

# Gånghastighet hos en population med ökande Body Mass Index

*Emma Bäckman*

*Elin Theander*

---

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety  
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 5300, Lund 2009



**Gånghastighet hos en population med  
ökande Body Mass Index**

**Emma Bäckman**

**Elin Theander**

**Lund 2009**

**Titel:** Gånghastighet hos en population med ökande Body Mass Index  
**Title:** Walking speed among a population with increasing Body Mass Index

Emma Bäckman  
Elin Theander

**Rapportnummer/Report number:** 5300

**ISSN:** 1402-3504

**ISRN:** LUTVDG/TVBB-5300-SE

**Antal sidor/Number of pages:** 78

**Bilder/Pictures:** Microsoft Word Clipart

**Keywords**

Walking speed, evacuation, Body Mass Index (BMI), obesity, stairs, experiment

**Sökord**

Gånghastighet, utrymning, Body Mass Index (BMI), fetma, trappor, experiment

**Språk/Language:** Svenska/Swedish

**Abstract**

The focus of the report lays on if and how walking speed has been affected by the increasing obesity rates in Sweden. Comparisons between people of normal respectively obese weight has been made. This is a study that questions whether the current walking speeds derived from the 1960's and the 1970's still can be used as reliable measures given that the composition of the population is not the same today then 50 years ago. To get a wider perspective differences between ages has also been taken into consideration.

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2009.

---

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60  
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering  
and Systems Safety  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12

## **Förord**

Författarna skulle vilja tacka följande personer som hjälpt oss under arbetets gång:

Jan Ottosson, WSP i Malmö

Håkan Frantzich, Brandteknik, Lunds tekniska högskola

Stefan Wallerek med flera, Överviktigas riksförbund

Kicki Reifeldt, HjälpmedelsCenter Väst AB

samt alla de personer och försökspersoner som vi haft mycket stor nytta av under våra försök.

Emma Bäckman och Elin Theander

Augusti, 2009



## Sammanfattning

Sämre matvanor i kombination med mindre motion gör att människan idag blir allt fetare. Övervikten leder till följsjukdomar och sämre rörelseförmåga. Detta arbete inriktar sig på att se om gånghastigheten har förändrats, om det finns en skillnad i gånghastighet mellan normalviktiga och överviktiga personer. Gånghastigheten är en viktig parameter när det gäller utrymning, personer som befinner sig i en brandutsatt byggnad måste kunna ta sig ut. Oavsett om förenklad eller analytisk dimensionering används, är det samma värden på gånghastigheter som används. Dessa hastigheter kommer från försök som genomfördes på 60- och 70 talet. Är dessa fortfarande aktuella eller har människan blivit så överviktig att deras rörelseförmåga hindras? Är det kanske också så att åldern har ett finger med i spelet?

Genom försök har författarna tagit fram gånghastigheter för normalviktiga respektive överviktiga personer. Försökspersonerna har frivilligt ställt upp och gått på horisontellt underlag samt nedför trappor. Personerna har vägts och mätts och svarat på en enkät angående hur de själva ser på sin fysiska hälsosituation. Därefter har försökspersonernas hastigheter och BMI beräknats och åldern har noterats.

Efter försöken visade det sig att det finns en skillnad i hastighet när det gäller gånghastigheter på horisontellt underlag. Hur stor denna skillnad är kan inte beräknas med valda metoder, men det är konstaterat att det är en signifikant skillnad. Vid förflyttning i trappor kan ingen skillnad säkerställas, detta beror troligen på att ett fåtal av försökspersonerna inte kunde gå i trappor. Med andra ord, de som kan gå i trappor håller oftast en relativt hög hastighet medan de som har problem inte kan gå alls.

En fråga som bör tas upp är om det är det höga värdet på BMI som gör att personerna går långsamt, eller är det på grund av andra problem som flertalet försökspersoner nämner. Bland annat nämns dålig syn som ett problem. Är det synen som är det största problemet, eller hade försökspersonen haft samma hastighet för att det är övervikten som begränsar? När det gäller ålderns inverkan på gånghastigheten så är den i stort sett obefintlig. De äldre försökspersonerna har generellt inte en lägre gånghastighet än de yngre. Troligtvis visar sig skillnaden först vid en relativt hög ålder.

Den skillnad som visade sig på horisontellt underlag är förmodligen inte applicerbar på hela Sveriges befolkning. Större stickprov behövs för att kunna få ett mer tillförlitligt resultat. Personerna klarar av att hålla en relativt hög hastighet fram till ett visst BMI, som ligger runt 40. Därefter avtar gånghastigheten. Sammanfattningsvis kan det sägas att än så länge är dagens dimensionerande värden representativa. Dock bör dessa ses över om ökningen av fetma inte avtar i samhället.





## Summary

Poor eating habits in combination with less exercise are contributing to the population's obesity issues. In addition to causing secondary diseases, obesity limits a person's mobility. This report concentrates on how walking speed has been affected by the increasing obesity rates and measures if there is a difference between people of normal weight and overweight. The importance of measuring walking speed is reflected in standards for egress capacity to allow for ample time for people to safely exit a building during a fire. The current walking speeds derived from the 60's and 70's, regardless if code based or performance based design is used, are based on the same values for walking speed. This study questions whether these are still effective measures given the population's growing issues with weight and if age plays an effect.

The authors of this experiment retrieved walking speeds for normal weight and overweight people. The subjects are volunteers; weight, height, age and body mass index (BMI) were recorded as well as answers to a survey on their overall physical health. The experiment compared walking on horizontal surfaces and stairways.

The results show there is a difference in speed on horizontal surfaces. While the difference cannot be specifically calculated with the chosen methods, we can state that there is a significant difference. Comparatively, walking down stairs reported little difference, however this is probably reflective of the fact that few of people could not walk down stairs at all. Those who could walk down stairs were able to do so at a relative high speed. A potential reason for these differences is the subject's value of BMI. Some of the overweight participants also reported poor eyesight. The question is whether the eyesight is the real problem, or if the person's walking speed most affected by weight. Interestingly, age has almost no impact; older people did not walk slower than younger participants. There may be greater differences when there is a larger gap between subjects' ages.

The differences reported in this study for horizontal surface walking speeds are not a true reflection of the entire Swedish population; a larger sample is needed for a statistically valid result. This study indicates people are able to sustain a relatively high walking speed up to at certain BMI, circus 40. Higher BMI values correlate with slower walking speeds.

In summary, it appears the dimensioning values for egress standards are sufficient. However, if the obesity rates continue to rise, it will become critical to safety standards to revisit these dimensioning values.



# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1	BAKGRUND .....	1
1.2	SYFTE OCH MÅL .....	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	5
1.4	PROBLEMSTÄLLNING.....	6
1.5	METOD.....	6
1.6	DISPOSITION .....	7
<b>2</b>	<b>ALLMÄNT OM GÅNGHASTIGHETER .....</b>	<b>9</b>
2.1	METODER FÖR DIMENSIONERING .....	9
2.2	GÅNGHASTIGHETER PÅ HORISONTELLT UNDERLAG .....	11
2.3	GÅNGHASTIGHETER NEDFÖR TRAPPOR .....	12
2.4	PERSONTÄTHET/PERSONFLÖDE .....	14
2.5	SAMMANFATTNING AV GÅNGHASTIGHETER .....	17
<b>3</b>	<b>GENOMFÖRDA FÖRSÖK.....</b>	<b>19</b>
3.1	FÖRSÖK I TRAPPOR .....	19
3.2	FÖRSÖK PÅ HORISONTELLT UNDERLAG .....	21
3.3	MÄTNING AV FÖRSÖKSPERSONER.....	22
3.4	INFORMATION OM TRAPPORNA PÅ WSP .....	23
3.5	INFORMATION OM TRAPPORNA PÅ HJÄLPMEDELSCENTRUM .....	24
<b>4</b>	<b>RESULTAT .....</b>	<b>27</b>
4.1	SAMMANSTÄLLNING AV KONSULTENKÄT .....	27
4.2	SAMMANSTÄLLNING AV FÖRSÖKSPERSONERNAS ENKÄTSVAR .....	28
4.3	SKILLNAD I GÅNGHASTIGHET MELLAN NORMAL- OCH ÖVERVIKTIGA PERSONER .....	31
4.4	GÅNGHASTIGHET SOM FUNKTION AV BMI .....	32
4.5	SKILLNAD I GÅNGHASTIGHET MELLAN ÄLDRE OCH YNGRE .....	34
4.6	GÅNGHASTIGHET SOM FUNKTION AV ÅLDER .....	35
4.7	AREA SOM FUNKTION AV BMI.....	36
4.8	PERSONTÄTHET .....	37
<b>5</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>39</b>
5.1	METOD.....	39
5.2	RESULTAT .....	42
<b>6</b>	<b>SLUSATS .....</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>VIDARE FORSKNING.....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>51</b>
	<b>BILAGA 1 – ENKÄT TILL KONSULTER</b>	
	<b>BILAGA 2 – ENKÄT TILL FÖRSÖKSPERSONER</b>	
	<b>BILAGA 3 – TEORI FÖR BERÄKNINGAR</b>	
	<b>BILAGA 4 – FÖRSÖKSPERSONERNAS GÅNGHASTIGHETER</b>	
	<b>BILAGA 5 – FÖRSÖKSPERSONERNAS MÅTT OCH BMI</b>	
	<b>BILAGA 6 – RESULTAT FRÅN @RISK</b>	



# 1 INLEDNING

---

Idag är det enligt Boverkets byggregler (2008) ett krav att personer hinner utrymma byggnaden eller ta sig till en säker plats i händelse av brand. Vid utrymning är personernas gånghastighet en viktig parameter på grund av att detta inverkar på den totala tid det tar att utrymma ett objekt. Men finns det anledning att tro att hastigheten förändras när individer i populationen idag visar tydliga tendenser på att bli allt mer överviktiga?

## 1.1 Bakgrund

Idén till detta arbete kommer från en artikel av Pauls (2008) som menar att studier som ligger till grund för dagens rekommendationer, av bland annat gånghastigheter, inte är anpassat efter hur populationen ser ut idag. Studier från World Trade Center visar att evakuering, speciellt genom trappor, går mycket långsammare och med ett lägre flöde än de rekommenderade värdena som används idag. Han jämför gånghastigheterna från WTC med studier som gjordes under sent 60-tal och tidigt 70-tal och menar att dagens gånghastigheter och personflöden har minskat till så mycket som hälften. Det är studierna från 60- och 70-talet som ligger till grund för rekommendationer om gånghastigheter vid utrymning i handboken Society of Fire Protection Engineers (Proulx, 2002), som används av konsulter över hela världen. I artikeln pekar Pauls även på vikten av att trappor ska förses med horisontella ytor där personer med svårigheter att gå i trappor kan stanna och vila. Han fortsätter sitt resonemang med att ökad kroppsvikt i kombination med ett större kroppsligt omfång kräver att trappor blir bredare för att personer ska kunna passera varandra.

Detta arbete avser därför att studera hur populationens förmåga att utrymma har förändrats. Då den totala tiden det tar att utrymma beror av bland annat gånghastigheten, kan det vara så att personer med övervikt har sämre möjligheter att fullfölja en utrymning eftersom de kan ha en lägre hastighet. Dessutom kan överviktiga personer ha sämre kondition vilket även det försämrar möjligheten att utrymma. Eftersom överviktiga personer har ett större kroppsligt omfång är det även möjligt att den dimensionerande persontätheten bör minskas i vissa byggnader samtidigt som gångavstånd måste förkortas. Arbetet ska därför mynna ut i en diskussion om huruvida de nuvarande svenska byggreglerna måste anpassas för att ta hänsyn till detta och vad konsekvenserna blir om ingen förändring sker.

Problemet har klarlagts med hjälp av försök som har genomförts genom att studera förflyttning nedför trappor samt på horisontellt underlag. Hänsynhar tagits till ålderns inverkan, ty övervikt kanske inte påverkar yngre människor i samma grad som äldre. Eftersom utrymningsdimensionering kan genomföras både med hjälp av analytisk och med förenklad dimensionering har båda dessa metoder beaktas.

Body Mass Index (BMI) är ett mått på övervikt. Metoden att beräkna BMI presenterades för första gången i mitten av 1800-talet av Quetelet (1842) som bland annat vägt och mätt personer i alla åldrar. Han kom fram till att efter puberteten följde kroppsstorleken ett mönster som kunde uppskattas genom att dividera vikten med längden i kvadrat. Efter detta har metoden börjat användas och är idag det vanligaste och enklaste sättet att mäta övervikt. Det finns få studier som utvärderar och ifrågasätter metoden, men omfattande forskning från en läkargrupp i USA (Romero-Corral et al, 2008) visar att BMI har mycket god tillförlitlighet då mätning sker på personer som är överviktiga. Läkargruppen har mätt fettprocenten hos försökspersonerna genom bioimpedans och jämfört denna med deras BMI. Med bioimpedans menas att ström skickas genom kroppen för att mäta motståndet, ju mer fett desto större motstånd. Mätningarna visar att de personer som har övervikt enligt BMI också har en större andel fett än den som rekommenderas vilket innebär att de båda metoderna stämmer överens. Däremot är det mycket vanligt att personer som enligt BMI-metoden är normalviktiga har en för hög rekommenderad andel kroppsfett. Detta innebär alltså att BMI kan underskatta övervikten, och ”missar” mer än hälften av de personer som med bioimpedansmätning definieras som överviktiga.

Världshälsoorganisationen, WHO, har utvecklat en internationell standard för BMI som hälsomått, se tabell 1.1 (BMI Direkt [1], 2009).

**Tabell 1.1:** Viktklasser enligt BMI-modellen.

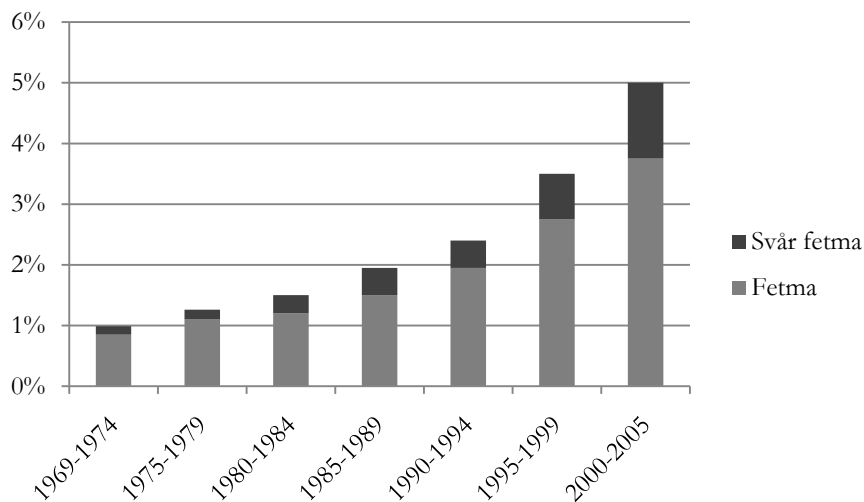
$BMI = \frac{vikt [kg]}{längd^2 [m^2]}$	<18,5	Undervikt
	18,6-24,9	Normalvikt
	25-29,9	Övervikt
	30-34,9	Fetma
	35-39,9	Svår fetma
	>40	Extremt svår fetma

Alla människor är olika byggda men detta är dock inte något som BMI-modellen tar hänsyn till. Modellen skiljer inte mellan fett och muskler, vilket gör att personer som har stor muskelmassa kan ha ett högt BMI trots att de inte ligger i farozonen. Kvinnor har normalt sett lägre BMI än män på grund av att män har mer muskelmassan och eftersom muskler har högre densitet än fett väger de därför mer. BMI bör

användas för att se om man ligger i farozonen, det vill säga om vikten är på väg åt fel håll. Skillnaden mellan kvinnor och män är trots detta marginell och oftast tas ingen hänsyn till eventuella variationer.

Förr i tiden var det viktigt att människan kunde lagra energi som fettvävnad när tillgången på mat var god, så att detta kunde användas då tiderna var sämre. Även då människan i västvärlden sällan har ont om mat, finns denna överlevnadsinstinkt fortfarande kvar (Karolinska Institutet, 2009). Risken är i stället att det fett som kroppen lagrar gör oss sjuka. När människan tar in mer kalorier än vad hon gör av med hamnar överskottet i fettvävnaden, vilket leder till övervikt. Fett är dock nödvändigt för till exempel vår hormonproduktion och för isolering av kroppen. Det är när fettmassan överskrider det normala som hälsoproblemen kommer. Hälsoproblemen orsakas inte bara på grund av övervikten i sig, utan även på grund av de följsjukdomar som övervikten kan orsaka. Dessa följsjukdomar är bland annat högt blodtryck och höga blodfetter som i sin tur kan leda till hjärt- och kärlsjukdomar, diabetes, förslitningar i höfter och knän på grund av kroppstyngden, sömnapné, depression och cancer (BMI Direkt [2], 2009).

I dagens samhälle kommer ständigt nya rapporter om att människor, på grund av sämre matvanor och för lite motion, växer i storlek. Ett exempel på detta är att för 30 år sedan var färre än var hundra svensk man som mönstrade fet ( $BMI > 30$ ) och en på tusen led av svår fetma ( $BMI > 35$ ). Detta kan jämföras med att år 2005 var mer än var tjugonde man fet och mer än var hundra svårt fet (Karolinska institutet [2], 2009). Figur 1.1 visar ökningen av fetma och svår fetma fram till år 2005 bland svenska män. Ökningen av andelen personer med fetma och svår fetma ökar för varje år, och dessutom blir ökningen större för varje år.



**Figur 1.1:** Procentuell ökning av fetma respektive svår fetma från år 1969-2005 för svenska män.

Vid en utrymningssituation som detta arbete är inriktat på, är personernas möjlighet till rörelse den viktigaste parametern. En person som har svårt att röra sig får en lägre gånghastighet. Vid beräkningar av hur lång tid det tar att utrymma en byggnad används nedanstående formel:

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{beslut \text{ och } reaktion} + t_{förflyttning}$$

Varselblivningstiden är den tid det tar för personen i fråga att upptäcka branden, antingen genom direkt visualisering eller genom detektion av till exempel rökdetektorer. Besluts- och reaktionstiden är den tid det tar för personen att besluta sig för att utrymma. Här inkluderas eventuella andra faktorer som att hjälpa andra personer, genomföra släckförsök samt att förbereda sig. Tiden för förflyttning beror av gånghastigheten och avser den tid det tar för en person att ta sig ut ur byggnaden. En lägre gånghastighet ger således en längre utrymningstid. Hur lång utrymningstiden får vara beror av hur snabbt kritiska förhållanden uppstår i byggnaden. Exempel på kritiska förhållanden är när temperaturen i brandrummet överstiger 80°C eller när strålningen från branden är större än 2,5 kW/m<sup>2</sup>. När dessa kriterier överstigs kan inte längre personsäkerheten garanteras och utrymning kan därför inte ske på ett säkert sätt (Brandskyddshandboken, 2005).

Vid utrymningsdimensionering används antingen analytisk eller förenklad dimensionering. Den analytiska dimensioneringen kan baseras på bland annat beräkningar samt objektsspecifika försök och används då den förenklade dimensioneringen inte anses som lämplig för objektet (Boverket, 2006). Vid en analytisk dimensionering jämförs den beräknade utrymningstiden med tiden till kritiska förhållanden



(Frantzich, 2001). Förenklad dimensionering innebär att förutbestämda rekommendationer från Boverket (2006) används. Dessa rekommendationer anger till exempel maximalt gångavstånd till närmaste utrymningsväg och minsta dörrbredd för olika typer av byggnader.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med denna undersökning är att ta reda på om överviktiga har en lägre gånghastighet än normalviktiga. Även ålderns inverkan på hastigheten ska studeras. Om en skillnad observeras ska en diskussion föras kring giltigheten av gällande byggregler och anvisningar. En enkät delas ut till konsulter i syftet att ta reda på vad det är för gånghastigheter som används.

Målet är att, genom försök, komma fram till om gånghastigheten skiljer sig mellan personer med olika BMI. Normalviktiga personers hastighet kommer att jämföras med överviktigas hastighet för att se om det finns en signifikant skillnad. Beräkningar genomförs för att se om det finns något samband mellan gånghastighet och BMI samt mellan gånghastighet och ålder. I samband med försöken kommer en enkät delas ut i syfte att ta del av försökspersonernas egna erfarenheter och reflektioner. Målet är också att belysa eventuella problem som uppstår när personer håller olika hastigheter i trappor.

## 1.3 Avgränsningar

Utrymningstiden beror av varseblivningstid, beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid. Då denna rapport till största delen avser gånghastigheter kommer inte varseblivningstid och beslut- och reaktionstid kommer att behandlas.

Det som studeras här är gånghastigheten nedför trappor samt på horisontellt underlag. Gånghastigheten uppför trappor är visserligen intressant och aktuellt, men kommer inte att tas upp i arbetet då författarnas uppfattning är att den största delen av en utrymning sker nedför trappor och på horisontellt underlag.

Spiraltrappor eller andra trapp typer kommer inte att behandlas i arbetet. Inget försök till att koppla samman gånghastigheter i trappor med trappstegens höjd eller bredd kommer att göras på grund av att arbetets omfattning inte tillåter detta. Inte heller utrymningsvägars bredd kommer att diskuteras, även om försöken skulle visa att försökspersonerna har en axelbredd som är större än vad som anses normalt.

## 1.4 Problemställning

Under arbetets inledningsskede ställde sig författarna ett antal frågor att jobba utifrån.

- Hur påverkas gånghastigheten med avseende på BMI och ålder?
- Hur förändras kroppsdimensionerna med ökande BMI?
- Finns en signifikant skillnad mellan gånghastigheterna idag och för 30 år sedan?
- Vad händer om andelen överviktiga ökar kraftigt?
- Stämmer Pauls argument i artikeln från 2008 där han bland annat diskuterar giltigheten av hans tidigare forskning?
- Bör kraven för utrymningsdimensionering ändras?

## 1.5 Metod

### Data och material

Arbetet påbörjades med att studera befintlig litteratur som behandlar utrymning och människans livsstil. För att veta vilka dimensionerande värden och datorprogram som används bland konsultfirmor idag vid utrymningsdimensionering, skickades en enkät ut till flera företag, se bilaga 1. En försöksplan för mätning av personers gånghastighet i trappor och på horisontellt underlag samt deras kroppsliga omfång arbetades fram, se vidare kapitel 3. En enkät, se bilaga 2, för försökspersonerna togs fram för att få svar på hur försökspersonerna själva upplever sin fysiska situation. Resultatet av försöken behandlades bland annat i programmet @Risk och beräkningar genomfördes. Detta jämfördes sedan med dagens rekommenderade värden för dimensionering av utrymning som bland annat anslås i Utrymningsdimensionering (Boverket, 2006).

### Urvalskriterier

De försökspersoner som deltog i försöken var antingen anställda på WSP:s kontor i Västra hamnen i Malmö eller medlemmar i Överviktigas Riksförbund. Detta utgör en begränsning då det inte fanns några möjligheter att påverka fördelningen av personernas BMI och ålder, men det är problematiskt att få frivilliga personer att ställa upp och man tager vad man haver.

### Datainsamlingsmetoder

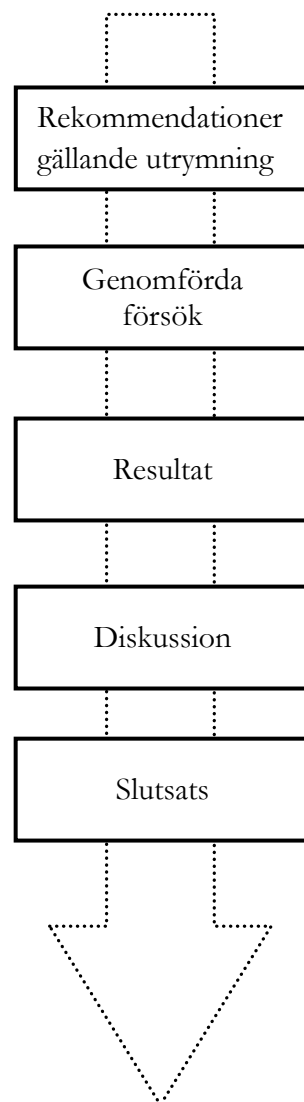
För att se om gånghastigheten varierar för personer med olika BMI genomfördes försök. Dessa försök skedde inomhus i kontorsmiljö, därför bars inga ytterkläder eller andra personliga saker av försökspersonerna.

Tre scenarier genomfördes:

- ett gruppöversök i trappor
- en enskild mätning i trappor
- ett enskilt översök på horisontellt underlag

Försökspersonerna genomförde varje moment två gånger vardera för att få ett säkrare resultat.

## 1.6 Disposition



Kapitel 2 inleder med en genomgång av de metoder som används vid dimensionering idag och vilka rekommendationer som finns för gånghastigheter. Här sker en uppdelning mellan gånghastigheter på horisontellt underlag och hastigheter nerför trappor.

Därefter kommer kapitel 3 där de översök som genomförts behandlas. Beskrivning om hur de har gått till och vilken utrustning som använts finns under detta kapitel.

Under kapitel 4 presenteras de resultat som översöken gav.

I diskussionen i kapitel 5 tas de olika funderingar som uppstått i samband med översöken upp. Här diskuteras bland annat vad som hade kunnat göras bättre och vilken betydelse resultaten har för dagens rekommendationer.

Till sist kommer en slutsats i kapitel 6 och efter det följer använda referenser samt bilagor.



## 2 ALLMÄNT OM GÅNGHASTIGHETER

---

Att tillfredsställande utrymning ska kunna genomföras vid brand är det första som nämns i kapitlet om utrymning i Boverkets byggregler (Boverket, 2008). Då detta arbete fokuseras på förflyttning är det denna parameter som förklaras i nedanstående avsnitt, men även persontäthet kommer att tas upp eftersom detta inverkar på hastigheten.

Boverkets byggregler (Boverket, 2008) säger att gångavståndet till närmsta utrymningsväg inte får vara längre än att brandcellen hinner utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår. Vilka gångavstånd kan accepteras och vad ligger egentligen till grund för de dimensionerande värdena som så flitigt används idag?

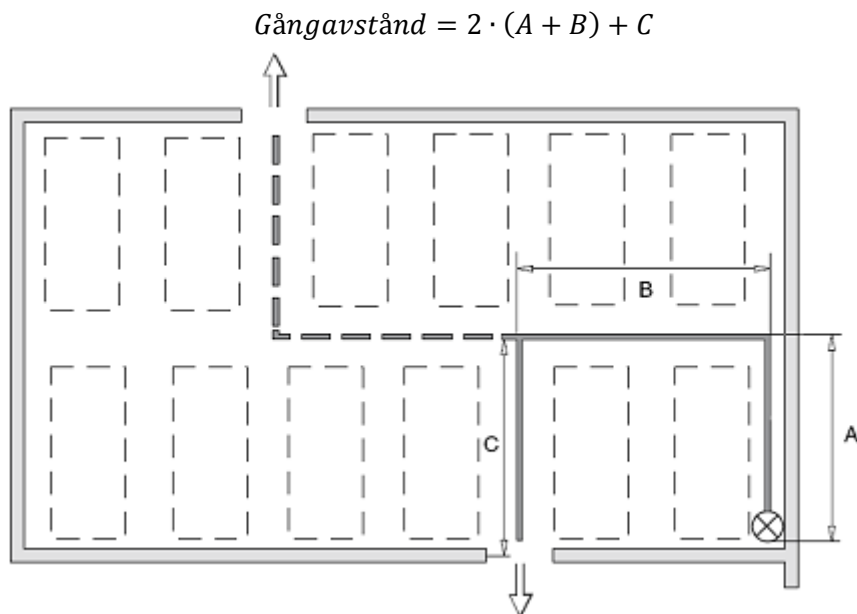
### 2.1 Metoder för dimensionering

För att överhuvudtaget kunna ta sig ut vid brand måste det finnas utrymningsvägar. En utrymningsväg definieras som en utgång direkt till det fria eller till annan säker plats (Fallqvist och Klippberg, 2006). Från lokaler där personer befinner sig mer än tillfälligt ska det finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Det betyder att om en väg blockeras av brand ska övriga kunna användas. Fönster kan i vissa fall användas som utrymningsväg.

Oberoende av om förenklad eller analytisk dimensionering används bör inte gångavståndet till en utrymningsväg överstiga 60 meter oavsett vilken verksamhet som bedrivs, se tabell 2.1 (Brandskyddshandboken, 2005).

#### Förenklad dimensionering

Vid förenklad dimensionering används förutbestämda rekommendationer från Boverket (2006). Gångavståndet bestäms då med hjälp av beräkningar som utgår från det längsta avståndet från den sämst belägna platsen i brandcellen till den närmaste utrymningsvägen, se figur 2.1. Skulle två vägar till olika utrymningsvägar sammanfalla motsvarar den gemensamma delen sin dubbla längd. Rör det sig om till exempel bostäder eller kontor multipliceras den gemensamma delen med 1,5. En trappa i utrymningsvägen antas motsvara ett horisontellt gångavstånd som är lika med nivåskillnaden multiplicerat med fyra.



**Figur 2.1:** Illustration av hur en utrymningsväg beräknas (Boverket, 2006).

Rekommendationer för hur lång gångvägen till närmsta utrymningsväg får vara visas i tabell 2.1, dessa varierar beroende på användningsområdet i lokalen. Installeras sprinkler, automatiskt brandlarm eller andra brandtekniska lösningar kan längre gångavstånd accepteras om dessa lösningar verifieras analytiskt (Boverket, 2006).

**Tabell 2.1:** Gångavstånd för olika typer av lokaler (Boverket, 2006).

Exempel på lokal	Gångavstånd [m]
Mekanisk verkstad, bryggeri	60
Bostäder, kontor, lager, industrier, garage	45
Hotell, varuhus, skolor, vårdbyggnader, restauranger, samlingslokaler, biografier och andra publika lokaler	30
Lokaler med omfattande hantering av brandfarliga ämnen, vissa samlingslokaler med danslokal eller alkoholserving	15

Problemet är att personer med övervikt kan ha en så pass låg gånghastighet att de inte hinner utrymma trots att avstånden inte överskrider det maximala. Beroende på hur mycket övervikten inverkar på gånghastigheten skulle det kunna bli aktuellt att minska de maximala gångavstånden för att alla individer, oavsett BMI, ska kunna ta sig ut vid en eventuell brand.

### Analytisk dimensionering

Analytisk dimensionering används då förenklad dimensionering inte är tillämpbar (Boverket, 2006). Tillfredställande utrymning säkerställs istället med andra metoder, exempelvis genom provning. Ofta sker detta genom att beräkna utrymningstiden vilken innefattar varseblivningstid, beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid. Förflyttningstiden beror bland annat på hur många personer som vistas i lokalen, hur de är fördelade och deras förmåga att förflytta sig. Denna tid kan beräknas för hand, se ekvationen nedan, eller med datormodeller. Förflyttningstiden är beroende av gångavstånd till utrymningsväg, gånghastigheten, antal personer som utrymmer, bredden på dörren samt det dimensionerande personflödet genom dörren.

$$\text{Förflyttningstid} = t_{g\ddot{a}ng} + t_{d\ddot{o}rr}$$

$$\text{d\ddot{a}r } t_{g\ddot{a}ng} = \frac{l}{v} \quad \text{och} \quad t_{d\ddot{o}rr} = \frac{n}{b \cdot f}$$

$l$  = avstånd till utgång [m]  
 $v$  = gånghastighet [m/s]  
 $n$  = antal personer som passerar dörren [-]  
 $b$  = dörrens bredd [m]  
 $f$  = dimensionerande personflöde genom dörr [personer/ms]

Vid denna typ av dimensionering används gånghastigheter som är framtagna för flera år sedan. Har överviktiga personer en lägre gånghastighet än normalviktiga, är det möjligt att dessa gånghastigheter inte längre är representativa för hela befolkningen. Det är då viktigt att ta hänsyn till detta vid projektering, så att alla individer har samma möjlighet att utrymma en byggnad innan kritiska förhållanden uppstår.

### 2.2 Gånghastigheter på horisontellt underlag

Gånghastigheten är beroende av persontätheten. Ju närmare personerna befinner sig varandra, desto mindre utrymme får de. Vid större avstånd mellan personerna, det vill säga vid låga persontätheter är det istället så att gånghastigheten bestäms av individernas egenskaper, som ålder och kön (Proulx, 2002). Vid en låg persontäthet på upp till 0,5 personer/m<sup>2</sup> ligger gånghastigheten i princip på en konstant nivå av 1,4 m/s. Därefter minskar gånghastigheten ju mer persontätheten ökar, och när persontätheten når 4 personer/m<sup>2</sup> närmar sig gånghastigheten 0 m/s. Detta beror på att personerna får svårare att röra sig när förflyttningen styrs av en gruppörelse istället för av den enskilde. Uppmätta gånghastigheter redovisas därför oftast som en funktion av persontätheten (Frantzich, 1993). SFPE-handboken (Proulx, 2002) beskriver samma fenomen, dock anges att den normala hastigheten är 1,25 m/s.

### Dimensionerande värden

Som exempel på dimensionerande värden tas de värden som rekommenderas i Utrymningsdimensionering (Boverket, 2006) och visas i tabell 2.2 som avser låg persontäthet och tabell 2.3 med hög persontäthet.

**Tabell 2.2:** Gånghastighet vid låg persontäthet (Boverket, 2006).

Förbindelse	Gånghastighet längs lutande planet
Horisontell	1,3 m/s
Nedför trappa	0,75 m/s

**Tabell 2.3:** Gånghastighet och personflöde vid hög persontäthet (Boverket, 2006).

Förbindelse	Gånghastighet längs lutande planet	Personflöde
Horisontell	0,6 m/s	1,2 pers/sm
Nedför trappa	0,5 m/s	1 pers/sm

Det är viktigt att uppmärksamma att ovanstående tabeller visar dimensionerande gånghastigheter och att exempelvis barn, äldre samt personer med ett högt BMI kan ha betydligt lägre hastigheter (Brandskyddshandboken, 2005). Dessutom visar värdena de dimensionerande hastigheterna vilket innebär att de verkliga gånghastigheterna kommer att vara högre eftersom det finns inbyggda säkerhetsmarginaler.

### 2.3 Gånghastigheter nedför trappor

Flödet i en trappa beror mer av trappans utformning, som till exempel måtten på trappstegen, än av persontätheten (Fruin, 1971). Förflyttning nedför trappor sker oftast mer ordnat och Fruin skriver att personer sällan passerar varandra på grund av olika hastigheter. Därför anser han att personflödet styrs av de långsammare personerna och detta syns tydligt då persontätheten överstiger 0,5 personer/m<sup>2</sup>. Dock konstaterar Pauls att de långsammare personerna passeras om så behövs, men att detta inte stör flödet i övrigt. För överviktiga personer kan det vara svårare att förflytta sig nedför trappor än på horisontellt underlag. Här kan det vara väldigt viktigt med viloplan som Pauls (2008) påpekar.

#### Experimentella värden

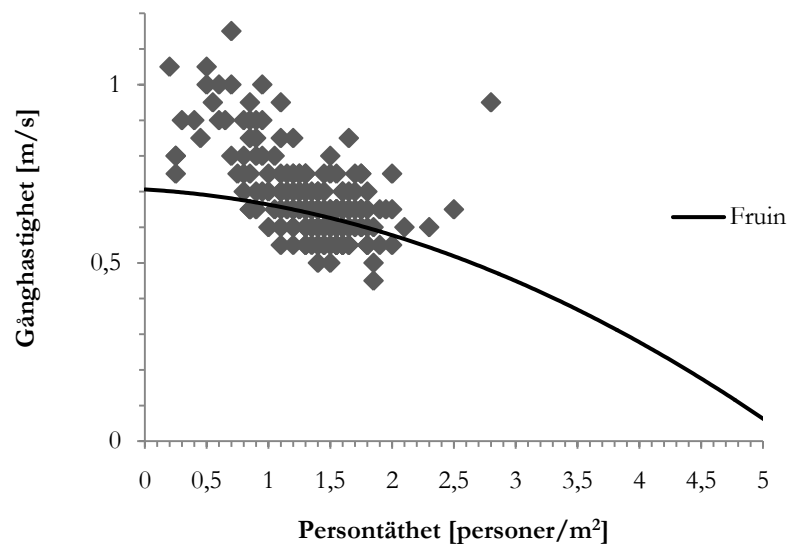
Frantzich (1994) har mätt gånghastigheter nedför trappor och jämfört sina resultat med tidigare försök från Pauls och Fruin. Resultatet från försöken visas i tabell 2.4. Försöken genomfördes med studenter som skulle gå i sin egen takt.



**Tabell 2.4:** Resultat från utrymningsförsök i trappor (Frantzich, 1994).

Persontäthet [personer/m <sup>2</sup> ]	Hastighet [m/s]	Flöde [personer/s]	Gångsätt
-	1	-	Enskilt
2,5	0,88	2,3	Grupp
2,4	0,82	2,0	Grupp
2,2	0,91	2,3	Grupp

Från utrymningsövningar i trappor, utförda av Fruin (1971) och Khisty (1985) visar det sig att en persontäthet som ligger vid ungefär 1,5-2 personer/m<sup>2</sup> uppfattas som acceptabel av försökspersonerna. Fruin använde i sina försök två trappor med olika förutsättningar. Ett medelvärde av de två underökningarna presenteras som en graf i figur 2.2.

**Figur 2.2:** Gånghastighet ned för trappor som funktion av persontäthet, baserat på undersökningar av Fruin (1971).

Fruin konstaterar att när det finns utrymme för personerna att gunga i sidled med kroppen och det åtminstone finns två steg lediga till framförvarande person, har personen det utrymme som behövs för att en normal förflyttning ska kunna ske.

### Dimensionerande värden

Frantzich (1994) har uppskattat vilka dimensionerande värden de olika parametrarna bör ha. Dessa rekommendationer visas i tabell 2.5.

**Tabell 2.5:** Rekommenderade värden för utrymning i trappor (Frantzich, 1994).

Persontäthet	2 personer/m <sup>2</sup>
Hastighet	0,5 m/s
Avstånd	0,7 m
Personflöde	1 person/ms

Skillnaden mellan de experimentella och dimensionerande värdena är att de dimensionerande värdena tar hänsyn till osäkerheter i resultaten samtidigt som en säkerhetsmarginal byggs in. Detta betyder att de dimensionerande värdena är lägre än de experimentella vilket gör det svårt att jämföra värdena utan att veta vad som ligger till grund dem.

## 2.4 Persontäthet/Personflöde

Det vanligaste sättet att ange persontäthet på är antalet personer per areaenhet. Predtetschenski och Milinski (1971) samt Kendik (1983) anger istället persontätheten som förhållandet mellan den horisontellt projicerade arean som en person upptar och den totala area de befinner sig på. Fördelen med denna metod är att hänsyn kan tas till att personer tar upp olika stor plats. Kendik visar att beräkningar av persontätheten stämmer väl överens med utförda utrymningar av högre byggnader (Frantzich, 1993).

Ekvationen nedan visar sambandet mellan personflöde och hastighet. Flödet är även beroende av persontätheten och förbindelsens bredd (Frantzich, 1994).

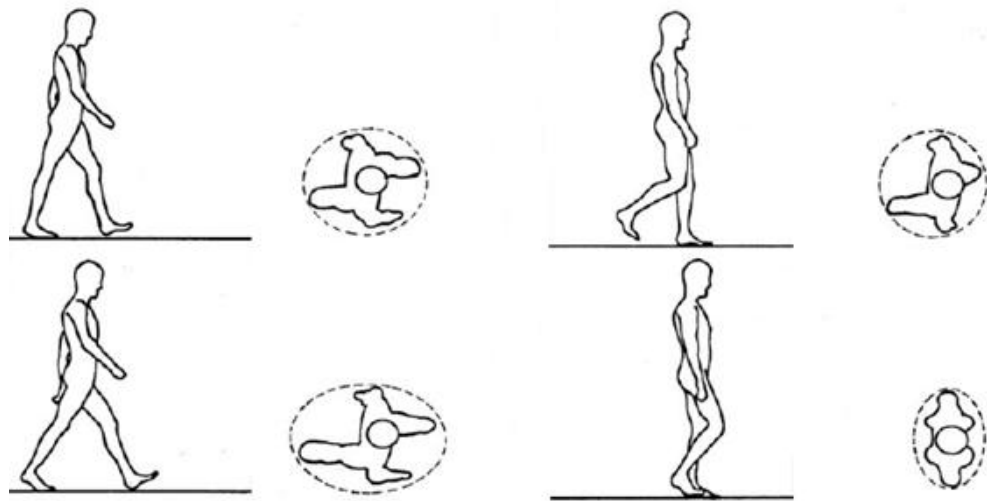
$$F = v \cdot D \cdot b$$

$F$  = flöde [personer/s]  
 $v$  = gånghastighet [m/s]  
 $D$  = persontäthet [personer/m<sup>2</sup>]  
 $b$  = förbindelsens bredd [m]

Vanligtvis bestämmer människans axelbredd den dimensionerande bredden på dörröppningar, trappor med mera. Dessa är ofta anpassade så att två personer ska kunna gå i bredd, men det blir sällan så i praktiken eftersom människor tenderar att gå med större avstånd än vad beräkningar visar. Anledningen till detta kan vara att det ligger i människans natur att de helst vill se hela personen framför. Därför är det vanligt att gå minst två meter bakom för att dels undvika att trampa på personens hälar och dels för att kunna se hela den framförvarande personen (Fruin, 1971).

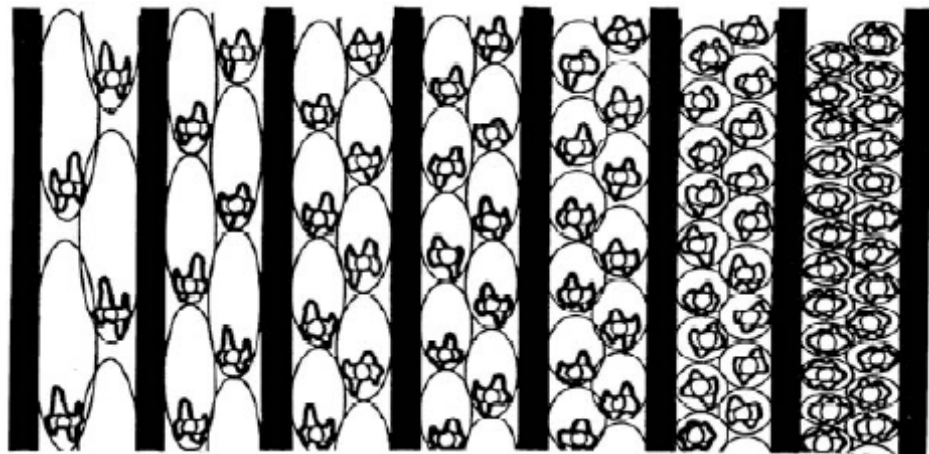
En elliptisk modell användes tidigt i USA för att representera den area som en person upptar. Den första uppskattningen, där hänsyn endast togs till bälens symmetri, var mest lämpad för byggnader där persontätheten var hög och gånghastigheten låg på grund av att personers laterala kroppsvängning blir mer utpräglad när gånghastigheten minskar. Figur 2.3 visar däremot olika gånghastigheter som beskrivs med ellipser där personen längst ner till höger motsvarar långsam gång och personen längst ner till vänster snabb gång. Ellipsernas varierande utseende beror på, som det nämndes ovan, att vid lägre hastigheter kränger kroppen mer i sidled medan vid högre hastigheter

förlängs stegen, vilket förklarar de olika riktningarna på ellipserna (Pauls, 2003).



**Figur 2.3:** Elliptisk modell som används för att avbilda en persons area vid gång (Pauls, 2003).

Arean som en person upptar ökar med ökande gånghastighet. Detta beror inte enbart på att människan sträcker ut benen mer, utan Pauls liknar det med bilkörning – ju högre hastighet desto större avstånd lämnar man till bilen framför. Detta visas i vidareutvecklingen av den elliptiska modellen samt av Halls (1969) så kallade revirbubblor och visas i figur 2.4. Figuren ger en bättre förståelse för hur gånghastighet och persontäthet beror av varandra.



**Figur 2.4:** Olika persontätheter, lägst till vänster och högst till höger (Pauls, 2003).

Till vänster i figur 2.4 är persontätheten låg och personerna har därför större möjlighet att röra sig fritt. I den högra delen av bilden ökar persontätheten och personernas rörlighet, och därmed gånghastigheten, minskar. Tabell 2.6 är en kvantifiering av figur 2.4 och visar gånghastigheten vid den aktuella persontätheten. Denna teoretiska modell ger att en persontäthet på 1,4 personer/m<sup>2</sup> uppskattningsvis

skulle ge det högsta flödet vilket motsvaras av den femte kolumnen från vänster.

**Tabell 2.6:** Persontäthetens inverkan på gånghastighet och flöde (Pauls, 2003).

<b>Persontäthet [personer/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Hastighet [m/s]</b>	<b>Flöde [personer/s]</b>
0,45	1,3	0,82
0,68	1,2	1,14
0,91	1,2	1,40
1,13	1,0	1,60
1,40	0,9	1,80
2,00	0,6	1,70
2,70	0,3	1,13

För utrymningsberäkningar har det tagits fram mått för en dimensionerande kroppsstorlek (Fruin, 1971), där utgångspunkten varit axelbredd samt kropps djup. Dessa visas i tabell 2.7. Måtten inkluderar eventuella kropps rörelser som krängande, undvikande av kropps kontakt med andra människor, medhavda personliga ägodelar som väskor samt kläder.

**Tabell 2.7:** Kroppsmått för dimensionering av utrymningsvägar (Fruin, 1971).

Axelbredd	0,53 m
Kropps djup	0,33 m
Medelarea	0,14 m <sup>2</sup>

## 2.5 Sammanfattning av gånghastigheter

I rapporten Utrymningsvägars fysiska kapacitet (Frantzich, 1993) jämförs flera undersökningar av människors förflyttningsförmåga. De värden som framkommit visas i tabell 2.8.

**Tabell 2.8:** Värden rekommenderade av olika forskare (Frantzich, 1993).

	Grundare		Anmärkning
<b>Horisontell gånghastighet</b>	Togawa	1,3 m/s	Enskild
		1,0 m/s	Grupp
	Fruin	1,25 m/s	Störs ej av andra
<b>Trappor nedför</b>	Togawa	0,65 m/s	Enskild
		0,5 m/s	Grupp
	Fruin	0,63 m/s	

Resultaten har sammanställts av Frantzich för att ge de rekommenderade värdena som visas i tabell 2.9.

**Tabell 2.9:** Rekommenderade värden enligt Frantzich (1993).

Horisontell gånghastighet	0,8-1,2 m/s
Gånghastighet nedför trappa	0,5-0,8 m/s

Detta kapitel har gett en översiktlig beskrivning av hur gånghastighet används i utrymningsdimensionering samt vilka värden som tagits fram genom experiment och vilka som används vid dimensionering. Kommande kapitel kommer att behandla författarnas egna försök där gånghastighet nedför trappor och på horisontellt underlag tas fram.



## 3 GENOMFÖRDA FÖRSÖK

Hur har försöken gått till? Här presenteras tillvägagångssättet. De försök som kommer att genomföras är: en gruppmedmätning nedför trappor, en enskild mätning nedför trappor samt en enskild mätning på horisontellt underlag. Efter detta presenteras information om de trappor som använts.

### 3.1 Försök i trappor

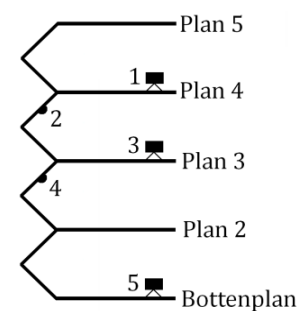
#### Mätning i grupp

Vid gruppmedmätningen går försökspersonerna i grupp nedför tre trappor, se avsnitt 3.4 och 3.5 för information om de trappor som används i försöken. Gruppen börjar på våning 5 men mätningar påbörjas inte förrän på våning 4, vilket betyder att försöket sker med en så kallad flygande start. Videokameror sätts upp vid varje trappavsats, se figur 3.1 och 3.2, och synkroniseras inför försöken för att i efterhand kunna beräkna gruppens gånghastighet. Gruppen kommer att gå med tre olika

persontätheter. Försöksledarna kommer inte att placera ut personer för att uppnå de olika persontätheterna, utan detta avgör personerna själva utefter hur de upplever det. Vid det första delförsöket i gruppmedmätningen ombeds personerna att gå nerför trapporna med ett avstånd som enligt försökspersonerna upplevs som normalt, därefter tätt och sedan med glest avstånd. Personerna går med en slumpmässig inbördes ordning och



Figur 3.2: Upphängning av kamera.



Figur 3.1: Siffrorna visar hur kamerorna är uppställda på de olika planen.

med sin normala gånghastighet. Därefter kommer försöket att upprepas där dels ordningen på personerna och dels persontätheten kommer att varieras för att försökspersonerna inte ska påverkas av dessa faktorer. Avstånden i andra delförsöket kommer därför att vara i följande ordning: glest, normalt, tätt.

För beräkning av persontätheten kommer försöksledarna, innan försöken påbörjas, att markera ett område i trappan. Området markeras



**Figur 3.3:** Uppställning av kameror i trappan på Hjälpmedelscentrum.



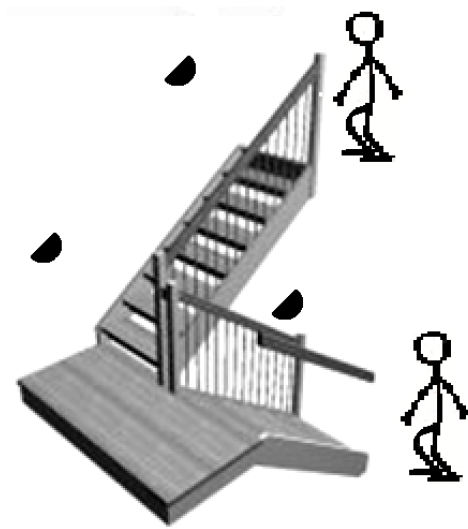
**Figur 3.4:** Uppställning av kamera i trappan på Hjälpmedelscentrum.

genom att en pinne placeras i området i hörn, så att dessa kommer med på filmen. Pinnen tas sedan bort för att inte störa försökspersonerna i deras förflyttning. När videobanden granskas efter försöken markeras det givna området på bildskärmen och antal personer inom arean kan lätt beräknas. Det område som kommer att markeras är beläget i den första trappan, det vill säga under kamera 2 i figur 3.1. Se även hur upphängningen är genomförd i figur 3.2.

### **Mätning av enskilda personer**

Gruppen med försökspersonerna samlas högst upp i byggnaden. Personerna ska en efter en, med flygande start, gå ned för tre trappor med den takt som de vanligtvis håller. Videokameror sätts upp på varje trappavsats och synkroniseras innan försöken för att i efterhand kunna beräkna varje persons gånghastighet, se figur 3.3 och 3.4. De hastigheter som sedan ska beräknas är för en kort trappa (från plan 4 till plan 3) samt en lång trappa (från plan 4 till bottenplan). För att undvika att personerna ska påverkas av varandras olika gånghastigheter är det viktigt att den framförvarande personen hunnit tillräckligt långt ner för att nästa person inte ska höra eller se den första personen. Försöksledaren som står längst upp och släpper iväg försökspersonerna hjälper därför försökspersonerna så att detta går rätt till, se figur 3.5. Detta försök genomförs två gånger tillsammans med försöket på plant underlag, se avsnitt 3.2.



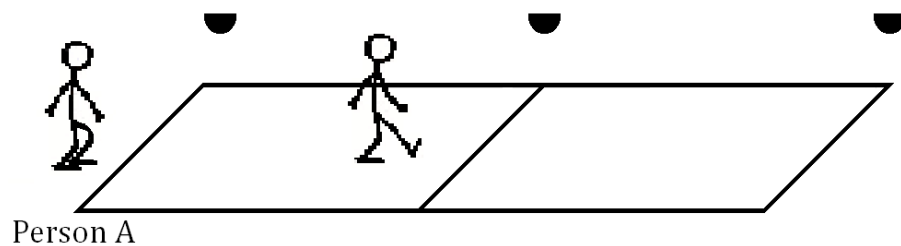


**Figur 3.5:** Bilden visar en del av en trappa. Här ses videokamerornas placering samt försöksledarna.

### 3.2 Försök på horisontellt underlag

#### Mätning av enskilda personer

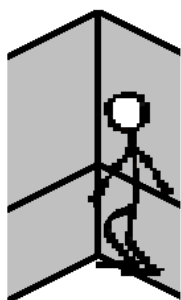
Kameror sätts upp vid start och slut samt i mitten av sträckan så att variation i gånghastighet över tiden kan beräknas. Vid mätningen på horisontellt underlag mäts gånghastigheten som en funktion av avlagd sträcka. Försökspersonerna går en sträcka på 100 meter, se figur 3.6. Person A släpper iväg personerna en och en, med mellanrum så att de inte ser eller hör varandra för att undvika att deras gånghastighet påverkas av varandra. I detta försök används inte en flygande start. Varje försöksperson går samma sträcka två gånger i samband med att de även går nedför trapporna. De går alltså först nedför trapporna, sedan direkt på plant underlag och därefter upprepas proceduren en gång.



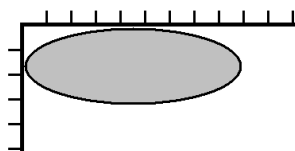
**Figur 3.6:** Skiss över försöket på horisontellt underlag.

### 3.3 Mätning av försökspersoner

Varje försöksperson kommer att mätas och vägas för att deras BMI samt area ska kunna beräknas. En vanlig badrumsvåg används för vägning av personerna och en tumstock som placerats på väggen används för mätning av längden. Vid beräkning av area behövs försökspersonernas bredd och djup. Dessa tas fram genom att personen ställer sig med axeln respektive ryggen mot väggarna i ett hörn och mått tas på det bredaste samt djupaste stället på kroppen, se figur 3.7 och 3.8. Personernas area beräknas sedan genom att formen antas vara en ellips.



**Figur 3.8:** Mätning av försökspersonernas längd, bredd samt djup.



**Figur 3.7:** Mätning av försökspersonernas bredd och djup sett ovanifrån.

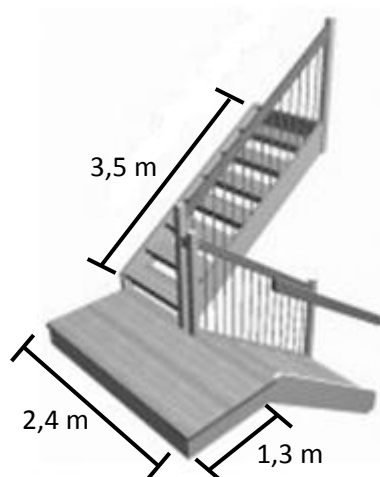
I samband med mätningen fick försökspersonerna fylla i en enkät där de fick uppskatta sitt eget hälsotillstånd, se bilaga 2.

### 3.4 Information om trapporna på WSP

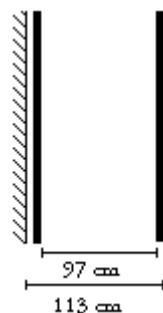
Här ges information om trapporna som finns på WSP:s kontor i Malmö. Den korta och långa trappa som används i försöken är samma trappa, men beroende på vad som ska mätas används olika delar av den. Totalt sträcker sig trappan mellan fem våningar.

Figur 3.9 visar trappan mellan två olika våningsplan. Den första samt andra delen av trappan är 3,5 meter vardera. Mätt längs centrumlinjen på platån är gångavståndet 2,6 meter.

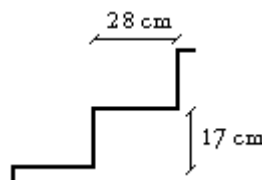
Trappan är totalt 113 cm bred, avståndet mellan ledstängerna, är 97 cm. Steghöjden är 17 cm, och steglängden 28 cm och en lutning av  $31^\circ$ . Se figur 3.10 och 3.11. På ena sidan av trappan är det en vägg. Avståndet till väggen från centrum av ledstängerna är 9,5 cm.



Figur 3.9: Trappa mellan två våningsplan.



Figur 3.10: Trappans bredd.



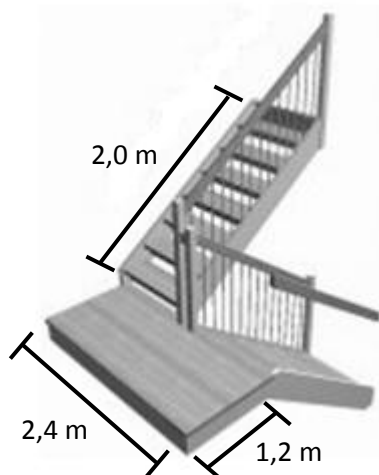
Figur 3.11: Steghöjd och steglängd.

### 3.5 Information om trapporna på Hjälpmedelscentrum

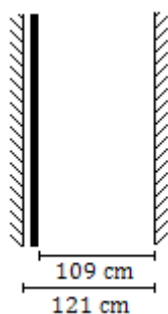
Den tillgängliga trappan är endast belägen mellan två våningsplan, till skillnad från WSP där trappa sträckte sig mellan fem våningsplan. Detta betyder att försöken på Hjälpmedelscentralen endast kan genomföras i kort trappa.

Figur 3.12 visar trappan mellan två olika våningsplan. Den första samt andra delen av trappan är 2,0 meter vardera. Mätt längs centrumlinjen är gångavståndet på platån 2,4 meter.

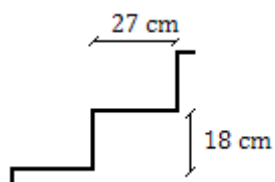
Trappan är totalt 121 cm bred, avståndet mellan ledstången och väggen är 109 cm. Steghöjden är 18 cm och steglängden 27 cm och med en lutning av 34°. Se figur 3.13 och 3.14. På ena sidan av trappan är det en vägg. Avståndet till väggen från centrum av ledstångerna är 10 cm.



Figur 3.12: Trappa mellan två våningsplan.



Figur 3.13: Trappans bredd.



Figur 3.14: Steghöjd och steglängd.





## 4 RESULTAT

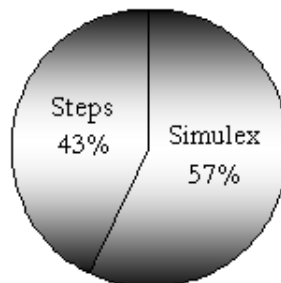
Pauls (2008) menar att studier som ligger till grund för dagens rekommendationer inte längre är relevanta på grund av populationen har ökat i vikt. Har överviktiga personer en lägre gånghastighet än normalviktiga personer och påverkar försökspersonernas ålder? Här redovisas resultaten från försöken.

### 4.1 Sammanställning av konsultenkät

För att få en uppfattning om hur utrymningsberäkningar utförs idag har en enkät skickats ut till olika svenska konsultföretag. Frågorna berör utrymningsberäkningar och har inte någon koppling till om förutsättningarna ändras vid högre BMI. Responsen blev inte lika omfattande som förväntad, men de sju svar som inkommit redovisas nedan.

Figur 4.1 visar hur användningen av datorprogram fördelas bland konsultföretagen. Eftersom svaren var så få kan ingen tydlig övervikt utläsas.

Vilket datorprogram använder ert företag oftast vid utrymningsberäkningar?



**Figur 4.1:** Procentuell fördelning av datorprogramanvändning bland konsulter.

Alla använder handberäkningar vid uppskattning av förflyttningstider, dock använder en del endast dessa vid enklare lokaler. Utrymningsdimensionering (Boverket, 2006) används flitigt när det gäller dimensionerande värden på gånghastighet och personflöden, med något enstaka undantag.

Övriga synpunkter som dök upp var visserligen intressanta och viktiga, men kommer inte att behandlas närmare då de ej var relevanta för denna rapport. Köbildning var något som togs upp i flera svar, vilket tyder på att mer forskning efterfrågas inom detta område. Enkäten samt de fullständiga svaren finns i bilaga 1.

## 4.2 Sammanställning av försökspersonernas enkätsvar

De frågor som försökspersonerna svarat på i enkäterna finns redovisade i bilaga 2. I detta avsnitt redovisas en sammanställning av de svar som inkommit.

Tabell 4.1 visar ålders- och BMI-fördelningen hos de försökspersoner som deltog.

**Tabell 4.1:** Försökspersonernas fördelning av BMI och ålder.

Ålder	BMI			
	20-24,9	25-29,9	30+	
18-39	17	7	2	<b>26</b>
40-49	2	1	2	<b>5</b>
50+	4	4	4	<b>12</b>
<b>Summa</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>=43</b>

Tabell 4.2 och 4.3 visar försökspersonernas motionsvanor uppdelade på ålder respektive BMI och tabell 4.4 och 4.5 visar personernas egna uppskattade allmäntillstånd, också dessa uppdelade på ålder respektive BMI.

Om dessa tabeller läses parallellt kan ett visst samband utläsas. De persongrupper som motionerar upplever också sitt allmäntillstånd som bättre än de som inte motionerar. Däremot finns inget tydligt samband mellan motion och BMI eller ålder. Motion förekommer alltså i alla ålders- och BMI-grupper.

**Tabell 4.2:** Försökspersonernas svar på hur ofta de motionerar sorterat efter ålder.

Ålder	Motion per vecka				
	3 och fler ggr	1-2 ggr	Då och då	Aldrig	
18-39	10	11	5	0	<b>26</b>
40-49	1	2	2	0	<b>5</b>
50+	2	3	5	2	<b>12</b>
<b>Summa</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>=43</b>

**Tabell 4.3:** Försökspersonernas svar på hur ofta de motionerar sorterat efter BMI.

BMI	Motion per vecka				
	3 och fler ggr	1-2 ggr	Då och då	Aldrig	
20-24,9	7	9	6	1	<b>23</b>
25-29,9	3	5	4	0	<b>12</b>
30+	3	2	2	1	<b>8</b>
<b>Summa</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>=43</b>



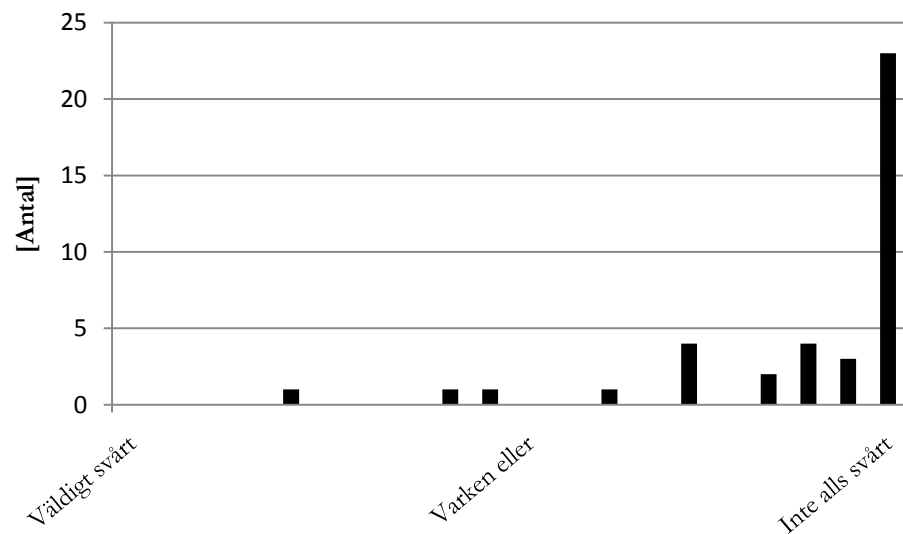
**Tabell 4.4:** Försökspersonernas uppfattning om sin hälsa sorterat efter ålder.

Ålder	Allmäntillstånd				
	Mkt bra	Bra	Någorlunda	Dåligt	
18-39	12	12	2	0	<b>26</b>
40-49	1	4	0	0	<b>5</b>
50+	3	7	1	1	<b>12</b>
<b>Summa</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>=43</b>

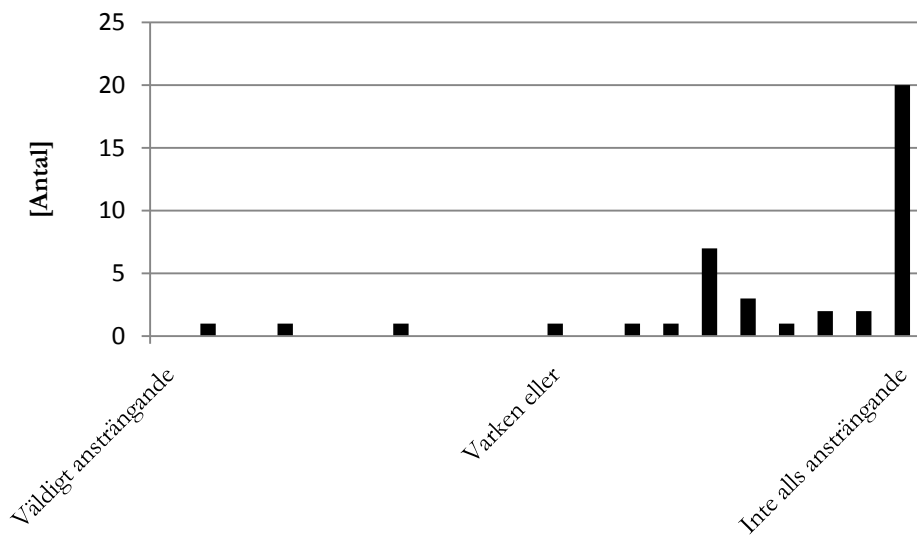
**Tabell 4.5:** Försökspersonernas uppfattning om sin hälsa sorterat efter BMI.

BMI	Allmäntillstånd				
	Mkt bra	Bra	Någorlunda	Dåligt	
20-24,9	10	13	0	0	<b>23</b>
25-29,9	5	6	1	0	<b>12</b>
30+	1	4	2	1	<b>8</b>
<b>Summa</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>=43</b>

Figur 4.2 visar försökspersonernas uppskattning av förmågan att delta i vardagliga fysiska aktiviteter. Staplarna visar tydligt att de allra flesta inte har några större problem med detta.

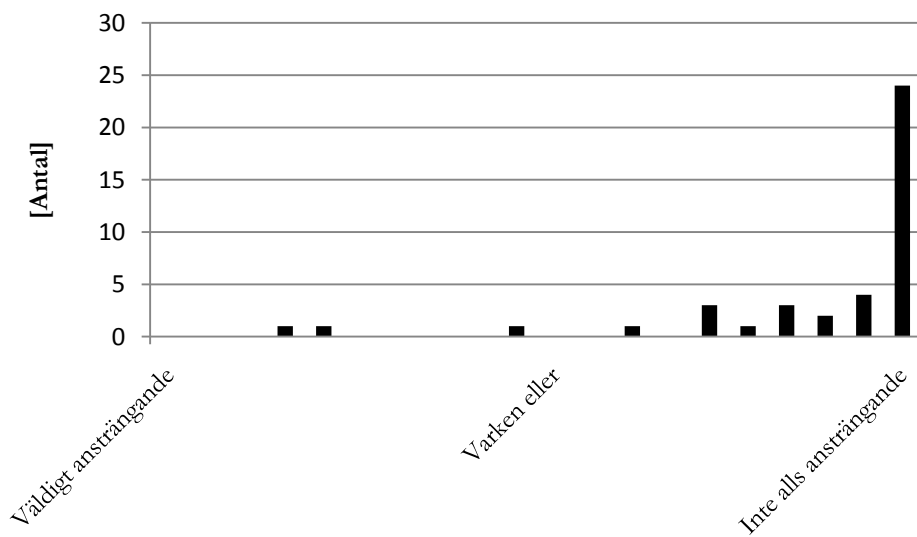
**Figur 4.2:** Diagram över hur svårt försökspersonerna anser sig ha att delta i vardagliga fysiska aktiviteter.

I figur 4.3 illustreras försökspersonernas uppfattning om hur det känns att gå ned för trappor. Precis som i föregående figur har de flesta inga större problem med trappor.



**Figur 4.3:** Diagram över hur försökspersonerna tycker det är att gå ned för trappor.

Likasa i figur 4.4 anser en övervägande majoritet av försökspersonerna att det inte krävs så stor ansträngning för att gå en längre sträcka på plant underlag.



**Figur 4.4:** Diagram över hur försökspersonerna tycker det är att gå längre sträckor på plan mark.

### 4.3 Skillnad i gånghastighet mellan normal- och överviktiga personer

För att se om det är skillnad i gånghastighet mellan normal- och överviktiga personer har beräkningar genomförts i Microsoft Excel och resultaten visas nedan. Vid beräkningarna användes en metod kallad t-testet och denna förklaras i bilaga 3. För att en skillnad ska vara statistiskt säkerställd måste en signifikansnivå bestämmas. Denna har satts till 5 % på grund av att risken för att göra felaktiga antaganden ska minimeras. Information om försökspersonernas individuella gånghastighet för varje försök redovisas i bilaga 4.

I tabell 4.6 visas resultaten av beräkningar från försöket i kort trappa. Här kan inte en signifikant skillnad säkerställas då sannolikheten  $P(T \leq t)$  överstiger 5 %. Det kan därför inte utläsas någon signifikant skillnad i gånghastighet mellan normalviktiga personer och överviktiga personer i den korta trappan.

**Tabell 4.6:** Resultat av beräkningar på gånghastighet i kort trappa.

<b>Hastighet kort trappa</b>	<b>Normalviktiga</b>	<b>Överviktiga</b>
Medelvärde	0,885	0,802
Varians	0,00776	0,0610
Observationer	23	20
<b>P(T&lt;=t) tvåsidig</b>	<b>0,142</b>	

Resultatet av beräkningarna för gånghastigheten i lång trappa visas i tabell 4.7. Även här är  $P(T \leq t)$  tvåsidig större än 5 %, och ingen skillnad i gånghastighet kan därför säkerställas.

**Tabell 4.7:** Resultat av beräkningar på gånghastighet i lång trappa.

<b>Hastighet lång trappa</b>	<b>Normalviktiga</b>	<b>Överviktiga</b>
Medelvärde	0,863	0,844
Varians	0,00837	0,00885
Observationer	23	16
<b>P(T&lt;=t) tvåsidig</b>	<b>0,526</b>	

Tabell 4.8 visar resultatet av försöket som genomfördes på horisontellt underlag. Då  $P(T \leq t)$  tvåsidig är mindre än 5 % är det signifikant säkerställt att det finns en skillnad i gånghastighet mellan normalviktiga och överviktiga personer. Hur stor skillnaden är kan dock inte beräknas med denna metod.

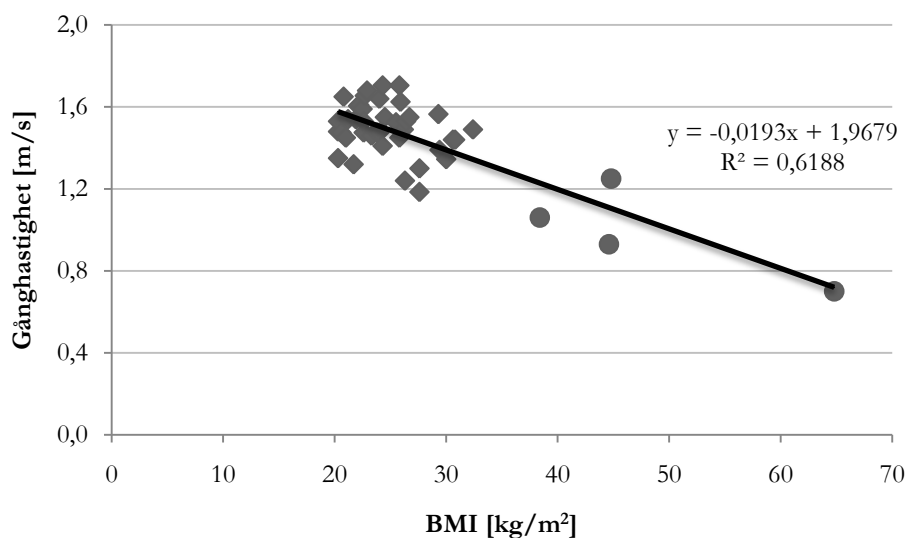
**Tabell 4.8:** Resultat av beräkningar av gånghastighet på horisontellt underlag.

Hastighet horisontellt underlag	Normalviktiga	Överviktiga
Medelvärde	1,53	1,36
Varians	0,0104	0,06
Observationer	23	20
<b>P(T&lt;=t) tvåsidig</b>	<b>0,00426</b>	

#### 4.4 Gånghastighet som funktion av BMI

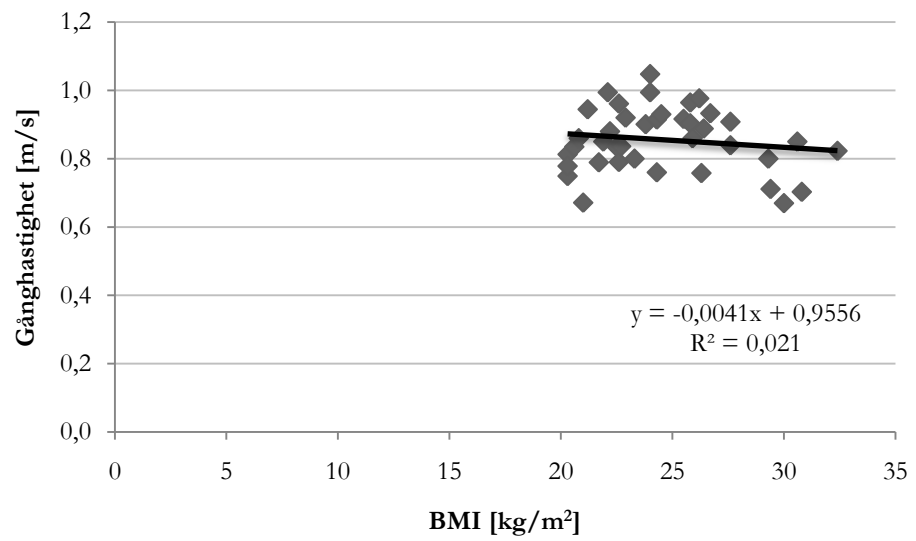
Beräkningar för att se om det kan utläsas linjära samband mellan gånghastigheterna och försökspersonernas BMI har utförts. Regressionskoefficienten ( $R^2$ ) bör överstiga 0,6 för att materialet ska kunna beskrivas med en rät linje. Är  $R^2$  för lågt kan inget samband mellan hastighet och BMI utläsas, se även bilaga 3. Resultaten redovisas i diagram där både rådata och regressionslinje är inritat. De runda prickarna i diagrammen visar försökspersonerna från Överviktigas Riksförbund och diamanterna försökspersonerna från WSP.

Det visar sig att gånghastigheten minskar med ökande BMI när det gäller gång på horisontellt underlag, se figur 4.5, och då  $R^2$  överstiger 0,6 kan detta samband beskrivas med en rät linje.



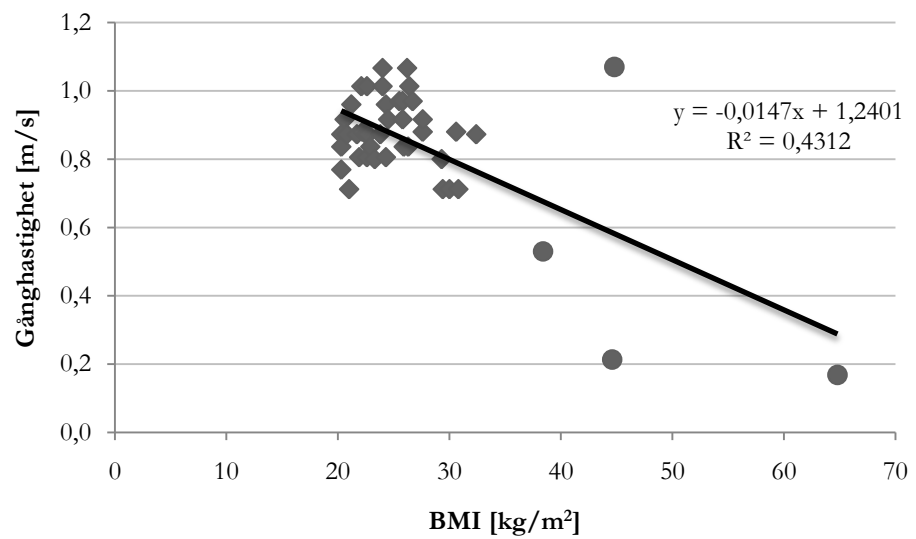
**Figur 4.5:** Figuren visar hur gånghastigheten minskar med ökande BMI på horisontellt underlag.

Figur 4.6 visar att gånghastigheten i lång trappa inte är lämplig att beskrivas med en rät linje. Regressionskoefficienten blir väldigt liten, vilket betyder att spridningen kring linjen är för stor. I detta försök deltog inte alla personer då Hjälpmedelscentrum i Malmö inte har en lång trappa.



Figur 4.6: Korrelation mellan gånghastighet i lång trappa och BMI.

Inte heller i den korta trappan är det lämpligt att beskriva hastigheten som funktion av BMI med en rät linje, se figur 4.7, då spridningen kring linjen är för stor.



Figur 4.7: Korrelation mellan gånghastighet i kort trappa och BMI.

#### 4.5 Skillnad i gånghastighet mellan äldre och yngre

Jämförelser mellan äldre och yngre personers gånghastigheter har beräknats på samma sätt som i avsnitt 4.3. Försökspersonernas individuella gånghastighet för varje försök finns i bilaga 4. I dessa beräkningar har äldre definierats som 50 år eller äldre.

Som visas i tabell 4.9 överstiger  $P(T \leq t)$  tvåsidig 5 %, och ingen skillnad i gånghastighet mellan äldre och yngre personer kan därför säkerställas statistiskt.

**Tabell 4.9:** Resultat av beräkning med t-test för kort trappa.

Hastighet kort trappa	Yngre	Äldre
Medelvärde	0,86	0,82
Varians	0,0245	0,0595
Observationer	31	12
<b><math>P(T \leq t)</math> tvåsidig</b>	<b>0,538</b>	

Inte heller resultaten i lång trappa kan säkerställa en skillnad i gånghastighet, se tabell 4.10.

**Tabell 4.10:** Resultat av beräkning med t-test för lång trappa.

Hastighet lång trappa	Yngre	Äldre
Medelvärde	0,85	0,86
Varians	0,0081	0,0107
Observationer	30	9
<b><math>P(T \leq t)</math> tvåsidig</b>	<b>0,967</b>	

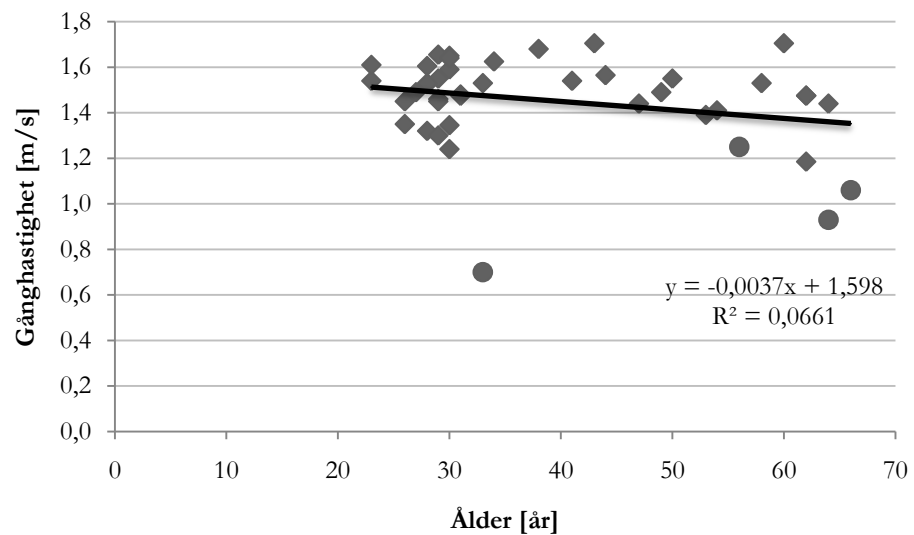
Gällande gånghastighet på horisontellt underlag, kan en något större differens ses i medelvärdena för de två olika grupperna. Detta räcker dock inte till för att kunna säkerställa en signifikant skillnad, se tabell 4.11.

**Tabell 4.11:** Resultat av beräkning med t-test för horisontellt underlag.

Hastighet horisontellt underlag	Yngre	Äldre
Medelvärde	1,48	1,37
Varians	0,0343	0,0489
Observationer	31	12
<b><math>P(T \leq t)</math> tvåsidig</b>	<b>0,0850</b>	

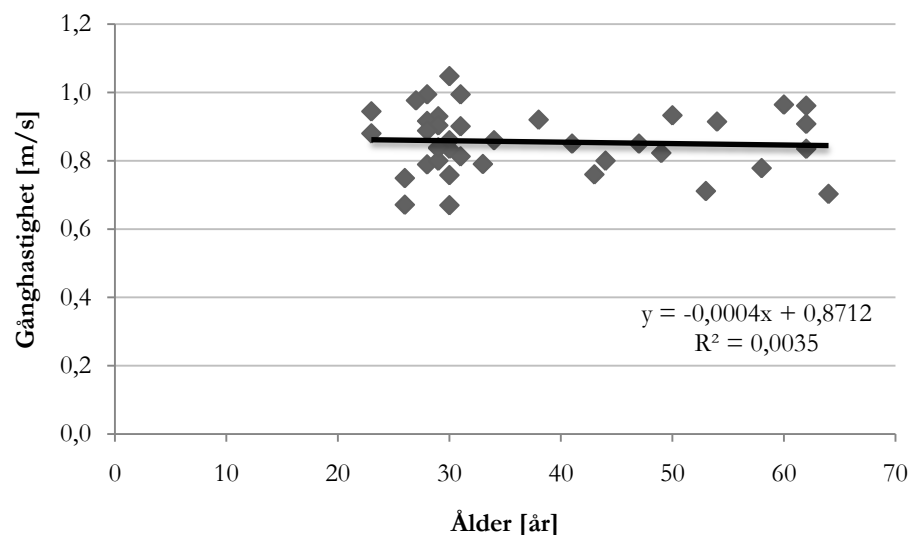
#### 4.6 Gånghastighet som funktion av ålder

För att se om åldern har ett samband med gånghastigheten har även här försök gjorts att anpassa en rät linje till resultaten, se figur 4.8. För information om den bakomliggande teorin gällande regressionslinjen se bilaga 3. Nedan visas hastigheten för horisontellt underlag. Figuren visar att åldern inte inverkar på gånghastigheten, då  $R^2$  är lågt.



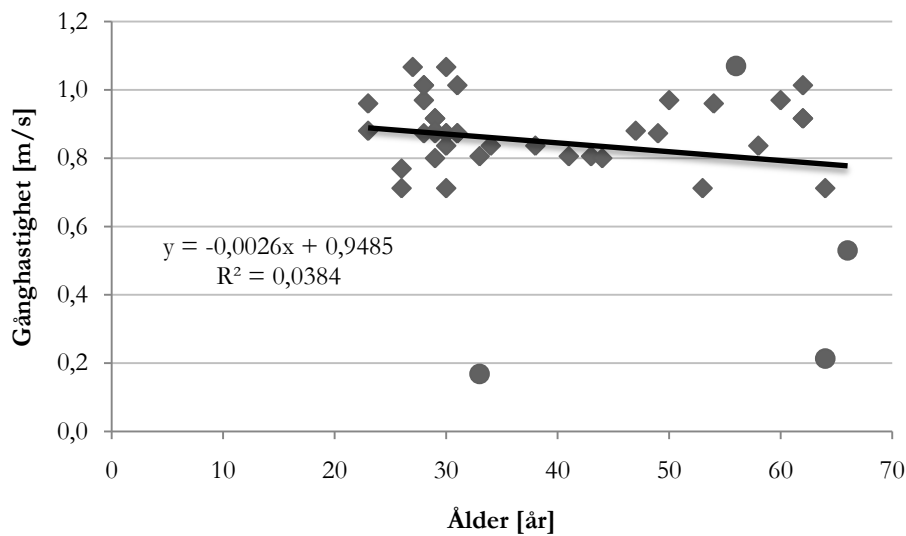
Figur 4.8: Gånghastighet som funktion av ålder på horisontellt underlag.

Figur 4.9 visar gånghastigheten som funktion av åldern i lång trappa. Inte heller denna går att beskriva med en rät linje och ingen tydlig skillnad i hastighet beroende på ålder kan utläsas.



Figur 4.9: Gånghastigheten som funktion av ålder för lång trappa.

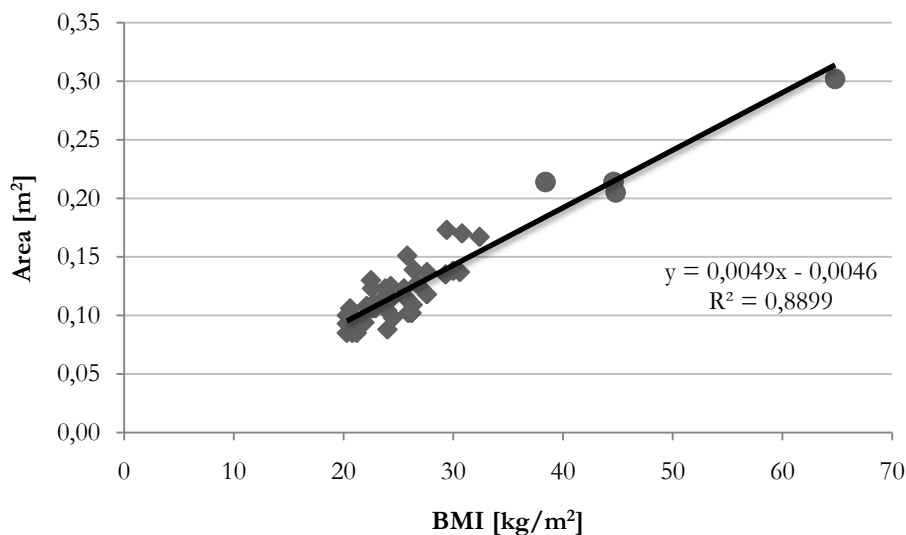
Ovanstående resonemang gäller även för gånghastigheten i kort trappa, se figur 4.10, det vill säga att gånghastigheten inte varierar med åldern.



Figur 4.10: Hastighet som funktion av ålder för kort trappa.

#### 4.7 Area som funktion av BMI

För att bedöma sambandet mellan personernas area och deras BMI har Microsoft Excel använts på samma sätt som tidigare. Resultatet visas i figur 4.11. Försökspersonernas mått och BMI redovisas i bilaga 5. Arealen som funktion av BMI kan beskrivas med en rät linje, vilket betyder att ju högre BMI en person har desto större area upptar personen.



Figur 4.11: Arealen som funktion av BMI.



Tabell 4.12 visar medelvärdet av försökspersonernas bredd och djup. De har delats upp i normalviktiga och överviktiga. Detta är endast personernas mått. Kroppsrörelser eller personliga saker är inte medräknade.

**Tabell 4.12:** Medelvärdet för normalviktigas och överviktigas bredd samt djup.

	<b>Bredd [cm]</b>	<b>Djup [cm]</b>
Normalviktiga	49	27
Överviktiga	57	35

#### 4.8 Persontäthet

Vid grupp-mätningarna i trapporna kan ingen skillnad i hastighet beroende på persontäthet utläsas, se tabell 4.13. Försökspersonerna höll i genomsnitt en gånghastighet över 0,9 m/s oavsett hur tätt eller glest de gick.

**Tabell 4.13:** Persontäthet och hastighet vid grupp-mätningen.

<b>Medelpersontäthet [pers/m<sup>2</sup>]</b>			<b>Hastighet [m/s]</b>
Tätt	2,22	→	0,925
Normalt	1,48	→	0,921
Glest	0,73	→	0,916

Försöksledarna observerade under grupp-mätningen att:

- om en individ startade lite snabbare tog resten av gruppen igen försprånget genom att gå snabbare, det vill säga att avståndet till framförvarande person verkade viktigare än att hålla sin egen takt.
- försökspersonerna upplevde att hastigheten var högre när persontätheten var tät. ”Konstigt att vi upplever normalt avstånd som snabbt och glest som långsamt.”
- personerna går i bredd även på viloplanet vid tätt avstånd.
- de allra flesta håller i en av ledstängerna när de går nedför. Några enstaka personer håller i båda två.
- försökspersonerna inte passerar varandra även om framförvarande person håller en mycket lägre hastighet. Möjligtvis beror detta på att de som hade en lägre gånghastighet ofta höll i båda ledstängerna, vilket försvårar för personen bakom.



## 5 DISKUSSION

---

Här diskuteras de problem och funderingar som uppkommit i samband med arbetet. Har valet av metod varit det bästa möjliga? Kan resultaten användas och i så fall hur? Har våra resultat någon betydelse för dagens utrymningsituation?

### 5.1 Metod

Vi har valt att göra egna försök vilka tar tid att genomföra. Tiden har varit en stor begränsning för oss på flera olika sätt. Med mer tid hade vi kunnat göra fler försök, vilket skulle ge oss mer tillförlitliga resultat. Dessutom tar det tid att genomföra själva försöken och då försöken på WSP:s kontor genomfördes med konsulter, kände vi att vi var tvungna att genomföra försöken så snabbt som möjligt för de inte skulle ta upp allt för stor del av deltagarnas arbetstid. Förutom detta hade en önskan varit att fler personer med fetma och extrem fetma deltagit. Även om vi är nöjda med våra insatser och resultat, finns det saker som kan ha gjorts bättre och som behöver diskuteras.

#### Tankar kring genomförda försök

Ett problem för oss är om vi verkligen har mätt försökspersonernas normala gånghastighet. Försökspersonerna kan, medvetet eller omedvetet, ha motarbetat våra resultat då vi innan försöken informerade personerna om vad försöken gick ut på och vad det var vi skulle mäta. Ett alternativ, för att undvika detta, hade varit att undanhålla viss information och att gömma undan kamerorna då dessa även kan ha distraherat försökspersonerna. För att se om de gick med sin normala hastighet hade vi även kunnat mäta deras maximala gånghastighet och jämföra dessa parametrar för att se hur stor del av den maximala förmågan de använde vid normal gånghastighet. På detta sätt är det möjligt att vi hade kunnat ”avslöja” de personer som inte gick med normal hastighet.

Istället har vi har tittat på enkäterna och jämfört varje enkät med den personens gånghastighet. Det vi har tittat på är att om personen hade en förhållandevis låg gånghastighet i trappor, borde denne i enkäten angivit att han/hon har problem med att gå ned för trappor. En tanke med detta var att om de hade en låg hastighet men inte angav några problem i enkätsvaren, skulle vi kunna misstänka att något inte stod rätt till. Med detta som grund har vi kommit fram till att försökspersonerna håller sin normala gånghastighet.

Enligt svaren på enkäterna är det inte många personer som anger att de tycker att det är ansträngande att gå längre sträckor på horisontellt underlag. Av dem som anger att det är ansträngande är det i huvudsak personer som har problem med fötterna med mera. De flesta personer har en gånghastighet över 1,30 m/s. Sex personer har en gånghastighet som är lägre och dessa personer har ett BMI över 25. Den största skillnaden i hastighet visar sig för personer med BMI som närmar sig och överstiger 40. Dessa personer beskriver dessutom sitt allmänna tillstånd som någorlunda eller dåligt. Det allmänna tillståndet är ofta relaterat till andra åkommor än ett högt BMI, dock kan ett högt BMI vara en bidragande faktor till att dessa åkommor uppkommit. De flesta av dessa personer har även en ålder som överstiger 50 år, vilket betyder att det kanske inte enbart är BMI som gett upphov till åkommorna, utan att det även är åldersrelaterat. Det finns dock inga större skillnader mellan vad de svarat på enkäten och deras gånghastighet. Personerna kan ha ett bra allmänt tillstånd och ändå ha en relativt låg gånghastighet. Ett exempel på en kommentar är: ”det beror på vart man är på väg”.

Även vid jämförelse av enkätsvaren vid förflyttning i trappor stämmer svaren överens med deras gånghastigheter under försöket. De som anger att det är ansträngande att gå i trappor är även de som har en lägre gånghastighet i försöken. Dessa personer har ett BMI över 30. Personerna beskriver andra problem än BMI som orsak till den låga hastigheten, dessa problem är bland annat dålig syn och problem med knän och fötter. Övriga personer har en gånghastighet nedför trappor som överstiger 0,7 m/s och anger inga problem i enkäten. Dock har personer med ett BMI som närmar sig 30 en något lägre hastighet i jämförelse med normalviktiga personer. Dessa personer anger inga problem och även om de ligger lite lägre i hastighet så ligger de ändå inte så långt ifrån övriga personer. Det är ingen skillnad mellan att gå i en lång eller en kort trappa. I kort trappa håller personerna oftast en lite högre hastighet, men skillnaderna är väldigt små. I vissa fall går personerna fortare i den långa trappan än den korta. Från försöken som gjordes på Hjälpmedelscentrum i Malmö finns inga resultat för den långa trappan, då en sådan inte fanns att tillgå. Dessutom skulle ett par av personerna som deltog i försöket på Hjälpmedelscentrum troligen inte ha klarat av att gå i en lång trappa på grund av deras tillstånd.

Jämförelse har även gjorts mellan de första 50 metrarna och de sista 50 på horisontellt underlag. Det visar sig att det inte finns några större skillnader mellan sträckorna. Det går något snabbare de första 50 metrarna, men inte mycket. Det är inte heller någon skillnad mellan försökspersonernas två tider på sträckan 100 m. En fundering var om personerna skulle bli ”trötta” och gå långsammare andra gången, men så

verkar det inte vara. Detsamma gäller för kort och lång trappa. En slutsats är därför att försökspersonerna inte har påverkats fysiskt av att gått sträckorna flera gånger.

En annan tanke som har dykt upp under arbetets gång är valet av de sträckor som vi gjort. Vi har bland annat valt att den horisontella sträckan ska vara 100 meter. Som bakgrund till detta är att offentliga lokaler som till exempel hotell, varuhus, vårdbyggnader, restauranger och samlingslokaler rekommenderas att ha ett maximalt gångavstånd på 45 meter. Dock kan man genom analytisk dimensionering göra avsteg från detta och ha längre utrymningsvägar om det kan visas att tillfredställande utrymning kan ske ändå. Trots detta rekommenderas ändå att inte ha utrymningsvägar som överstiger 60 meter, varpå vår valda sträcka på 100 meter känns väl tilltagen. När det gäller förflyttning i trappor fanns det inte så mycket att välja på. Vi fick nöja oss med de trappor som fanns på plats. Med tanke på de problem vi haft att med att få ihop försökspersoner så kunde vi inte begära att dessa skulle ta sig till en annan plats för själva genomförandet. Ett problem som måste tas upp är att det inte finns begränsningar för hur lång en trappa för vara i en utrymningsväg. Detta ställer till stora problem för de personer med högt BMI som har väldigt svårt att gå i trappor.

### **Det "ideala" försöket**

För oss hade det "ideala" försöket varit att filma personer utan att de är medvetna om det för att få reda på deras normala gånghastighet. Gärna flera gånger och i olika situationer. Problemet är att vi då inte skulle kunna få information om deras BMI, mått och ålder som vi behöver för att kunna dra slutsatser om försöket. Dessutom tror vi att personer med väldigt högt BMI inte rör sig så ofta i offentliga lokaler. Vår erfarenhet är att dessa personer är svåra att få tag på och de är dessutom inte så villiga att ställa upp.

### **Valet att använda BMI som mått på övervikt**

BMI är inte det mest ideala måttet att använda för att se om personer är överviktiga, men vi ansåg att det är den metod som är enklast att använda. Vi tittar inte på hur farligt ett högt BMI är för människan, utan vi använder det endast för att kunna dela in försökspersonerna i grupper. Möjligtvis hade vi kunna göra skillnad mellan BMI för kvinnor respektive män, men vi tror att det hade gjort en marginell skillnad i våra resultat.

### **Representativt för hela befolkningen?**

En central fråga är om de resultat vi kommit fram till är representativa för hela Sveriges befolkning? Med det lilla stickprov vi har krävs det förmodligen fler försök för att kunna anta att detta gäller hela befolkningen. Samma mätningar med en annan försöksgrupp skulle förmodligen inte ge exakt samma resultat.

Eftersom försökspersonerna ställer upp frivilligt i undersökningen kan urvalsfel uppkomma. Detta innebär att försökspersonerna inte är representativa för hela populationen. Dessutom kan "healthy worker"-effekten ( Avdelningen för Yrkes- och Miljömedicin, 2002) ha en betydande inverkan, då det är välkänt att människor som har ett arbete är friskare än arbetslösa. Eftersom större delen av försöken genomförts på en arbetsplats där alla försökspersoner är fast anställda kan denna effekt inverka på resultaten.

## **5.2 Resultat**

### **Trappor**

I trapporna, varken kort eller lång, kan vi inte visa att det är någon skillnad mellan överviktiga och normalviktiga då sannolikheten blir 14,2 % respektive 52,6 % med t-testet. Ett problem som inverkar på resultatet i lång trappa är att vid Hjälpmedelcentrum i Malmö kunde inte försök i lång trappa genomföras, eftersom det inte fanns någon. Att det inte blev någon skillnad i hastighet kan därför bero på att det inte var tillräckligt många personer som deltog. Hade fler personer med extrem fetma deltagit hade vi möjligtvis kunnat visa en skillnad. Det kan även vara så att de personer som inte har några problem med att gå i trappor kan hålla en något högre hastighet än vad de normalt har. Men personer som har svårt att gå i trappor är försiktigare för att minska risken för fall och håller därför kanske sin verkliga "normala" gånghastighet.

Viktigt att diskutera är vad som händer med de personer som lider så av sin övervikt och relaterade åkommor att de knappt kan gå i trappor. De personer som har andra problem som gör att de går väldigt långsamt verkar inte använda trappor när de ska någonstans, de ser till att det finns en hiss. Problem uppstår om hissen stängs av vid aktiverat brandlarm. Då har dessa personer svårt att ta sig ut. Detta gäller endast extremfallen, till exempel de personer som inte skulle kunnat delta i ett försök med lång trappa om vi hade haft tillgång till det på Hjälpmedelcentrum. De med extrem fetma kommer då att blockera trapporna både på grund av att de går långsamt och att de har större area och därför tar upp en större del av trappan som andra personer annars skulle kunnat använda för att gå förbi. I dessa fall behövs både bredare trappor och viloplan.

Åldern verkar inte ha någon inverkan på försökspersonernas gånghastigheter. Möjligtvis kan det vara så att 50 år är en för låg ålder att jämföra med. Skillnaderna i gånghastigheter blir troligen större om vi hade haft fler äldre personer med i undersökningen.

### **Horisontellt underlag**

Med t-testet får vi fram ett p-värde på 0,43 % vilket är lägre än de 5 % procent som vi satt som signifikansnivå. Detta betyder att vi kan visa att det finns en skillnad i gånghastighet mellan överviktiga och normalviktiga personer. Normalviktiga har en medelhastighet på 1,53 m/s och överviktiga 1,36 m/s.

Det kan dock hända att skillnaden inte beror på BMI. Personer med tävlingsinstinkt kanske går snabbare än de normalt gör eftersom de vet vad det är vi är ute efter med försöken, och detta betyder att klyftan avseende hastighet blir större mellan dessa personer och de överviktiga personer som inte kan gå snabbare. Om det är på detta sätt så borde dessa tävlingsinriktade personer även gå snabbare i försöken som genomfördes i trapporna med resultatet att vi skulle få en skillnad även där. Så är inte fallet och vi avfärdar därför vår tanke om tävlingsmänniskorna.

Inte heller på horisontellt underlag kan vi visa på någon skillnad i gånghastighet mellan äldre och yngre personer. Tidigare resonemang gäller även här, troligen behövs fler och äldre personer för att en skillnad ska bli signifikant.

### **BMI som funktion av area**

Den räta linjen som har anpassats till de plottade värdena har en korrelationskoefficient på 0,89 vilket tyder på att de verkliga värdena kan beskrivas relativt bra med en rät linje. Då vi har få personer med väldigt högt BMI blir den övre delen av linjen osäker. Dock känns det väldigt naturligt att arean ökar med ökande BMI. I våra försök finns inte någon person som är underviktig. Detta gör att vi inte heller vet hur linjen ser ut under detta värde. Den enda begränsningen som vi ser är att oavsett hur smal en person är, det vill säga hur lågt BMI en person har, kan inte area gå ner till noll. Troligtvis kommer linjen att vara konstant fram till ett visst BMI för att sedan kunna kopplas ihop med den räta linje som vi beräknat.

### **Persontäthet**

De resultat vi har fått fram gällande hur gånghastigheten beror av persontätheten, stämmer inte överens med Fruins resultat. De försökspersoner som ställde upp för oss, höll näst intill samma gånghastighet oavsett vilken persontäthet de gick med. Om fler personer varit med i gruppöversöken hade vi möjligtvis kunnat se en skillnad.

Dessutom genomfördes inte några gruppöversök när vi var på Hjälpmedelscentrum, då endast fyra personer deltog. En annan anledning till att gruppen höll ungefär samma hastighet kan vara att dessa personer känner varandra sedan tidigare. Eftersom de känner varandra är de kanske inte lika försiktiga när de går, att trampa på någon som du känner gör inte så mycket. Då de inte är rädda för att gå in i personen framför kan de hålla en högre hastighet. Skulle försöken ha genomförts med personer som inte träffats tidigare skulle resultaten förmodligen blivit annorlunda, och kanske stämt bättre överens med Fruins resultat.

### **Kroppsstorlek**

De mått som Fruin tagit fram som dimensionerande kroppsstorlek stämmer med de värden vi tagit fram för de normalviktiga. Fruins mått inkluderar bland annat svängande med kroppen och personliga persedlar. Våra mått ligger något lägre, men detta beror på att vi endast har mått på personerna och har inte inkluderat något annat i denna beräkning. Däremot är de överviktigas mått större än de Fruin anger utan att kroppsörelser är medräknat och tyder därför på att dessa mått möjligtvis behöver justeras uppåt.







## 6 SLUSATS

---

Som en sammanfattning av arbetet kan vi inte utifrån våra försök se några skillnader i gånghastighet mellan överviktiga och normalviktiga, förutom när det gäller förflyttning på horisontellt underlag. De resultat vi fått fram kan inte sägas gälla för hela Sveriges befolkning då stickprovet i försöket varit för litet. På grund av detta har vi svårt att svara på huruvida de nuvarande byggreglerna måste anpassas efter en population med ett högre genomsnittligt BMI.

Däremot kan vi konstatera att det oftast inte är det höga värdet på BMI som påverkar gånghastigheten. Istället är det de följsjukdomar som övervikt orsakar som är problemet, exempelvis hade en av försökspersonerna ont i sitt knä vilket kanske påverkade gånghastigheten mer än det faktum att hans BMI var högt. När det gäller ålderns inverkan på resultaten följer samma resonemang. Resultatet från enkäterna visade att en person hade svårt att gå i trappor på grund av nedsatt syn, till följd av hög ålder. Detta är också en möjlig störfaktor vid mätningarna. Vissa personer med högt BMI kanske hade haft högre gånghastigheter om inte dessa andra faktorer påverkat dem.

På horisontellt underlag kan vi visa på en signifikant skillnad i gånghastighet. Även om det finns en skillnad mellan normalviktiga och överviktiga så håller överviktiga en högre medelhastighet än den som används vid dimensionering. Dimensionerande värden har en väl tilltagen säkerhetsmarginal, men om samma marginal ska hållas även i framtiden kan dessa värden på sikt behöva ses över. Självklart kommer konsekvenserna av en stor andel personer med fetma bli att tillfredsställande utrymning inte kan säkerställas med dagens dimensionerande värden. I figur 1.1 ses en markant ökning av svår fetma bland svenska män. Om denna ökning inte avtar måste de dimensionerande värdena ses över samt korrigeras.



## 7 VIDARE FORSKNING

---

Då författarnas uppfattning är att den största delen av en utrymning sker nedför trappor och/eller på horisontellt underlag har inte gånghastighet uppför trappor studerats i detta arbete. Det finns dock situationer där det kan bli aktuellt att utrymma uppför och detta är därför ett område som bör studeras vidare för att kunna dra korrekta slutsatser om hur övervikt påverkar utrymning.

Spiraltrappor, andra trapp typer eller hur trappstegens höjd och bredd påverkar försökspersoner med olika BMI har inte studerats i denna rapport. Det är möjligt att dessa parametrar kan påverka en utrymning mer i samband med att populationens BMI ökar.

Personer med högre BMI har ofta ett större kroppsligt omfång. Detta betyder att utrymningsvägar kan behöva breddas för att flödet av personer ska uppfylla dagens rekommendationer. Något som efterfrågades av de konsulter som svarade på enkäten, var mer forskning om köbildning.

De konsulter vi kommit i kontakt med använder i stor utsträckning samma dimensionerande värden och samma datorprogram. En risk som måste uppmärksammas är att verksamma personer inom området blir bekväma med sina metoder och inte ser eventuella förändringar i samhället. Övervikt är en faktor som kan komma smygande utan att uppmärksammas och kan därför orsaka stora problem den dagen det observeras.



## 8 REFERENSER

---

Avdelningen för Yrkes- och Miljömedicin. *Kompendium i miljötoxikologi*. Universitetssjukhuset i Lund, 2002.

BMI Direkt.

<http://www.bmidirekt.se/index.php?id=73> [1], hämtad 2009-05-06

<http://www.bmidirekt.se/index.php?id=52> [2], hämtad 2009-05-06

Boverket. *Utrymningsdimensionering*. Huskvarna, 2006.

Boverket. *Boverkets byggregler*. BFS 1993:57 med ändringar, Karlskrona, 2008

Brandskyddshandboken. Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005.

Fallqvist K, Klippberg A. *Brandskydd i Boverkets byggregler*. Svenska brandskyddsföreningen, Stockholm, 2006.

Frantzich H. *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 1994.

Frantzich H. *Tid för utrymning vid brand*. Räddningsverket, Karlstad, 2001

Frantzich H, *Utrymningsvägars fysiska kapacitet*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskolan, Lund, 1993

Fruin John J Ph.D. *Pedestrian planning and design*. Metropolitan association of urban designers and environmental planners incorporated, New York, 1971.

Hall E.T. *The Hidden Dimension*. The Bodley Head Ltd, London, 1969.

Karolinska institutet.

<http://ki.se/ki/jsp/polopoly.jsp?d=16815&l=sv> [1], hämtad 2009-05-06

<http://ki.se/ki/jsp/polopoly.jsp?d=18935&l=sv> [2], hämtad 2009-05-06

Kendik E. *Time Pertinent to the Projected Area Factor in the Event of Total Evacuation of High-rise Office Buildings via Staircase*. Fire Safety Journal, Vol 5 Nr 3&4, 1983.

- Khisty C.J. *Pedestrian flow characteristics on stairways during disaster evacuation*. Transport Research Record 1047, 1985
- Körner S, Wahlgren L. *Praktisk statistik*. Studentlitteratur, Lund, 2006. [1]
- Körner S, Wahlgren L. *Statistisk dataanalys*. Studentlitteratur, Lund, 2006. [2]
- Pauls J. *Effective-width model for evacuation flow in buildings*. SFPE engineering application workshop. Boston, 1980.
- Pauls J. *Evacuation and Other Movements in Buildings: Some High-Rise Evacuation Models, General Pedestrian Movement Models and Human Performance Data Needs*. Silver Spring, 2003.
- Pauls J. *Performance of Means of Egress Conducting the Research Needed to Establish Realistic Expectations*. Proceedings of 7th International Conference on Performance-Based Codes & Fire Safety Design Methods. Auckland 2008.
- Predtetschenski V M, Milinski A I. *Personenströme in gebäuden – Berechnungsmethoden für die projektierung*. Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin 1971.
- Quetelet, M A, *A treatise on man and the development of his faculties*, Edinburgh: W and R Chambers, 1842
- Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, Allison TG, Batsis JA, Sert-Kuniyoshi FH, Lopez-Jimenez F, *Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population*, International Journal of Obesity, nr 32, 2008
- Proulx G. Movement of People: The Evacuation Timing. Walton D (red), *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3:e upplagan, National Fire Protection Association, Quincy, 2002



## BILAGA 1 - ENKÄT TILL KONSULTER

Vi heter Emma och Elin och läser till brandingenjörer i Lund. Just nu skriver vi vårt ex-jobb som handlar om hur människors förändring i storlek inverkar på förmågan att kunna utrymma en byggnad. Vi skulle vara tacksamma om ni kunde svara på lite frågor om hur ni går till väga vid utrymningsberäkningar. Var vänlig att svara senast fredag 4 juli. Tack för hjälpen!

### 1. Kontaktinformation

- Namn
- Företag
- E-post

### 2. Vilket datorprogram använder ert företag oftast vid utrymningsberäkningar?

- Simulex
- Steps
- Annat

### 3. Använder ni handberäkningar för att uppskatta förflyttningstider?

- Ja
- Nej
- Kommentar

### 4. Om ni gör handberäkningar och/eller använder STEPS, vilka **gånghastigheter** använder ni? Vilken litteratur baseras **hastigheterna** på?

### 5. Om ni gör handberäkningar och/eller använder STEPS, vilka **personflöden** använder ni? Vilken litteratur baseras **flödena** på?

### 6. Vad anser du om de riktlinjer som finns för utrymning? Vad tycker du behöver förbättras eller forskas mer kring med tanke på dagens population?



## BILAGA 2 - ENKÄT TILL FÖRSÖKSPERSONER

### Utrymningskapacitet hos en population med ökande Body Mass Index

Denna enkät ska hjälpa oss att relatera gånghastigheten hos personer till olika Body Mass Index och eventuellt andra parametrar som till exempel ålder. Målet med försöket är att ta fram en medelhastighet för hela populationen och inte att peka ut enskilda individer.

#### *Ifylles av försöksledare*

<i>Nummer</i>	<i>Längd</i>	<i>Bredd</i>
	<i>Vikt</i>	<i>Djup</i>

1 Vilket år är du född? 19\_\_\_\_\_

- Man
- Kvinna

2. Hur bedömer du ditt allmänna hälsotillstånd?

- Mycket bra
- Bra
- Någorlunda
- Dåligt
- Mycket dåligt

*Kommentar:* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Motionerar du?

- 3 gånger eller mer per vecka
- 1-2 gånger per vecka
- Någon gång lite då och då
- Aldrig

*Kommentar:* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Anser du att du har svårt att delta i vardagliga fysiska aktiviteter som till exempel promenader eller lek med barn? (Sätt ett kryss på linjen)

Väldigt svårt |-----| Inte alls svårt

Kommentar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Hur tycker du det är att gå ned för trappor? (Sätt ett kryss på linjen)

Väldigt ansträngande |-----| Inte alls ansträngande

Kommentar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Hur tycker du det är att gå längre sträckor på plan mark? (Sätt ett kryss på linjen)

Väldigt ansträngande |-----| Inte alls ansträngande

Kommentar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Övriga kommentarer eller synpunkter på försöket:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Tack för din medverkan!**

## BILAGA 3 – TEORI FÖR BERÄKNINGAR

### Beräkning av skillnad i gånghastighet mellan normalviktiga och överviktiga

Då ett av målen med detta arbete är att utreda om överviktiga har en lägre gånghastighet än de normalviktiga kommer beräkningar att utföras för att undersöka om detta statistiskt kan säkerställas. Med en metod som kallas t-test (Körner och Wahlgren, 2006 [2]) genomförs beräkningar för att se om det är någon skillnad i gånghastighet mellan normalviktiga och överviktiga. Då dessa beräkningar bygger på att fördelningen av gånghastigheter är normalfördelad visas i bilaga 6 att resultaten från dessa försök kan antas vara det.

#### Teori

Vid hypotesprövning använder man sig av en nollhypotes,  $H_0$ , och en mothypotes,  $H_1$ . Prövningen leder till att nollhypotesen förkastas eller inte. Nollhypotesens innebörd är att ingen förändring har skett. Vid beräkning av t-test, där skillnaden i medelvärden mellan två populationer beräknas, skrivs nollhypotesen som:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$d_0$  är differensen mellan medelvärdena. Då nollhypotesen innebär att ingen förändring skett är  $d_0=0$ .

Mothypotesen är i detta fall tväsidig för att vara på den säkra sidan och skrivs då som:

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$$

För att förkasta nollhypotesen ska stickprovsmedelvärdet för de normalviktiga vara mycket större än det stickprovsmedelvärdet för de överviktiga. Är skillnaden liten ska inte nollhypotesen förkastas.

Är nollhypotesen felaktig är väntevärdet av  $d_0$  större än det ursprungliga väntevärdet  $\mu$  och det är därför naturligt att förkasta nollhypotesen för stora positiva värden. Problemet är att sätta en gräns för hur stora de positiva värdena bör vara för att nollhypotesen ska förkastas. Detta bestäms genom signifikansnivån, vilket är risken att förkasta nollhypotesen när den är sann. Denna nivå bör vara så liten som möjlig, men är omöjlig att helt eliminera. Vanligtvis bestäms signifikansnivån till mellan 0,1 % och 5 %. I ”hypotesprövningens barndom” skulle alltid val av signifikansnivån bestämmas innan en undersökning påbörjades. Gränsen för att förkasta nollhypotesen går nästan alltid vid 5 % om det inte finns starka skäl för något annat, enligt Statistisk dataanalys (2006). Och detta är vad som kommer att användas i dessa beräkningar. Det vill

säga att om det beräknade värdet är större än 5 % kan inte nollhypotesen förkastas och ingen signifikant skillnad kan säkerställas.

### **Beräkning av arean som funktion av BMI**

För att undersöka om det finns något samband mellan vilket BMI en person har och vilken area personen tar upp plottas arean som funktion av BMI. Till dessa punkter anpassas sedan en rät linje som visar sambandets korrelation, det vill säga hur starkt sambandet är.

### **Teori**

För att anpassa en rät linje, en regressionslinje, till de plottade punkterna i grafen användes regressionsberäkningar i Microsoft Excel som baseras på minsta-kvadratmetoden vilken står beskriven i Praktisk statistik (Körner och Wahlgren, 2006 [1]). För en beskrivning av metoden hänvisas till litteraturen.

För att se hur starkt sambandet är mellan de verkliga värdena och den uppskattade regressionslinjen, kan en korrelationskoefficient,  $r$ , beräknas. Antar korrelationskoefficienten  $\pm 1$  finns det ingen spridning kring linjen, och betyder då att alla observerade värden ligger på regressionslinjen. Detta betyder även att det är lämpligt att beskriva sambandet med en rät linje.

## BILAGA 4 - FÖRSÖKSPERSONERNAS

### GÅNGHASTIGHETER

Här visas försökspersonernas gånghastigheter (tabell 1). Hastigheterna är uppdelade i en kolumn för horisontell samt en för trappor. För den horisontella hastigheten visas både för den första och den andra sträckan samt för hela. Trapporna är uppdelade i en lång samt en kort. De värden som visas är medelvärdet av de två försöken som genomfördes med varje person.

Tabell 1: Försökspersonernas gånghastigheter för de olika försöken.

Person	Plant underlag Medelhastighet[m/s]			Trappa Medelhastighet [m/s]	
	Sträcka 1 50 m	Sträcka 2 50 m	Hel sträcka 100 m	Lång 28,8 m	Kort 9,6 m
1	1,48	1,48	1,48	0,96	1,01
2	1,56	1,50	1,53	0,89	1,01
3	1,56	1,50	1,53	0,92	0,97
4	1,70	1,59	1,64	1,05	1,07
5	1,47	1,41	1,44	0,85	0,88
6	1,42	1,47	1,44	0,70	0,71
7	1,72	1,64	1,68	0,92	0,84
8	1,30	1,34	1,32	0,79	0,87
9	1,56	1,54	1,55	0,93	0,97
10	1,43	1,47	1,45	0,90	0,92
11	1,52	1,47	1,49	0,98	1,07
12	1,72	1,70	1,71	0,96	0,97
13	1,36	1,34	1,35	0,67	0,71
14	1,37	1,34	1,35	0,75	0,77
15	1,72	1,70	1,71	0,76	0,81
16	1,61	1,70	1,65	0,86	0,87
17	1,57	1,52	1,54	0,94	0,96
18	1,45	1,45	1,45	0,67	0,71
19	1,54	1,52	1,53	0,79	0,81
20	1,61	1,56	1,59	0,83	0,87
21	1,57	1,52	1,54	0,85	0,81
22	1,25	1,24	1,24	0,76	0,84
23	1,68	1,64	1,66	0,84	0,87
24	1,59	1,52	1,55	0,93	0,92
25	1,50	1,46	1,48	0,83	0,92
26	1,50	1,45	1,48	0,90	0,87
27	1,59	1,38	1,48	0,99	1,01
28	1,70	1,52	1,61	0,99	1,01
29	1,37	1,24	1,30	0,84	0,88
30	1,72	1,52	1,61	0,88	0,88
31	1,27	1,11	1,19	0,91	0,92
32	1,54	1,39	1,46	0,80	0,80

Person	Plant underlag Medelhastighet [m/s]			Trappa Medelhastighet [m/s]	
	Sträcka 1 50 m	Sträcka 2 50 m	Hel sträcka 100 m	Lång 28,8 m	Kort 9,6 m
33	1,52	1,32	1,41	0,91	0,96
34	1,60	1,39	1,48	0,81	0,87
35	1,79	1,50	1,63	0,86	0,84
36	1,64	1,50	1,57	0,80	0,80
37	1,47	1,32	1,39	0,71	0,71
38	1,56	1,43	1,49	0,82	0,87
39	1,50	1,59	1,53	0,78	0,84
40	1,06	1,04	1,06	-	0,53
41	0,94	0,91	0,93	-	0,21
42	1,28	1,22	1,25	-	1,07
43	0,71	0,69	0,70	-	0,17



## BILAGA 5 - FÖRSÖKSPERSONERNAS MÅTT OCH BMI

Här visas en tabell (2) över försökspersonernas respektive mått, vikt och area.

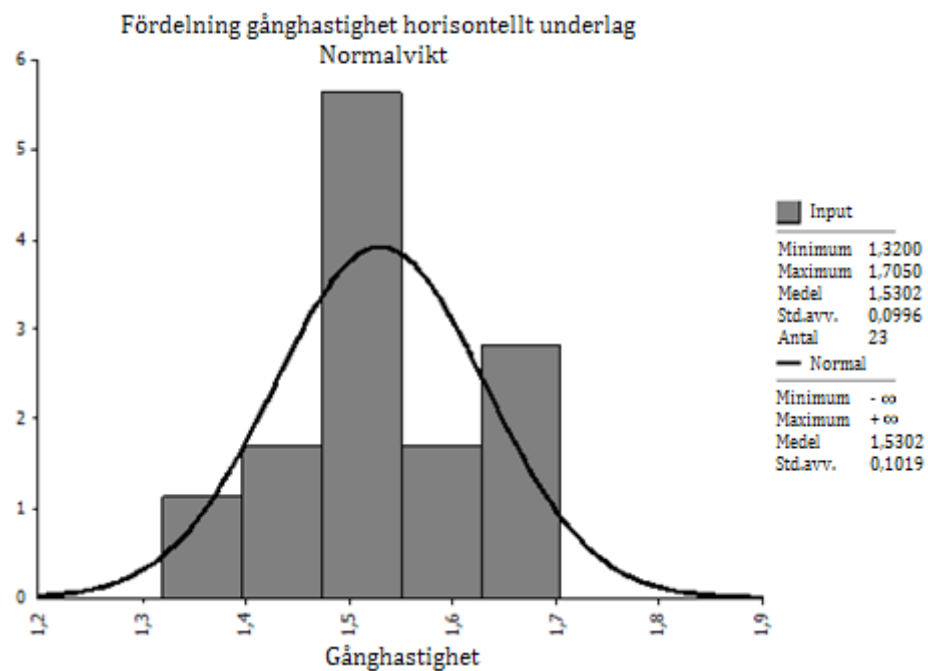
**Tabell 2:** Försökspersonernas egenskaper.

Nr	Kön	Ålder [år]	BMI	Area [m <sup>2</sup> ]	Nr	Kön	Ålder [år]	BMI	Area [m <sup>2</sup> ]
1	K	62	22,6	0,106	23	M	29	22,7	0,11
2	M	28	26,4	0,139	24	K	29	24,5	0,098
3	M	28	25,5	0,123	25	K	62	20,6	0,106
4	K	30	24	0,088	26	M	31	23,8	0,123
5	K	47	30,6	0,137	27	M	31	24	0,104
6	M	64	30,8	0,17	28	M	28	22,1	0,108
7	M	38	22,9	0,106	29	M	29	27,6	0,137
8	M	28	21,7	0,094	30	M	23	22,2	0,106
9	M	50	26,7	0,127	31	K	62	27,6	0,118
10	M	29	25,8	0,114	32	K	29	23,3	0,111
11	K	27	26,2	0,102	33	K	54	24,3	0,114
12	M	60	25,8	0,151	34	K	31	20,3	0,085
13	M	30	30	0,138	35	M	34	25,9	0,102
14	M	26	20,3	0,1	36	M	44	29,3	0,135
15	M	43	24,3	0,125	37	K	53	29,4	0,173
16	K	30	20,8	0,085	38	M	49	32,4	0,167
17	K	23	21,2	0,085	39	M	58	20,3	0,093
18	M	26	21	0,098	40	M	66	44,8	0,205
19	M	33	22,6	0,123	41	K	64	44,6	0,214
20	M	30	22,5	0,13	42	M	56	38,4	0,214
21	K	41	21,9	0,094	43	K	33	64,8	0,302
22	K grav.	30	26,3	0,109					

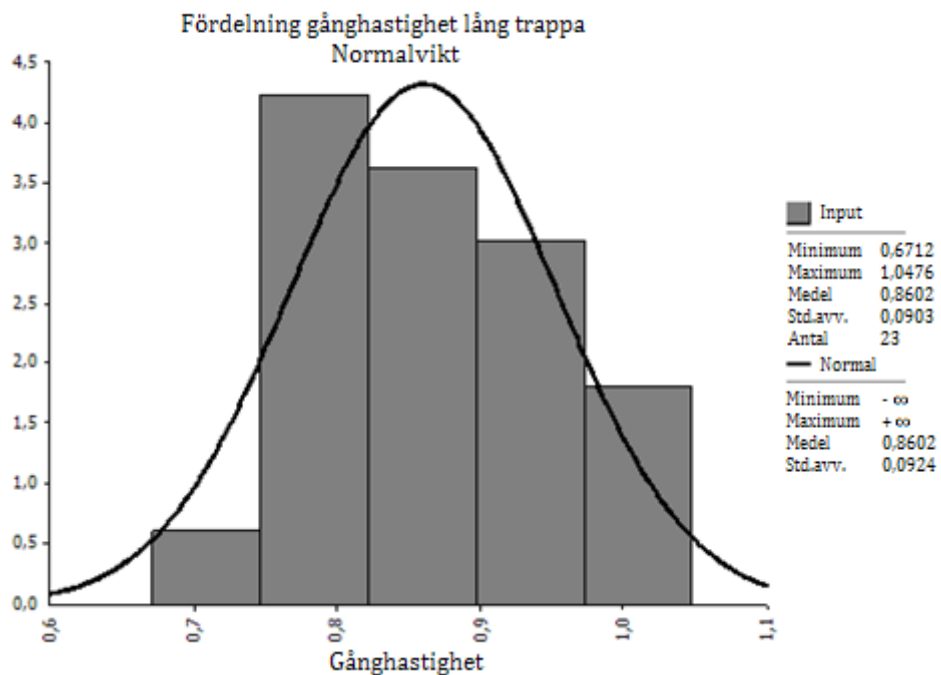


## BILAGA 6 - RESULTAT FRÅN @RISK

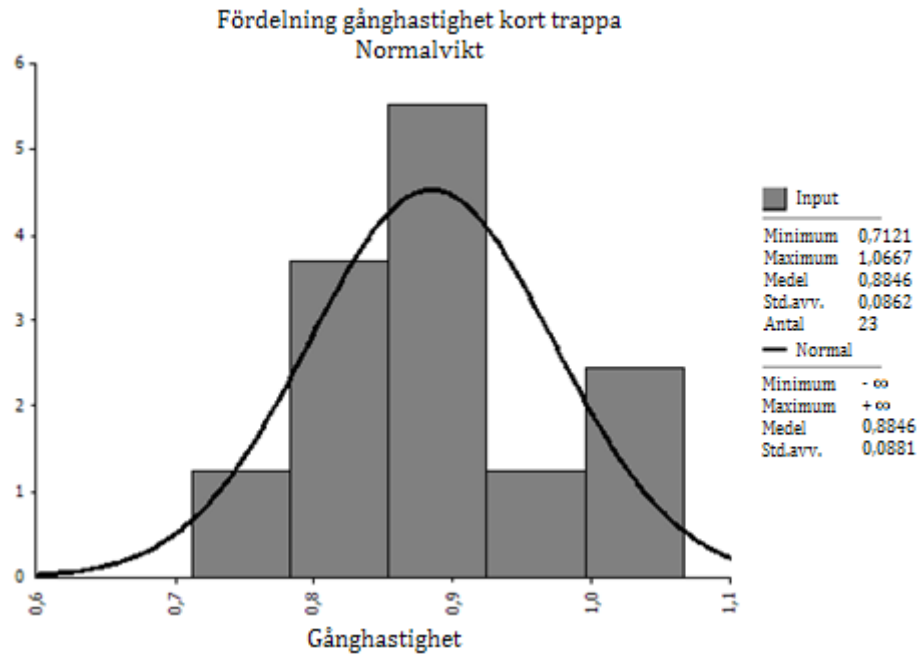
I @Risk finns en funktion, Fit manager, som kan anpassa en kurva till given data. Då vi i våra beräkningar måste anta att de data vi har följer en normalfördelning har vi använt funktionen för att kontrollera rimligheten. Resultaten visas i figur 1-6 nedan där normalfördelning i de flesta fall varit den mest lämpliga fördelningen.



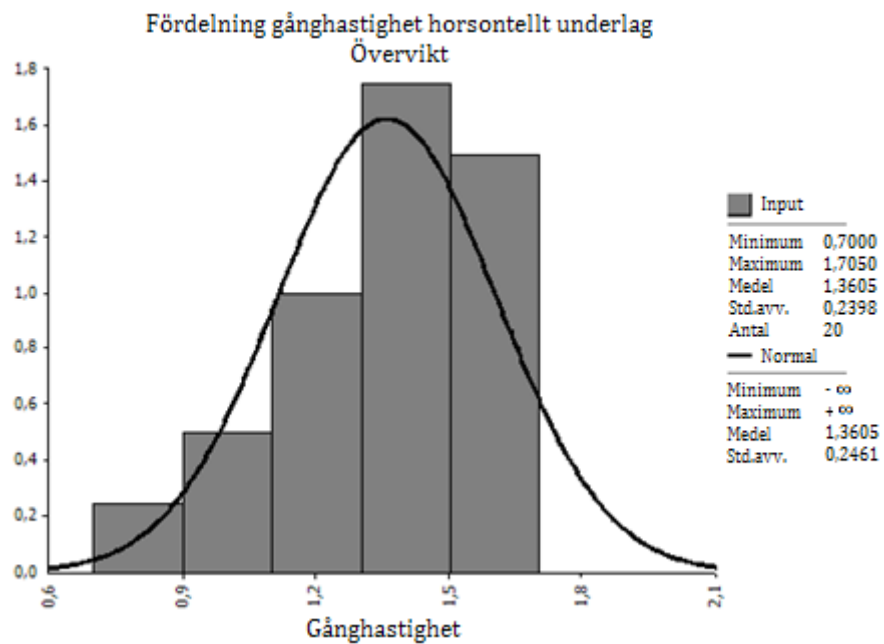
Figur 1: Gånghastigheten för normalviktiga på horisontellt underlag som funktion av frekvens.



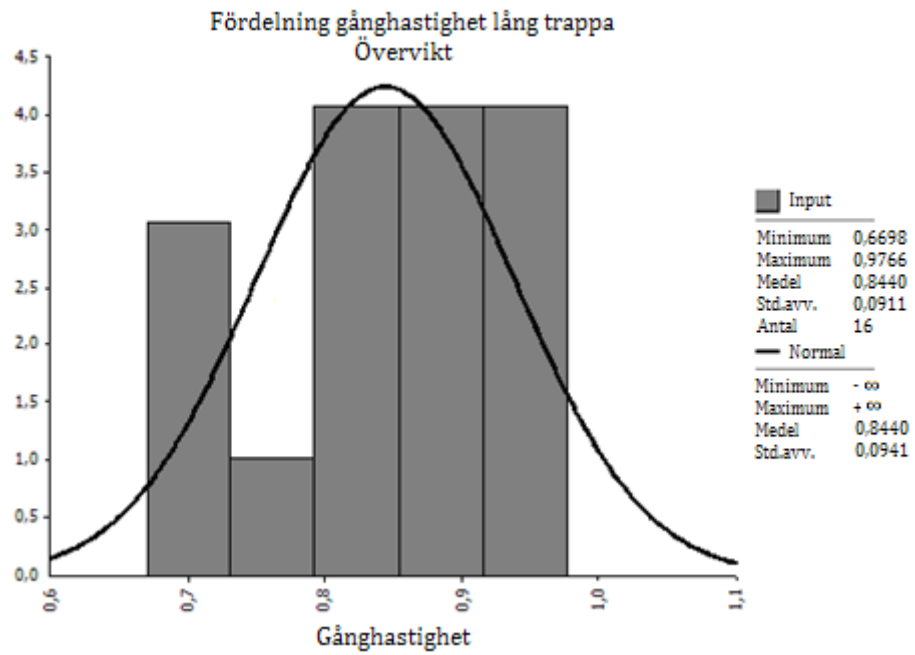
Figur 2: Gånghastigheten för normalviktiga i lång trappa som funktion av frekvens.



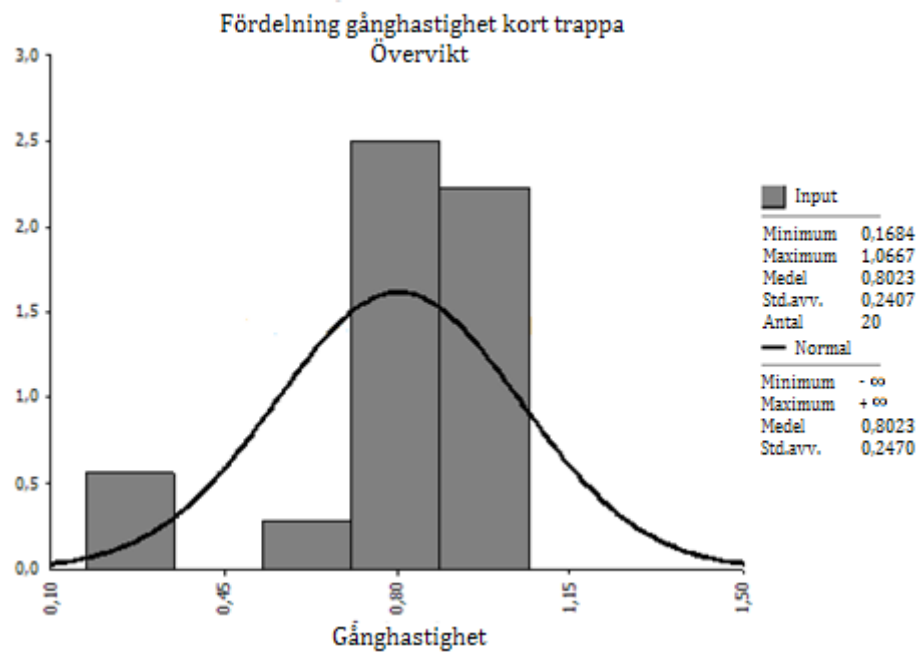
**Figur 3:** Gånghastigheten för normalviktiga i kort trappa som funktion av frekvens.



**Figur 4:** Gånghastigheten för överviktiga på horisontellt underlag som funktion av frekvens.



**Figur 5:** Gånghastigheten för överviktiga i lång trappa som funktion av frekvens.



**Figur 6:** Gånghastigheten för överviktiga i kort trappa som funktion av frekvens.