anslag for reaksjonstid. Tidene gjelder for en person som handler i en butikk. En interessant observasjon på IKEA varehuset i Almhult, var at rømningsdører som lå i linje med ”gangstreker” som leder kundene rundt i senteret, ble brukt av flere kunder. Det kan tyde på at plasseringen av rømningsdører også er viktig. Det blir anbefalt at de rømningsveiene som forventes å bli mest brukt, må ha større kapasitet og være godt synlige.

### 6.3 Oppsummering

Det finnes en del rapporter innefor temaet om brannsikkerhet i kjøpesentre. Mange av dem er utarbeidet på grunnlag av ulike simuleringsprogrammer. I en del rapporter blir det etterlyst resultat fra fullskalforsøk som kunne vært med på å verifisere resultat av simuleringer.

Rapportene det er gjort referat av her er ikke direkte sammenlignbare. Derfor er det laget en liste med noen av resultatene som er omtalt i rapportene.

- ✓ Ved en nødssituasjon responderer 45-53 % etter innformasjon av ansatte.
- ✓ Ved en nødssituasjon benyttet 29-70 % nærmeste utgang.
- ✓ Mange nødutganger blir ikke benyttet ved evakuering.
- ✓ Kapasitetsmessig er det mer fordelaktig med færre brede rømningsveier enn med et større antall smale.
- ✓ Branner i kjøpesentre oppstår normalt i løpet av timene sentrene er åpne.
- ✓ Australsk rapport anbefaler å bruke 1 person per 6 m<sup>2</sup> i butikker og 1 person per 10 m<sup>2</sup> ved dimensjonering av persontetthet.



## 7 DISKUSJON

---

Formålet med denne rapporten er å gjøre en vurdering av dimensjoneringskriteriene for kjøpesenter, i REN, basert på persontettheten. I forhold til de preaksepterte løsningene i Norge skal persontettheten i et salgslokale dimensjoneres for 1 person per 2 m<sup>2</sup>, å ha en dørbredde som tilsvarer 1 cm per person [1]. Dette er verdier som prosjekterende branningeniører er skeptiske til og butikkfolk enda mer. Det sies at det aldri er så mye folk på sentrene, og om det hadde vært tilfelle ville de vært ”søkkrike”.

Det er klart at det i en preakseptert løsning er ”innbakt” en sikkerhetsmargin som gjør at de skal kunne brukes på alle mulige kjøpesenter. Spørsmålet blir da hvor stor sikkerhetsmarginen skal være? Slik som sikkerhetsmarginen defineres i dag kan en si at designen til et objekt er akseptabel dersom sikkerhetsmarginen er positiv. På den andre siden, er sikkerhetsmarginen negativ blir designen regnet for uakseptabel.

I den historiske oversikten viste det seg at kriteriene har vært omtrent like så lenge det har eksistert kjøpesenter i Norge [4]. Faktisk ble de enda strengere i 1997 da det i 3.utgaven av veiledningen til Teknisk forskrift '97, til Plan og bygningsloven, ikke lenger var mulig å trekke fra løse vegger etc. En side som er verdt å nevne er at det i dag er bedre branntekniske materialer, mer sprinkler, automatisk brannalarmanlegg m/talemelding, organisatoriske tiltak med mer.

Sammenlignet med andre land, gir kravene i Norge mer dørbredde. I forhold til for eksempel Danmark og Sverige gir kravene i Norge en tredjedel mer total rømningsdørbredde [14]. Til tross for dette er det lite sannsynlig at de norske sentrene er sikrere. Det er mer sannsynlig at den dimensjonerende persontettheten som legges til grunn fører til unødvendig stor rømningsdørbredde.

I de preaksepterte løsningene legges 1 person per 2 m<sup>2</sup> til grunn, mens den faktiske tettheten sannsynligvis ligger rundt 1 person per 6 m<sup>2</sup> [8]. Til tross for litt lite tallmateriale kan det tyde på at denne verdien er mer reell. Denne verdien er da også lik det som ble anbefalingen etter en reform av de Australiske byggereglene. Det må selvfølgelig taes med i betraktningen at det er en mulighet for at det kan bli en høyere persontetthet i fremtiden.

Tiden til kritiske forhold for et kjøpesenter er avhengig av en rekke faktorer. Det være seg type butikker, utforming på senter og forskjellige typer sikkerhetstiltak som sprinkler, røykluker etc. For å ha en tid å ”måle” simuleringene opp mot er det gjort et anslag for tid til kritiske forhold på 10 minutter. Tiden ble anslått med bakgrunn fra diverse rapporter om emnet. Dette er selvfølgelig ikke en fasit for alle sentre men en ca vurdering.

Det er gjennomført simuleringer på to ulike senter for å finne rømningstidene ved ulike dørbredder og tettheter. I simuleringene ser en blant annet at evakueringstiden er vesentlig høyere i senteret med tre etasjer kontra kjøpesenteret med en etasje. Dette på tross av at senteret med en etasje har 1.000 flere personer. Grunnen til dette kan blant



annet være den store oppstuvningen foran enkelte trapper på grunn av lavere ganghastighet.

Noe av det mest interessante ved simuleringene er at det med en persontetthet på 40 % i forhold til REN, som antas å være noe i overkant av en reell maks persontetthet, så er rømningstidene rundt 5 minutter. Dette gir en sikkerhetsmargin på ca. 2 i forhold til antatt tid på 10 minutter til kritisk forhold. Denne simuleringen ble kun utført på senteret på et plan. Det må også kommenteres at rømningstidene sannsynligvis vil bli lengre dersom for eksempel en hovedinngang er sperret av en eventuell brann. I den andre enden vil innslag av sprinkler, røykluker etc, føre til lengre tid til kritiske forhold.

Simuleringene viste også at dersom senteret var dimensjonert for 2.600 personer som igjen gav 26 meter dørbredde, så ble evakueringen av 6.500 mennesker gjennomført på ca. 8 minutt. Dette er selvfølgelig lengre tid enn evakuering av 2.600, men tiden er godt under anslått tid til kritiske forhold. Det er mulig at simuleringene har en viss feilmargin, men de viser i det minste en trend.

Det er gjort simuleringer der en ser på rømningstiden med få brede dører kontra mange små. Simuleringene viser ca. 20 sekunder differanse til fordel for få men brede dørene. En annen fordel som det hadde vært interessant å studere nærmere, er virkningen av at de er mer synlige enn mindre dører. Et minus kan være noe lengre rømningsavstand og redusert rømningskapasitet dersom en brann sperrer en av de store dørene.

En ting som er vanskelig å måle, men som sannsynligvis har betydning, er effekten som ekstra personell har på en eventuell evakuering. Et spørsmål er om det er mer korrekt å dimensjonere etter hva tettheten er gjennom 99 % av året, og heller øke vaktholdet på de mest ekstreme dagene.

Det finnes en del rapporter innenfor temaet om brannsikkerhet i kjøpesentre. Mange av dem er utarbeidet på grunnlag av ulike simuleringsprogrammer. I en del rapporter blir det etterlyst resultat fra fullskalforsøk som kunne vært med på å verifisere resultat av simuleringer.



## 8 KONKLUSJON

---

I kapitlene 1-6 er det så langt det er mulig gjort en vurdering av dimensjoneringskriteriene for kjøpesenter med tanke på persontetthet og dørbredde. I dette kapitlet vil det derfor komme konklusjoner som kan være med å bidra til funksjonsbaserte løsninger for fremtidig dimensjonering av kjøpesenter.

Det som er gjennomgangstemaet i rapporten, gjennom tellinger og dokumentasjonen som er innhentet på området er at persontettheten aldri er høyere enn 5-6 m<sup>2</sup> per person. Dette i seg selv gjør at en må stille spørsmålstegn ved dagens dimensjonering da den virker å være i overkant konservativ. Ser en til nabolandene våre, Sverige og Danmark, viser det seg at mann ved bruk av dimensjoneringskriteriene i Norge får en total rømningsdørbredde som er en tredjedel større enn hos våre naboer. Tellinger fra de forskjellige sentrene som det er innhentet data fra, tyder på at den maksimale persontettheten er litt i underkant av 1 person per 6 m<sup>2</sup>.

Simuleringene, målt opp mot antatt tid til kritiske forhold, viste at personer ikke ble utsatt for kritiske forhold selv med en persontetthet lik 1 person per 2 m<sup>2</sup>. Dette selv med en dørbredde mindre enn 1 cm per person. Ved å bruke en persontetthet på 5 m<sup>2</sup> per person, og 1 cm dørbredde per person, viste simuleringene en rømningstid på rundt 5 minutter. Dette gir en sikkerhetsmargin på omtrent 2.

Plassering og utformingen av sentrene er også av betydning. Simuleringene viste at evakueringstiden er noe lengre for kjøpesenter med mer enn en etasje. Det er også av betydning om senteret ligger i sentrum av en by eller på utsiden, i bydeler, næringsparker og lignende. Det viste seg at persontettheten i de to sentrumsnære sentrene var høyere enn for utenbys sentre.



## 9 REFERANSER

---

1. Statens byggt tekniske etat, Byggeregler [www.be.no](http://www.be.no)
2. Lovdata, Plan- og bygningsloven [www.lovdata.no](http://www.lovdata.no)
3. Granli, A. et al., (2002) **Risikoanalyse av jernbanekulvert ved Oslo Lufthavn Gardermoen**. Haugesund, Hovedprosjekt HSH.
4. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap [www.dsb.no](http://www.dsb.no)
5. National Fire Protection Association, (2000) **NFPA 101: Life safety code**.
6. International code council Inc. (2003) **International Building Code**.
7. Magdalena Angerd, (1999) **Är utrymningschablonerna vid brandteknisk dimensionering säkra?**. Lund
8. Jarl Tønning, Brann & Sikkerhetsteknikk A/S
9. Bennetts I.D. et al., (1998) **Fire safety in shopping centres**. [www.abcb.gov.au](http://www.abcb.gov.au). Australia, Fire Code Reform Program
10. Deibjerg Thomas et al., (2003) Argos user`s Guide. Dansk institutt for brann og sikkerhet.
11. Bennetts I.D. et al., (1997) **Simulated Shopping Centre Fire Tests**. [www.abcb.gov.au](http://www.abcb.gov.au) Australia, Fire Code Reform Program
12. **The 3rd international conference on performance-based codes and fire safety design methods 2000**. Lund universitet, Sverige.
13. Lotta Anderson og Fredrik K. Olsson, (2000) **Fire Safety Design of a Large Shopping Mall Using Extended Quantitative Risk Analyses, Volume 1**, Lund Universitet, Sverige
14. Arnstein Hoff, (1990) Rømning og personsikkerhet i forsamlings- og salgslokaler. Trondheim (NTH)
15. Rita F. Fahy et al., (2001) **Toward creating a database on delay times to start evacuation and walking speed for use in evacuation modelling**. Proceedings of the 2nd international Symposium on: Human Behaviour in Fire 2001



16. Carol Caldwell et al., (2000) **Fire safety Design of a Multi-Storey Shopping Mall, Volum 2.** Lund universitet, Sverige.
17. Håkon Frantzich, (2001) **Tid för utrymning vid brand.** [www.lu.se](http://www.lu.se), Lund
18. T.J. Shields og K.E. Boyce, (2000) **A study of evacuation from large retail stores.** [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) Fire safety journal, vol 35, 25-49
19. Bodil Aamnes Mostue (2000) **Brannkatastrofen i Göteborg 29. oktober 1998. Muligheter for en tilsvarende brann i Norge.** [nbl.sintef.no/reports/report\\_dir/rapportA99829.pdf](http://nbl.sintef.no/reports/report_dir/rapportA99829.pdf)
20. Lunds Universitet i Sverige [www.lu.se](http://www.lu.se)
21. National institute of Standards and Technology <<http://www.bfrl.nist.gov>>
22. Australian Building Codes Board [www.abcb.gov.au](http://www.abcb.gov.au)
23. Integrated Environmental Solutions Ltd, (1998) **Simulex user manual**, Glasgow
24. Drysdal D., Fire Safety Journal [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)
25. Bennetts I.D. et al., (1998) **Fire safety in shopping centres.** [www.abcb.gov.au](http://www.abcb.gov.au). Australia, Fire Code Reform Program
26. Philip J. DiNunno et al., (2002) **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition.** USA, National Fire Protection Association
27. Håkon Frantzich, (1994) **En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionbaserade krav.** Lund.
28. Håkon Frantzich, (1993) **Utrymningvägars fysiska kapacitet.** [www.lu.se](http://www.lu.se) Lund.





## 10 VEDLEGG A TABELLER TELLINGER

### 10.1 Mosseporten

Besøksstall 22 desember  
2003, Mosseporten

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Inngang		09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum/inngang
A		0	137	140	174	145	167	185	175	145	148	112	1528
B		0	396	443	483	445	417	432	356	375	346	300	3993
C		0	514	718	665	698	668	710	694	662	598	435	6362
Personer inn/time		0	1047	1301	1322	1288	1252	1327	1225	1182	1092	847	11883
		0	0,0881	0,1095	0,1113	0,1084	0,1054	0,1117	0,1031	0,0995	0,0919	0,0713	

Besøksstall 23 desember  
2003, mosseporten

Inngang	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum
A	0	139	159	151	157	151	174	193	136	111	77	1448
B	0	391	369	447	422	473	350	325	324	283	224	3608
C	0	602	633	664	760	624	701	608	480	403	208	5683
Personer inn/time	0	1132	1161	1262	1339	1248	1225	1126	940	797	509	10739
(Pers.inn/time)/sum tot	0	0,1054	0,1081	0,1175	0,1247	0,1162	0,1141	0,1049	0,0875	0,0742	0,0474	

Andel personer/time A6		0,0310	0,0730	0,0960	0,1100	0,1200	0,1240	0,1230	0,1230	0,1140	0,0870	
Andel personer/time A6 (to timer lenger oppe)	0,05	0,0279	0,0657	0,0864	0,0990	0,1080	0,1116	0,1107	0,1107	0,1026	0,0783	0,05



## 10.2 Oasen Storsenter

### Besøktall, Oasen Storsenter

Besøktall, beste

dag 17000 pers

Størrelse 32000 m<sup>2</sup>

### Fordeling ift Mosseporten

**22.12.03**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1498	1861	1891	1843	1791	1898	1753	1691	1562	1212	17000
Personer inne/tid	0	1498	3359	3753	3734	3634	3690	3651	3443	3253	2774	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0468</b>	<b>0,0582</b>	<b>0,0591</b>	<b>0,0576</b>	<b>0,0560</b>	<b>0,0593</b>	<b>0,0548</b>	<b>0,0528</b>	<b>0,0488</b>	<b>0,0379</b>	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0468</b>	<b>0,1050</b>	<b>0,1173</b>	<b>0,1167</b>	<b>0,1136</b>	<b>0,1153</b>	<b>0,1141</b>	<b>0,1076</b>	<b>0,1017</b>	<b>0,0867</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0468</b>	<b>0,0816</b>	<b>0,0882</b>	<b>0,0871</b>	<b>0,0848</b>	<b>0,0873</b>	<b>0,0844</b>	<b>0,0802</b>	<b>0,0752</b>	<b>0,0623</b>	
<b>m<sup>2</sup>/ pers</b>	<b>11,34</b>											

### Fordeling ift Mosseporten

**23.12.03**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1792	1838	1998	2120	1976	1939	1782	1488	1262	806	17000
Personer inne/tid	0	1792	3630	3836	4117	4095	3915	3722	3271	2750	2067	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0560</b>	<b>0,0574</b>	<b>0,0624</b>	<b>0,0662</b>	<b>0,0617</b>	<b>0,0606</b>	<b>0,0557</b>	<b>0,0465</b>	<b>0,0394</b>	<b>0,0252</b>	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0560</b>	<b>0,1134</b>	<b>0,1199</b>	<b>0,1287</b>	<b>0,1280</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1163</b>	<b>0,1022</b>	<b>0,0859</b>	<b>0,0646</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0560</b>	<b>0,0854</b>	<b>0,0911</b>	<b>0,0975</b>	<b>0,0949</b>	<b>0,0915</b>	<b>0,0860</b>	<b>0,0744</b>	<b>0,0627</b>	<b>0,0449</b>	
<b>m<sup>2</sup>/ pers</b>	<b>10,26</b>											



## Fordeling ift A6 23.12.92,

faktor:

0,815

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Pers inn/time A6	0	1293	1607	2248	2212	2632	2408	2561	2420	2207	1265	20852
Personer inne/tid A6	0	1293	3040	3995	4600	4984	5180	5109	5121	4767	3612	
Pers inn/time Oasen	0	1054	1309	1832	1803	2145	1962	2087	1972	1799	1031	16994
Personer inne/tid Oasen	0	1054	2478	3256	3749	4062	4222	4164	4174	3885	2944	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0329</b>	<b>0,0409</b>	<b>0,0573</b>	<b>0,0563</b>	<b>0,0670</b>	<b>0,0613</b>	<b>0,0652</b>	<b>0,0616</b>	<b>0,0562</b>	<b>0,0322</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0329</b>	<b>0,0774</b>	<b>0,1017</b>	<b>0,1172</b>	<b>0,1269</b>	<b>0,1319</b>	<b>0,1301</b>	<b>0,1304</b>	<b>0,1214</b>	<b>0,0920</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0329</b>	<b>0,0592</b>	<b>0,0795</b>	<b>0,0867</b>	<b>0,0970</b>	<b>0,0966</b>	<b>0,0977</b>	<b>0,0960</b>	<b>0,0888</b>	<b>0,0621</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>10,24</b>											

<b>Middelfordeling, Oasen Storsenter</b>	<b>0</b>	<b>0,0452</b>	<b>0,0754</b>	<b>0,0863</b>	<b>0,0904</b>	<b>0,0922</b>	<b>0,0918</b>	<b>0,0894</b>	<b>0,0835</b>	<b>0,0756</b>	<b>0,0564</b>	
<b>Middel m2/pers</b>	<b>10,61</b>											



## 10.3 Liertoppen

### Besøksstall,

### Liertoppen

Besøksstall, beste

dag 16000 pers

Størrelse 28255 m<sup>2</sup>

### Fordeling ift Mosseporten

#### 22.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1687	1730	1880	1995	1859	1825	1678	1401	1187	758	16000
Personer inne/tid	0	1687	3416	3610	3875	3854	3685	3503	3078	2588	1946	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0	0,060	0,061	0,067	0,071	0,066	0,065	0,059	0,050	0,042	0,027	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0	0,0597	0,1209	0,1278	0,1372	0,1364	0,1304	0,1240	0,1089	0,0916	0,0689	
Middelverdi	0,0000	0,0597	0,0911	0,0972	0,1039	0,1011	0,0975	0,0917	0,0793	0,0668	0,0479	
m <sup>2</sup> / pers	9,63											

### Fordeling ift Mosseporten

#### 23.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1410	1752	1780	1734	1686	1787	1649	1592	1470	1140	16000
Personer inne/tid	0	1410	3161	3532	3514	3420	3473	3436	3241	3062	2611	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0	0,050	0,062	0,063	0,061	0,060	0,063	0,058	0,056	0,052	0,040	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0	0,0499	0,1119	0,1250	0,1244	0,1210	0,1229	0,1216	0,1147	0,1084	0,0924	
Middelverdi	0,0000	0,0499	0,0869	0,0940	0,0929	0,0904	0,0931	0,0900	0,0855	0,0802	0,0664	
m <sup>2</sup> / pers	10,64											

**Fordeling ift A6 23.12.92, faktor: 0,767**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Pers inn/time A6	0	1293	1607	2248	2212	2632	2408	2561	2420	2207	1265	20852
Personer inne/tid A6	0	1293	3040	3995	4600	4984	5180	5109	5121	4767	3612	
Pers inn/time Liertoppen	0	992	1232	1724	1696	2019	1847	1964	1856	1693	970	15993
Personer inne/tid Liertoppen	0	992	2332	3064	3528	3823	3973	3919	3928	3656	2770	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0351</b>	<b>0,0436</b>	<b>0,0610</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,0714</b>	<b>0,0654</b>	<b>0,0695</b>	<b>0,0657</b>	<b>0,0599</b>	<b>0,0343</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0351</b>	<b>0,0825</b>	<b>0,1084</b>	<b>0,1249</b>	<b>0,1353</b>	<b>0,1406</b>	<b>0,1387</b>	<b>0,1390</b>	<b>0,1294</b>	<b>0,0981</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0351</b>	<b>0,0631</b>	<b>0,0847</b>	<b>0,0925</b>	<b>0,1034</b>	<b>0,1030</b>	<b>0,1041</b>	<b>0,1023</b>	<b>0,0947</b>	<b>0,0662</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>9,61</b>											

<b>Middelfordeling, Liertoppen</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0482</b>	<b>0,0804</b>	<b>0,0920</b>	<b>0,0964</b>	<b>0,0983</b>	<b>0,0979</b>	<b>0,0953</b>	<b>0,0890</b>	<b>0,0806</b>	<b>0,0601</b>	
<b>Middel m2/pers</b>	<b>9,96</b>											



## 10.4 Markedet

### Besøksstall,

### Markedet

Besøksstall, beste

dag 10663 pers

Størrelse 11000 m<sup>2</sup>

### Fordeling ift Mosseporten

**22.12.03**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	940	1167	1186	1156	1123	1191	1099	1061	980	760	10663
Personer inne/tid	0	940	2107	2354	2342	2279	2314	2290	2160	2041	1740	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0	0,0854	0,1061	0,1078	0,1051	0,1021	0,1083	0,0999	0,0964	0,0891	0,0691	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0	0,0854	0,1915	0,2140	0,2129	0,2072	0,2104	0,2082	0,1964	0,1855	0,1582	
Middelverdi	0	0,0854	0,1488	0,1609	0,1590	0,1547	0,1593	0,1541	0,1464	0,1373	0,1136	
m <sup>2</sup> / pers	6,21											

### Fordeling ift Mosseporten

**23.12.03**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1124	1153	1253	1330	1239	1216	1118	933	791	505	10663
Personer inne/tid	0	1124	2277	2406	2583	2569	2455	2334	2051	1725	1297	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0	0,1022	0,1048	0,1139	0,1209	0,1127	0,1106	0,1016	0,0848	0,0719	0,0459	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0	0,1022	0,2070	0,2187	0,2348	0,2335	0,2232	0,2122	0,1865	0,1568	0,1179	
Middelverdi	0	0,1022	0,1559	0,1663	0,1778	0,1731	0,1669	0,1569	0,1357	0,1144	0,0819	
m <sup>2</sup> / pers	5,62											

**Fordeling ift A6 23.12.92,****faktor:****0,511**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Pers inn/time A6	0	1293	1607	2248	2212	2632	2408	2561	2420	2207	1265	20852
Personer inne/tid A6	0	1293	3040	3995	4600	4984	5180	5109	5121	4767	3612	
Pers inn/time Markedet	0	661	821	1149	1130	1345	1230	1309	1236	1128	646	10655
Personer inne/tid Markedet	0	661	1553	2041	2351	2547	2647	2611	2617	2436	1846	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0601</b>	<b>0,0746</b>	<b>0,1044</b>	<b>0,1027</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1118</b>	<b>0,1190</b>	<b>0,1124</b>	<b>0,1025</b>	<b>0,0588</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0601</b>	<b>0,1412</b>	<b>0,1856</b>	<b>0,2137</b>	<b>0,2315</b>	<b>0,2406</b>	<b>0,2373</b>	<b>0,2379</b>	<b>0,2214</b>	<b>0,1678</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0601</b>	<b>0,1079</b>	<b>0,1450</b>	<b>0,1582</b>	<b>0,1769</b>	<b>0,1762</b>	<b>0,1782</b>	<b>0,1751</b>	<b>0,1620</b>	<b>0,1133</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>5,61</b>											

<b>Middelfordeling, Markedet</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0826</b>	<b>0,1376</b>	<b>0,1574</b>	<b>0,1650</b>	<b>0,1682</b>	<b>0,1675</b>	<b>0,1630</b>	<b>0,1524</b>	<b>0,1379</b>	<b>0,1029</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>5,82</b>											



## 10.5 City Syd

### Besøksstall, City

### Syd

Besøksstall, beste

dag 26263 pers

Størrelse 30000 m<sup>2</sup>

### Fordeling ift Mosseporten

#### 22.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	Sum pers
Personer inn/time	1313	2051	2613	2659	2584	2504	2670	2445	2350	2151	1609	1313	26263
Personer inne/tid	1313	3364	4664	5272	5243	5089	5175	5115	4795	4501	3760	2922	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0,0438	0,0684	0,0871	0,0886	0,0861	0,0835	0,0890	0,0815	0,0783	0,0717	0,0536	0,0438	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0,0438	0,1121	0,1555	0,1757	0,1748	0,1696	0,1725	0,1705	0,1598	0,1500	0,1253	0,0974	
Middelverdi	0,0438	0,0903	0,1213	0,1322	0,1305	0,1266	0,1307	0,1260	0,1191	0,1109	0,0895	0,0706	
m <sup>2</sup> / pers	7,57												
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

### Fordeling ift Mosseporten

#### 23.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	Sum pers
Personer inn/time	1313	2506	2577	2824	3012	2789	2733	2491	2036	1687	982	1313	26263
Personer inne/tid	1313	3819	5082	5400	5836	5801	5523	5224	4527	3723	2669	2295	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0,0438	0,0835	0,0859	0,0941	0,1004	0,0930	0,0911	0,0830	0,0679	0,0562	0,0327	0,0438	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0,0438	0,1273	0,1694	0,1800	0,1945	0,1934	0,1841	0,1741	0,1509	0,1241	0,0890	0,0765	
Middelverdi	0,0438	0,1054	0,1277	0,1371	0,1475	0,1432	0,1376	0,1286	0,1094	0,0902	0,0608	0,0601	
m <sup>2</sup> / pers	6,78												





**Fordeling ift A6 23.12.92,  
faktor:**

**1,259**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	Sum pers
Personer inn/time A6	1042	1283	1422	2023	1967	2369	2143	2305	2154	1986	1114	1042	20850
Personer inne/tid A6	1313	1164	2736	3596	4140	4486	4662	4598	4609	4290	3251	1313	
Personer inn/time City Syd	1312	1615	1790	2547	2476	2982	2698	2902	2712	2501	1403	1312	26250
Personer inne/tid City Syd	1313	1465	3445	4527	5212	5647	5869	5789	5803	5401	4093	4564	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0,0437</b>	<b>0,0538</b>	<b>0,0597</b>	<b>0,0849</b>	<b>0,0825</b>	<b>0,0994</b>	<b>0,0899</b>	<b>0,0967</b>	<b>0,0904</b>	<b>0,0834</b>	<b>0,0468</b>	<b>0,0437</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0,0438</b>	<b>0,0488</b>	<b>0,1148</b>	<b>0,1509</b>	<b>0,1737</b>	<b>0,1882</b>	<b>0,1956</b>	<b>0,1930</b>	<b>0,1934</b>	<b>0,1800</b>	<b>0,1364</b>	<b>0,1521</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0437</b>	<b>0,0513</b>	<b>0,0872</b>	<b>0,1179</b>	<b>0,1281</b>	<b>0,1438</b>	<b>0,1428</b>	<b>0,1448</b>	<b>0,1419</b>	<b>0,1317</b>	<b>0,0916</b>	<b>0,0979</b>
<b>m2/ pers</b>	<b>6,90</b>												
<b>Middelfordeling, City Syd</b>	<b>0</b>	<b>0,044</b>	<b>0,082</b>	<b>0,112</b>	<b>0,129</b>	<b>0,135</b>	<b>0,138</b>	<b>0,137</b>	<b>0,133</b>	<b>0,123</b>	<b>0,111</b>	<b>0,081</b>	<b>0,076</b>
<b>Middel m2/pers</b>	<b>7,08</b>												



## 10.6 Kvadrat

### Besøkstall, Kvadrat

Besøkstall, beste

dag 30000 pers

10

Størrelse 40300 m2

### Fordeling ift Mosseporten

#### 22.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	2643	3285	3338	3252	3161	3350	3093	2984	2757	2138	30000
Personer inne/tid	0	2643	5928	6622	6589	6413	6511	6443	6077	5741	4895	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0656</b>	<b>0,0815</b>	<b>0,0828</b>	<b>0,0807</b>	<b>0,0784</b>	<b>0,0831</b>	<b>0,0767</b>	<b>0,0740</b>	<b>0,0684</b>	<b>0,0531</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0656</b>	<b>0,1471</b>	<b>0,1643</b>	<b>0,1635</b>	<b>0,1591</b>	<b>0,1616</b>	<b>0,1599</b>	<b>0,1508</b>	<b>0,1425</b>	<b>0,1215</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0656</b>	<b>0,1143</b>	<b>0,1236</b>	<b>0,1221</b>	<b>0,1188</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1183</b>	<b>0,1124</b>	<b>0,1054</b>	<b>0,0873</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>8,09</b>											

### Fordeling ift Mosseporten

#### 23.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	3162	3243	3525	3741	3486	3422	3146	2626	2226	1422	30000
Personer inne/tid	0	3162	6406	6769	7266	7227	6908	6568	5771	4852	3648	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0785</b>	<b>0,0805</b>	<b>0,0875</b>	<b>0,0928</b>	<b>0,0865</b>	<b>0,0849</b>	<b>0,0781</b>	<b>0,0652</b>	<b>0,0552</b>	<b>0,0353</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0785</b>	<b>0,1589</b>	<b>0,1680</b>	<b>0,1803</b>	<b>0,1793</b>	<b>0,1714</b>	<b>0,1630</b>	<b>0,1432</b>	<b>0,1204</b>	<b>0,0905</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0785</b>	<b>0,1197</b>	<b>0,1277</b>	<b>0,1366</b>	<b>0,1329</b>	<b>0,1282</b>	<b>0,1205</b>	<b>0,1042</b>	<b>0,0878</b>	<b>0,0629</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>7,32</b>											



## Fordeling ift A6 23.12.92,

faktor:

1,439

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time A6	0	1293	1607	2248	2212	2632	2408	2561	2420	2207	1265	20852
Personer inne/tid A6	0	1293	3040	3995	4600	4984	5180	5109	5121	4767	3612	
Personer inn/time Kvadrat	0	1861	2312	3235	3183	3787	3465	3685	3482	3176	1820	30005
Personer inne/tid Kvadrat	0	1861	4375	5749	6619	7172	7454	7352	7369	6860	5198	
Pers. inne /m2 ,1 time	0	0,0462	0,0574	0,0803	0,0790	0,0940	0,0860	0,0914	0,0864	0,0788	0,0452	
Pers. inne /m2 ,2 timer	0	0,0462	0,1085	0,1427	0,1643	0,1780	0,1850	0,1824	0,1829	0,1702	0,1290	
Middelverdi	0	0,0462	0,0830	0,1115	0,1216	0,1360	0,1355	0,1369	0,1346	0,1245	0,0871	
m2/ pers	7,30											

Middelfordeling, Kvadrat	0,00	0,0634	0,1057	0,1209	0,1268	0,1292	0,1287	0,1253	0,1171	0,1059	0,0791	
m2/ pers	7,57											



## 10.7 Nerstranda

### Besøksstall, Nerstranda

Besøksstall, beste dag 14000 pers

Størrelse 12750 m<sup>2</sup>

### Fordeling ift Mosseporten

#### 22.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1234	1533	1558	1517	1475	1563	1443	1393	1287	998	14000
Personer inne/tid	0	1234	2766	3090	3075	2993	3038	3007	2836	2679	2284	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0	0,0967	0,1202	0,1222	0,1190	0,1157	0,1226	0,1132	0,1092	0,1009	0,0783	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0	0,0967	0,2170	0,2424	0,2412	0,2347	0,2383	0,2358	0,2224	0,2101	0,1792	
Middelverdi	0	0,0967	0,1686	0,1823	0,1801	0,1752	0,1805	0,1745	0,1658	0,1555	0,1287	
m <sup>2</sup> / pers	5,49											

### Fordeling ift Mosseporten

#### 23.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	1476	1514	1645	1746	1627	1597	1468	1225	1039	664	14000
Personer inne/tid	0	1476	2989	3159	3391	3373	3224	3065	2693	2264	1703	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,1 time	0	0,1157	0,1187	0,1290	0,1369	0,1276	0,1253	0,1151	0,0961	0,0815	0,0520	
Pers. inne /m <sup>2</sup> ,2 timer	0	0,1157	0,2345	0,2477	0,2659	0,2645	0,2529	0,2404	0,2112	0,1776	0,1335	
Middelverdi	0	0,1157	0,1766	0,1884	0,2014	0,1961	0,1891	0,1778	0,1537	0,1295	0,0928	
m <sup>2</sup> / pers	4,96											

**Fordeling ift A6 23.12.92, faktor: 0,6714**

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Pers inn/time A6	0	1293	1607	2248	2212	2632	2408	2561	2420	2207	1265	20852
Personer inne/tid A6	0	1293	3040	3995	4600	4984	5180	5109	5121	4767	3612	
Pers inn/time Nerstranda	0	868	1079	1509	1485	1767	1617	1719	1625	1482	849	14000
Personer inne/tid Nerstranda	0	868	2041	2682	3088	3346	3478	3430	3438	3201	2425	
<b>Pers. inne /m2 ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0681</b>	<b>0,0846</b>	<b>0,1184</b>	<b>0,1165</b>	<b>0,1386</b>	<b>0,1268</b>	<b>0,1349</b>	<b>0,1274</b>	<b>0,1162</b>	<b>0,0666</b>	
<b>Pers. inne /m2 ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0681</b>	<b>0,1601</b>	<b>0,2104</b>	<b>0,2422</b>	<b>0,2625</b>	<b>0,2728</b>	<b>0,2690</b>	<b>0,2697</b>	<b>0,2510</b>	<b>0,1902</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0681</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1644</b>	<b>0,1793</b>	<b>0,2005</b>	<b>0,1998</b>	<b>0,2019</b>	<b>0,1985</b>	<b>0,1836</b>	<b>0,1284</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>4,95</b>											

<b>Middelfordeling, Nerstranda</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0935</b>	<b>0,1558</b>	<b>0,1783</b>	<b>0,1870</b>	<b>0,1906</b>	<b>0,1898</b>	<b>0,1847</b>	<b>0,1727</b>	<b>0,1562</b>	<b>0,1166</b>	
<b>m2/ pers</b>	<b>5,13</b>											



## 10.8 Kilden

### Besøkstall, Kilden

Besøkstall, beste

dag 8000 pers

Størrelse 13016 m<sup>2</sup>

### Fordeling ift Mosseporten

#### 22.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	705	876	890	867	843	893	825	796	735	570	8000
Personer inne/tid	0	705	1581	1766	1757	1710	1736	1718	1620	1531	1305	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0542</b>	<b>0,0673</b>	<b>0,0684</b>	<b>0,0666</b>	<b>0,0648</b>	<b>0,0686</b>	<b>0,0634</b>	<b>0,0611</b>	<b>0,0565</b>	<b>0,0438</b>	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0542</b>	<b>0,1214</b>	<b>0,1357</b>	<b>0,1350</b>	<b>0,1314</b>	<b>0,1334</b>	<b>0,1320</b>	<b>0,1245</b>	<b>0,1176</b>	<b>0,1003</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0542</b>	<b>0,0944</b>	<b>0,1020</b>	<b>0,1008</b>	<b>0,0981</b>	<b>0,1010</b>	<b>0,0977</b>	<b>0,0928</b>	<b>0,0871</b>	<b>0,0721</b>	
<b>m<sup>2</sup>/ pers</b>	<b>9,80</b>											

### Fordeling ift Mosseporten

#### 23.12.03

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Personer inn/time	0	843	865	940	997	930	913	839	700	594	379	8000
Personer inne/tid	0	843	1708	1805	1938	1927	1842	1751	1539	1294	973	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,1 time</b>	<b>0</b>	<b>0,0648</b>	<b>0,0664</b>	<b>0,0722</b>	<b>0,0766</b>	<b>0,0714</b>	<b>0,0701</b>	<b>0,0644</b>	<b>0,0538</b>	<b>0,0456</b>	<b>0,0291</b>	
<b>Pers. inne /m<sup>2</sup> ,2 timer</b>	<b>0</b>	<b>0,0648</b>	<b>0,1312</b>	<b>0,1387</b>	<b>0,1489</b>	<b>0,1481</b>	<b>0,1415</b>	<b>0,1346</b>	<b>0,1182</b>	<b>0,0994</b>	<b>0,0747</b>	
<b>Middelverdi</b>	<b>0</b>	<b>0,0648</b>	<b>0,0988</b>	<b>0,1055</b>	<b>0,1127</b>	<b>0,1097</b>	<b>0,1058</b>	<b>0,0995</b>	<b>0,0860</b>	<b>0,0725</b>	<b>0,0519</b>	
<b>m<sup>2</sup>/ pers</b>	<b>8,87</b>											



## Fordeling ift A6 23.12.92,

faktor:

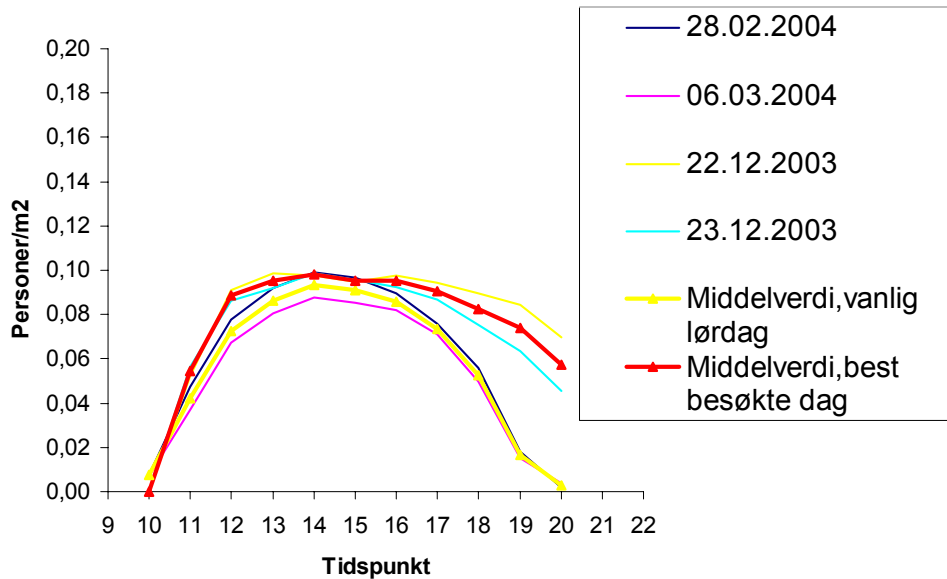
0,3836

Tidspunkt	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	Sum pers
Pers inn/time A6	0	1293	1607	2248	2212	2632	2408	2561	2420	2207	1265	20852
Personer inne/tid A6	0	1293	3040	3995	4600	4984	5180	5109	5121	4767	3612	
Pers inn/time Kilden	0	496	616	862	848	1010	924	982	928	847	485	7999
Personer inne/tid Kilden	0	496	1166	1532	1765	1912	1987	1960	1964	1829	1386	
Pers. inne /m2 ,1 time	0	0,0381	0,0474	0,0663	0,0652	0,0776	0,0710	0,0755	0,0713	0,0650	0,0373	
Pers. inne /m2 ,2 timer	0	0,0381	0,0896	0,1177	0,1356	0,1469	0,1527	0,1506	0,1509	0,1405	0,1065	
Middelverdi	0	0,0381	0,0685	0,0920	0,1004	0,1122	0,1118	0,1130	0,1111	0,1028	0,0719	
m2/ pers	8,85											

Middelfordeling, Kilden	0,00	0,0523	0,0872	0,0998	0,1046	0,1067	0,1062	0,1034	0,0967	0,0874	0,0653	
m2/ pers	9,17											

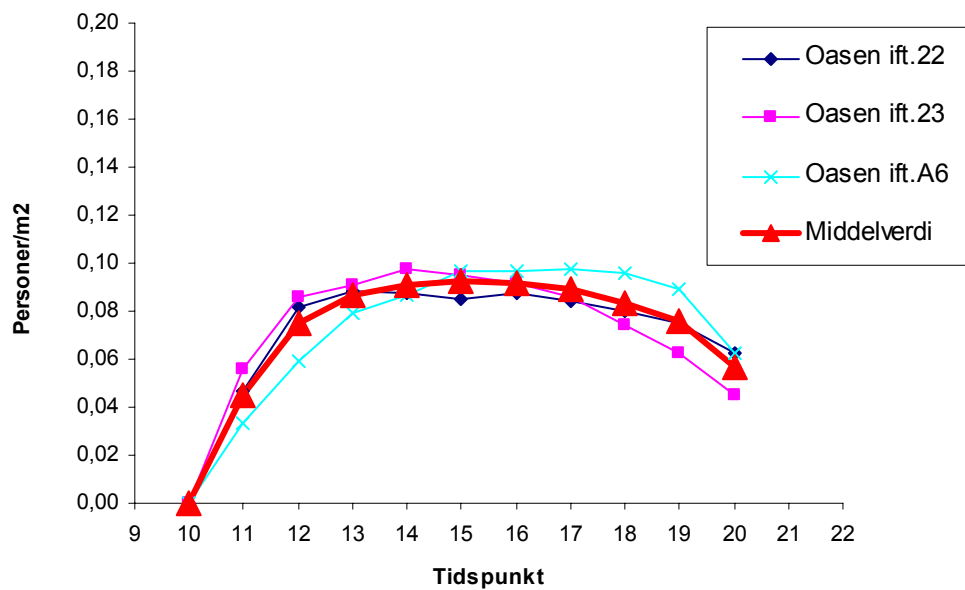
## 11 VEDLEGG B GRAFER TELLINGER

### 11.1 Mosseporten



Figur 11-1 Besøksfordeling Mosseporten

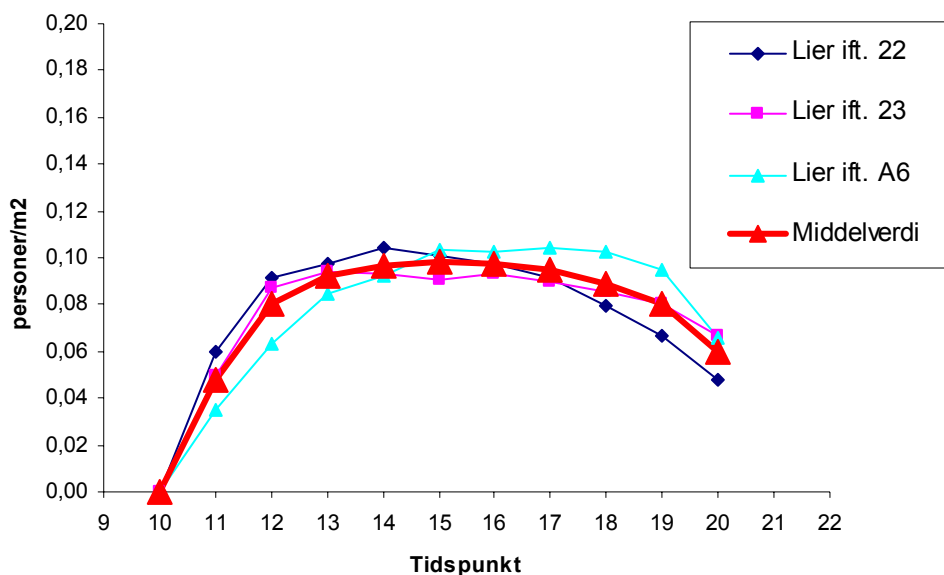
### 11.2 Oasen Storsenter



Figur 11-2 Besøksfordeling Oasen Storsenter

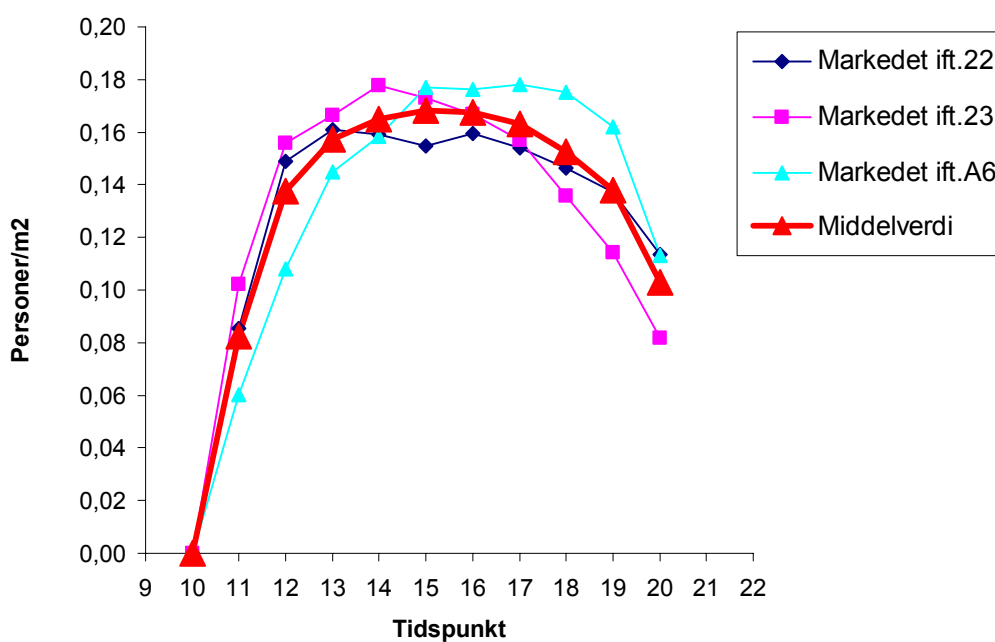


### 11.3 Liertoppen



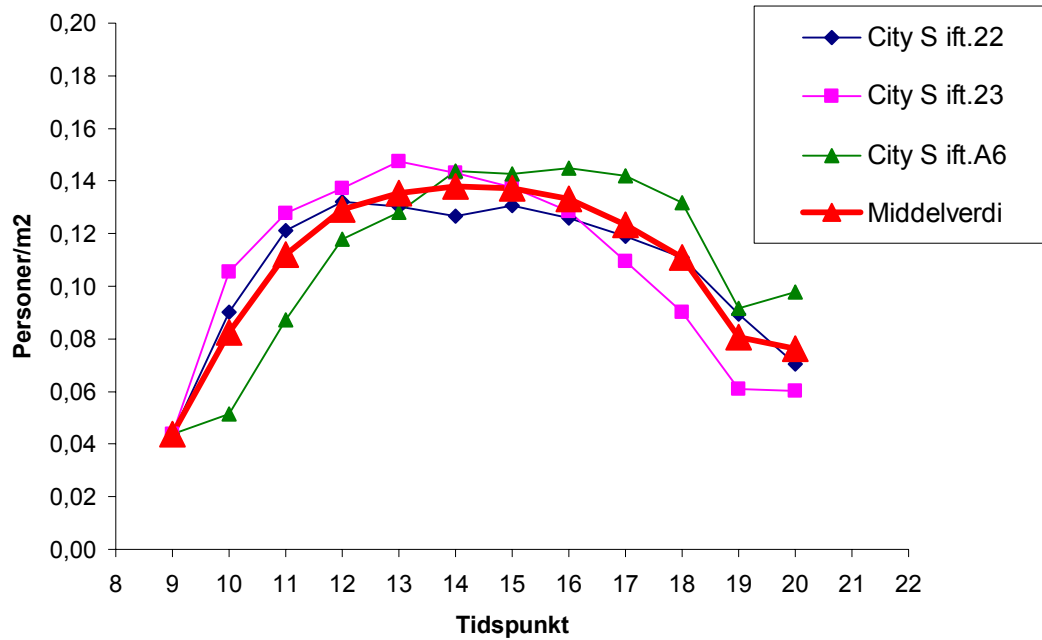
Figur 11-3 Besøksfordeling Liertoppen

### 11.4 Markedet



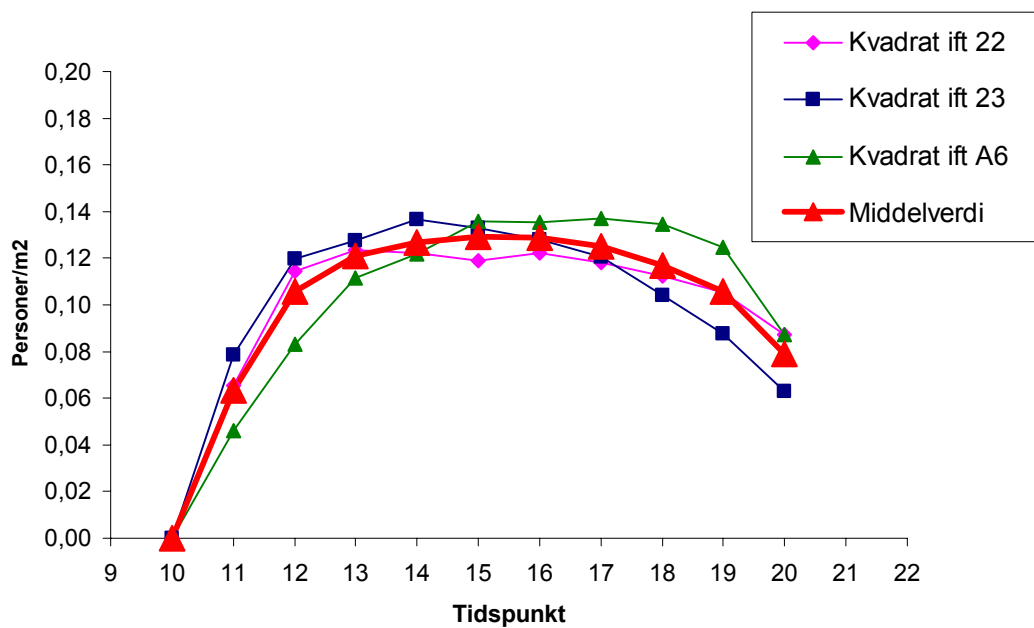
Figur 11-4 Besøksfordeling Markedet

## 11.5 City syd



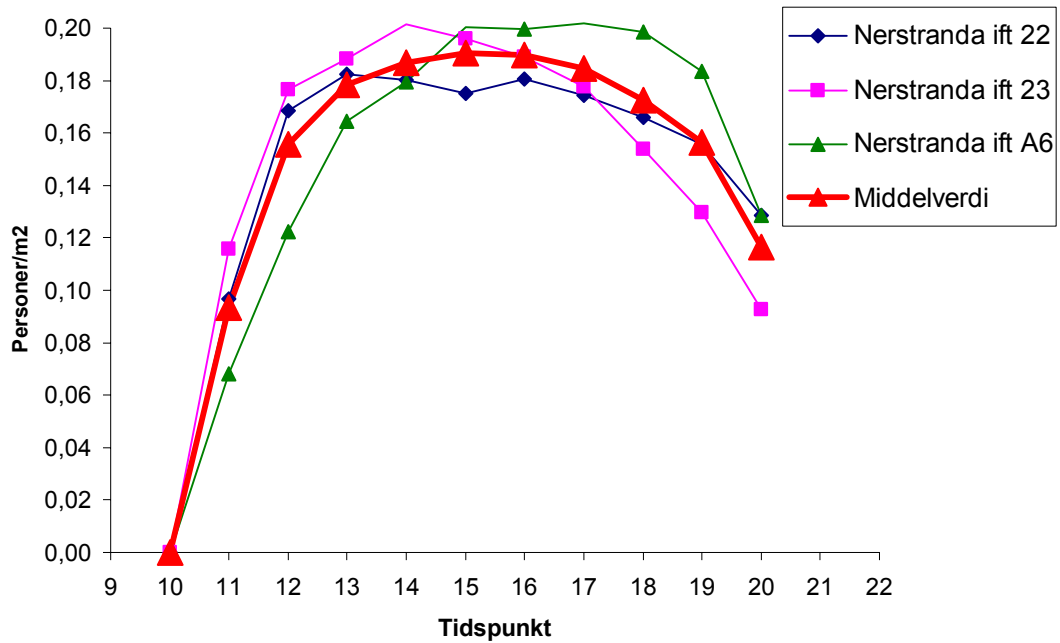
Figur 11-5 Besøksfordeling City syd

## 11.6 Kvadrat



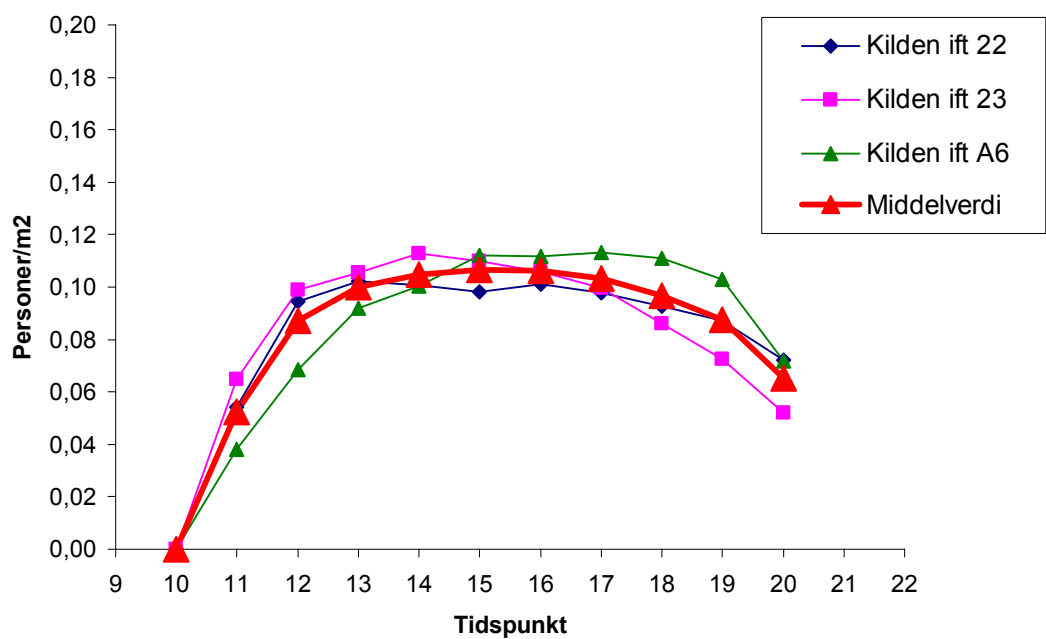
Figur 11-6 Besøksfordeling Kvadrat

## 11.7 Nerstranda



Figur 11-7 Besøksfordeling Nerstranda

## 11.8 Kilden



Figur 11-8 Besøksfordeling Kilden



## 12 VEDLEGG C TABELLER SIMULERINGER

### 12.1 Test 1

Tabell 12-1 Simulering 1 Stopp Tune

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1300	65	Nei	02:22	142
9	1440	65	Nei	02:37	157
8	1625	65	Nei	02:34	154
7	1860	65	Nei	02:45	165
6	2170	65	Nei	02:58	178
5	2600	65	Nei	03:33	213
4	3250	65	Nei	03:55	235
3	4330	65	Nei	04:58	298
2	6500	65	Nei	07:15	435
1	13000	65	Nei	13:11	791

Tabell 12-2 Simulering 2 Stopp Tune

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1300	65	Ja	02:57	187
9	1440	65	Ja	02:57	187
8	1625	65	Ja	02:57	187
7	1860	65	Ja	03:12	192
6	2170	65	Ja	03:21	201
5	2600	65	Ja	03:49	229
4	3250	65	Ja	05:01	301
3	4330	65	Ja	05:09	309
2	6500	65	Ja	06:05	365



Tabell 12-3 Simulering 1 Markedet

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1100	55	Nei	02:28	148
9	1220	55	Nei	02:38	158
8	1375	55	Nei	02:29	149
7	1570	55	Nei	02:52	172
6	1830	55	Nei	02:55	175
5	2200	55	Nei	03:09	189
4	2750	55	Nei	03:39	219
3	3670	55	Nei	04:42	282
2	5500	55	Nei	07:14	434

Tabell 12-4 Simulering 2 Markedet

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1100	55	Ja	03:55	235
9	1220	55	Ja	04:14	254
8	1375	55	Ja	04:17	257
7	1570	55	Ja	04:36	276
6	1830	55	Ja	05:05	305
5	2200	55	Ja	05:50	350
4	2750	55	Ja	05:58	358
3	3670	55	Ja	06:30	390
2	5500	55	Ja	07:48	468



## 12.2 Test 2

Tabell 12-5 Simulering 3 Stopp Tune

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1300	13	Nei	04:15	255
9	1440	14,5	Nei	04:31	271
8	1625	16,5	Nei	04:55	295
7	1860	18,5	Nei	05:29	329
6	2170	22	Nei	05:35	335
5	2600	26	Nei	05:44	344
4	3250	32,5	Nei	06:16	376
3	4330	43,5	Nei	06:40	400
2	6500	65	Nei	07:15	435

Tabell 12-6 Simulering 4 Stopp Tune

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1300	13	Ja	03:50	230
9	1440	14,5	Ja	03:42	222
8	1625	16,5	Ja	03:49	229
7	1860	18,5	Ja	03:53	233
6	2170	22	Ja	04:25	265
5	2600	26	Ja	04:33	273
4	3250	32,5	Ja	04:11	251
3	4330	43,5	Ja	04:52	292
2	6500	65	Ja	06:05	365



Tabell 12-7 Simulering 3 Markedet

m2/person	Antall personer	Dørbredde	Ruter	Tid [min]	Tid [s]
10	1100	11	Ja	04:18	258
9	1220	12	Ja	04:23	263
8	1375	14	Ja	04:32	272
7	1570	16	Ja	04:55	295
6	1830	18,5	Ja	05:11	311
5	2200	22	Ja	05:16	316
4	2750	27,5	Ja	05:55	355
3	3670	37	Ja	06:50	410
2	5500	55	Ja	07:48	468

### 12.3 Test 3

Tabell 12-8 Simulering 5 Stopp Tune

Antall personer	Dørbredde	Tid [min]	Tid [s]
6500	65	06:05	365
6500	43,5	06:32	392
6500	32,5	07:26	446
6500	26	08:15	495
6500	22	10:53	653
6500	18,5		
6500	16		
6500	14,5		
6500	13		

### 12.4 Test 4

Tabell 12-9 Simulering 6 Stopp Tune

Antall personer	Dørbredde	Tid [min]	Tid [s]
2600	65	03:43	223
2600	43,5	04:16	256
2600	32,5	04:28	268
2600	26	04:33	273
2600	22	04:40	280
2600	18,5	04:55	295
2600	16	04:56	296
2600	14,5	05:11	311
2600	13	05:28	328



## 12.5 Test 5

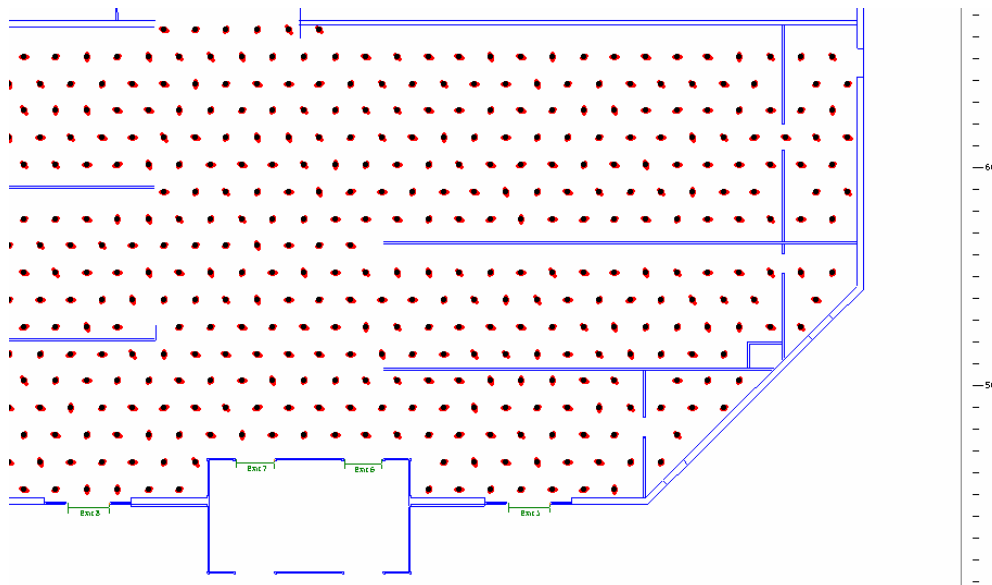
Tabell 12-10 Simulering 7 Stopp Tune

Antall personer	Dørbredde	Tid [min]	Tid [s]
1300	13	03:08	188
1440	14,5	03:18	198
1625	16,5	03:27	207
1860	18,5	03:35	215
2170	22	03:55	235
2600	26	04:28	268
3250	32,5	05:06	306
4330	43,5	05:16	316
6500	65	05:43	343



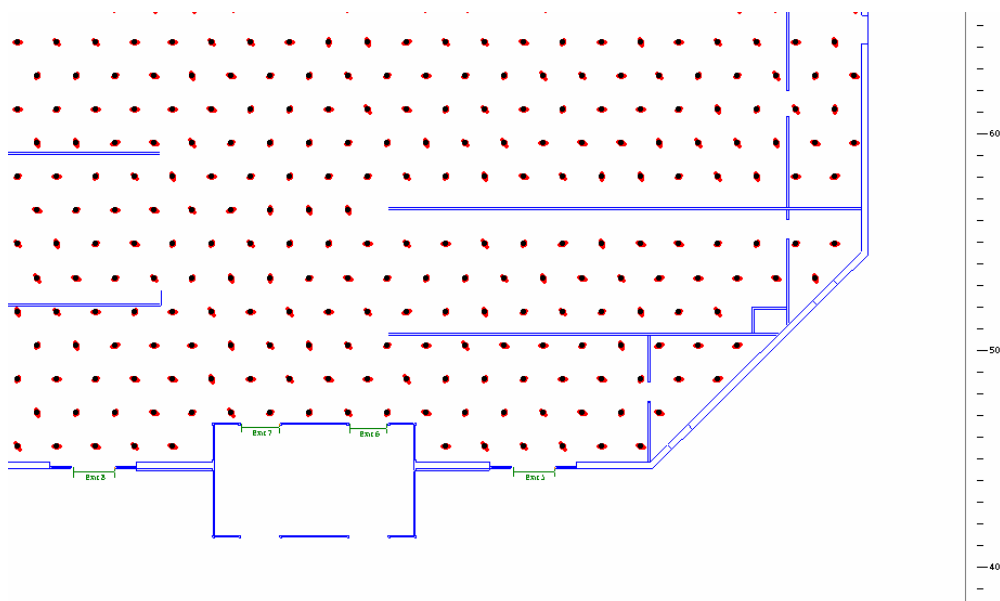
## 13 VEDLEGG D SIMULEX BILDER AV ULIKE PERSONTETTHETER

### 13.1 2m<sup>2</sup>/person



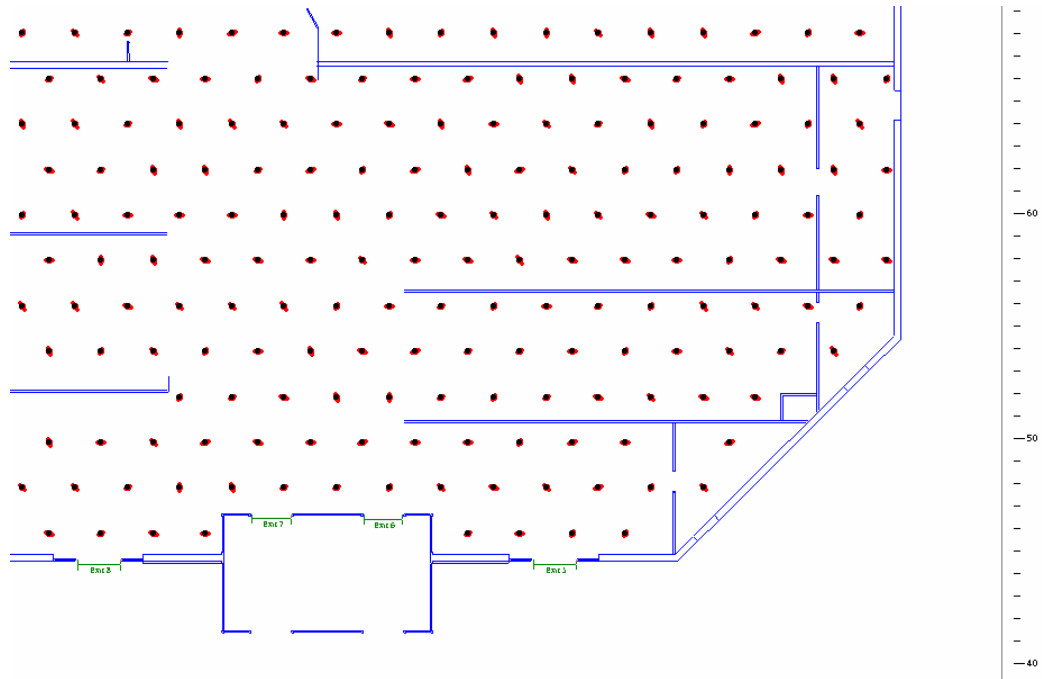
Figur 13-1 2m<sup>2</sup>/person

### 13.2 3m<sup>2</sup>/person



Figur 13-2 3m<sup>2</sup>/person

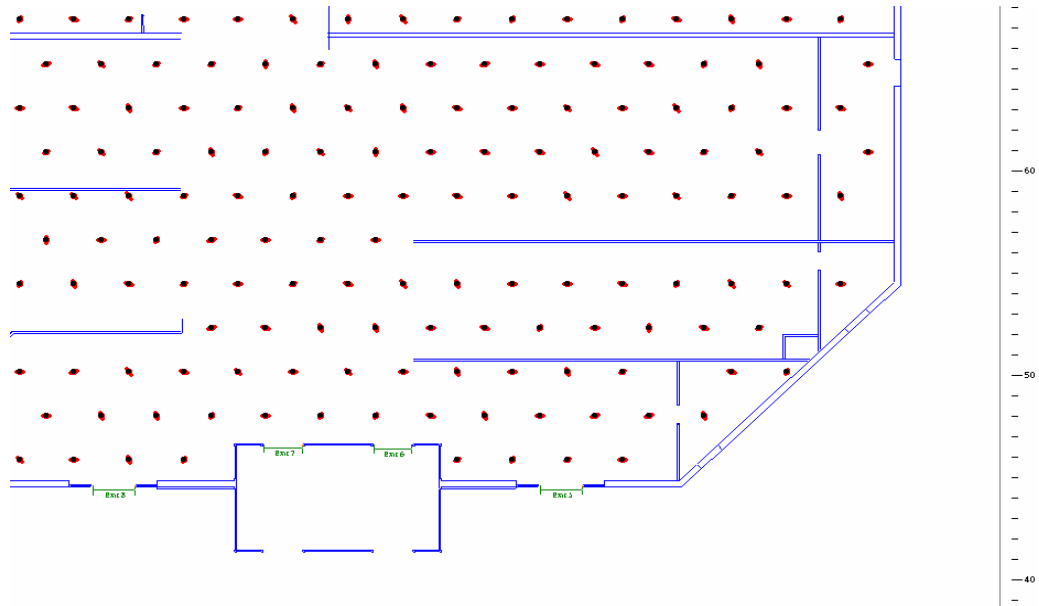
### 13.3 5m<sup>2</sup>/person



Figur 13-3 5m<sup>2</sup>/person



## 13.4 6m<sup>2</sup>/person



Figur 13-4 6m<sup>2</sup>/person