

# **Utvärdering av datorbaserade utrymningsmodeller**

***Magnus Levein***

---

**Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden**

**Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5070, Lund 2000**



**Utvärdering av  
datorbaserade utrymningsmodeller**

**Magnus Levein**

**Lund 2000**



Utvärdering av datorbaserade utrymningsmodeller

Evaluation of computer based evacuation models

Magnus Levein

Report 5070

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB—5070—SE

Number of pages: 54

Illustrations: Magnus Levein

Keywords:

Fire safety, emergency evacuation, escape time, evacuation time, computer based evacuation model, Allsafe, Evacnet, Simulex, Steps, Wayout, Firewind.

Abstract:

Small overview of the computer based evacuation models Allsafe, Evacnet, Simulex, Steps and Wayout, focusing on their ability to predict evacuation time, based on comparison between full-scale evacuation experiment and simulation results. Diagrams showing processes of evacuation and deviations illustrate comparison results. (Swedish)

Författaren svarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Magnus Levein och Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2000.

---

Brandteknik  
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  
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



## Summary

An important parameter while estimating the fire safety of a building is the time needed for emergency evacuation. This time, the escape time, can be divided into three different parts: the time taken to detect the fire, the response and behaviour time (named “response time” below) and the time required to move to a safe location, the movement time. During fire safety dimensioning, the movement time is often calculated with a *computer based evacuation model*.

An evaluation has been carried out to provide an overview of some of the computer based evacuation models presently available, focusing on their ability to calculate the movement time of the evacuees. The work has been carried out as a part of the final course in the Fire Protection Engineering Program at Lund University, Sweden. The report is based on a comparison between an evacuation experiment and results from simulations of that evacuation. An important limitation is that only people able to walk themselves are considered.

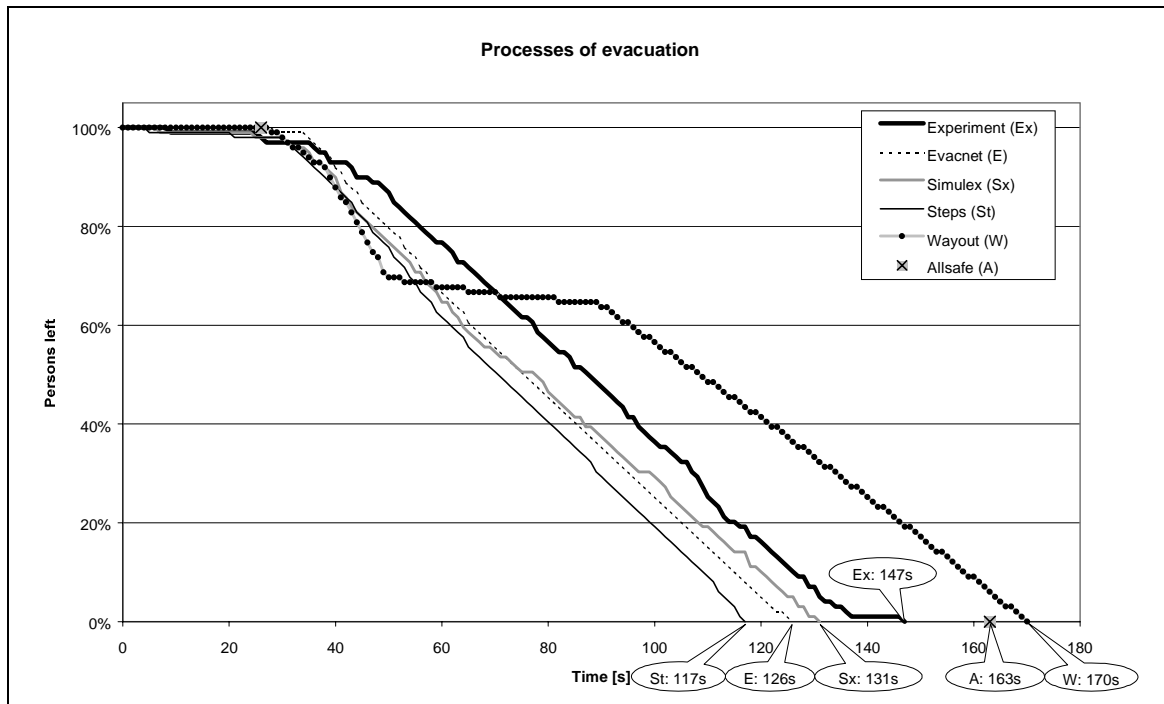
The simplest models included in the study are *node based*, which means that the building to be evacuated is modelled with a number of nodes, each corresponding to about one room. The evacuating people are simulated as a homogenous crowd, not as individuals. Three models of this kind are evaluated: *Allsafe* from InterConsult Group in Norway, *Evacnet* from University of Florida in USA and *Wayout* which is a part of a program package from Fire Modelling & Computing in Australia. In addition, two models that are more advanced are included in the study, both of them originating from Great Britain: *Simulex* from Integrated Environment Solutions and *Steps* from Mott MacDonald. Their calculation algorithms are based on a grid system, where walls etc. are put in as obstructions. People are then added to the system in available cells. This technique gives the ability of simulating the individual’s movements and can show the process of evacuation graphically by way of an animation.

The evacuation experiment performed was made with 99 pre-informed people in a four-storey office building in Gothenburg, Sweden. All staff, except those given special tasks, evacuated the building. The building has a central staircase close to the main entrance and an emergency staircase outdoors at a gable of the building. 93 persons used the central staircase and 6 persons chose to use the emergency staircase outdoors. The experiment was recorded by ten video camera recorders, of which most were used to observe the movement time. Three of the cameras were placed to document the response times of the employees. Based on the observations, approximate response times were estimated for all of the evacuees. These response times were then used as an input to the models evaluated.

Two of the software-packages which were applied, Evacnet and Steps, have no default values for walking speeds or flow capacities. For the simulations with these programs, a set of values has been assumed based on literature covering the subject.

A collection of the simulated and the experimentally measured processes of evacuation is shown in Figure 1. The two shortest escape times given are calculated with Evacnet and Steps, i.e. those models which require that the user has assumed values of walking speeds and flow capacities. This indicates that the values chosen are a bit optimistic. It is important to note when comparing the simulated evacuations with the experiment, that the simulations are based on **estimated** response times. However, by comparing the

**slopes** of the curves in Figure 1 it is possible to form a reasonable opinion of the reliability of the models. The most remarkable curve is that from Wayout which, due to its flat middle part, gives the impression of being a less reliable model. Allsafe, which only gives a final time, appears to be pessimistic. Evacnet, Simulex and Steps all seem to simulate the process well in view of the similarity of the predicted slopes with that of the experiment. Nevertheless, it should be pointed out that Simulex, whose walking speeds and flow capacities cannot be changed by the user, gave a somewhat short time.



**Figure 1** Simulated and experimentally measured processes of evacuation.

*NB!* The curve generated by Wayout is assessed to have an uncertainty of up to  $\pm 5$  percentage units because of problems with reading values from the computer screen. The final time, however, is correctly reproduced.



## Sammanfattning

En viktig parameter vid bedömning av en byggnads brandsäkerhet är hur lång tid som åtgår för att utrymma byggnaden. Denna tid, utrymningstiden, kan delas upp i flera komponenter: detektionstid, reaktions- och beslutstid (nedan kallad reaktionstid) samt gångtid. Numera beräknas gångtiden vid brandteknisk dimensionering ofta med hjälp av en datorbaserad utrymningsmodell.

För att ge en liten orientering kring några av de datorbaserade utrymningsmodeller som finns, med tyngdpunkten lagd på deras förmåga att beräkna de utrymmandes **gångtid**, har en utvärdering genomförts. Arbetet är utfört som en del i den avslutande kursen på Brandingenjörslinjen vid Lunds Tekniska Högskola. Utvärderingen bygger på en jämförelse mellan ett utrymningsförsök och resultat från simuleringar av samma utrymning. En viktig begränsning är att enbart utrymning av personer som kan gå ut själva behandlats.

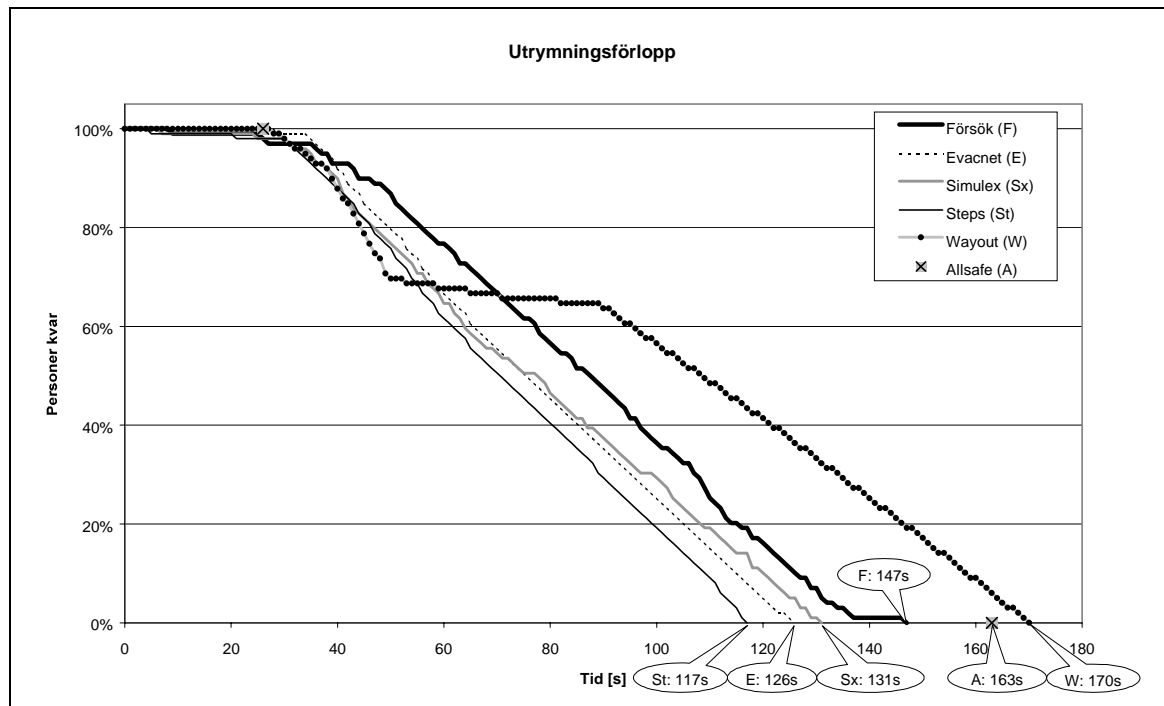
De enklaste modellerna som ingår i studien är *nodbaserade*, vilket innebär att byggnaden som skall utrymmas modelleras med ett antal knutpunkter, noder, där varje knutpunkt motsvarar ungefär ett rum. De utrymmande personerna simuleras som en homogen massa. Tre modeller av detta slag utvärderas: *Allsafe* från InterConsult Group i Norge, *Evacnet* från University of Florida i USA och *Wayout* som ingår i ett programpaket från Fire Modelling & Computing i Australien. Två mer avancerade modeller, båda från Storbritannien, ingår också i studien: *Simulex* från Integrated Environment Solutions och *Steps* från Mott MacDonald. Beräkningarna i dessa båda program baseras på ett rutnät, där väggar och dylikt läggs in som hinder och personer sedan placeras i lediga rutor. Denna beräkningsteknik gör det möjligt att simulera förflyttningen hos varje individ och att redovisa utrymningsförloppet grafiskt i form av en animation eller motsvarande.

Det utrymningsförsök som gjorts, genomfördes med förberedda personer i en fyraplans kontorsbyggnad i Göteborg. All personal, utom de som givits speciella uppgifter, utrymde byggnaden; totalt 99 personer. Byggnaden har ett centralt trapphus i anslutning till huvudentrén och en nödtrappa vid ena gaveln. Av de utrymmande valde 93 personer att gå via det centrala trapphuset och 6 personer valde att använda nödtrappan. Försöket videofilmades med tio videokameror, varav de flesta användes för att observera gångtiden. Tre av kamerorna placerades ut för att dokumentera de anställdas reaktionstider. Utifrån observationerna uppskattades ungefärliga reaktionstider för samtliga utrymmande. Dessa reaktionstider användes sedan som indata till de utrymningsmodeller som utvärderades.

Två av de studerade programvarorna, *Evacnet* och *Steps*, saknar förinställda värden för gånghastigheter och flödeskapaciteter. För simuleringarna med dessa program har därför egna värden antagits utifrån litteratur i ämnet.

I figur 2 redovisas en sammanställning av simulerade utrymningsförlopp jämte det experimentellt uppmätta. De två kortaste utrymningstiderna som erhållits är framräknade med hjälp av *Evacnet* och *Steps*, alltså de modeller till vilka egna värden på gånghastigheter och flödeskapaciteter antagits. Detta indikerar att de valda värdena varit väl optimistiska. Vad som dock inte skall glömmas bort när de simulerade utrymningsförloppen jämförs med försöket, är att de redovisade simuleringarna bygger på **uppskattade** reaktionstider. Genom att jämföra kurvornas **lutning** i figur 2 går det

emellertid ändå att bilda sig en uppfattning av modellernas tillförlitlighet. Mest anmärkningsvärd är kurvan från Wayout, som med sitt plana mittenparti ger intrycket av att Wayout är en mindre lämplig modell. Allsafe, som bara ger en sluttid, räknar något pessimistiskt medan Evacnet, Simulex och Steps, sett till kurvornas lutning, verkar vara mycket trovärdiga. Dock bör påpekas att Simulex, vars antaganden om gånghastigheter och flöden inte kan påverkas av användaren, gav en något för kort tid.



**Figur 2** Simulerade utrymningsförlopp samt experimentellt uppmätt utrymningsförlopp. OBS! Kurvan från Wayout bedöms ha en osäkerhet av upp till  $\pm 5$  procentenheter p.g.a. praktiska problem vid avläsning av värden från skärmen. Sluttiden är dock korrekt återgiven.

## Förord

Först och främst vill jag tacka all personal på Bengt Dahlgren AB i Göteborg som deltog vid det fullskaliga utrymningsförsöket jag genomförde där i somras. Jag vill också tacka växeltelefonisten, som besvarade inkommande telefonsamtal då byggnaden utrymmts, samt de som hjälpte mig att videofilma förloppet. Dessutom vill jag tacka företaget för det bidrag jag fått i form av betalda fraktkostnader för videokameror samt för att jag fått möjlighet att förbereda och genomföra utrymningsförsöket under betald arbetstid.

Jag vill också framföra mitt varma tack till min handledare, Håkan Frantzich, för förslag till projektarbete, hjälp med att finna lämpliga programvaror att utvärdera samt råd i allmänhet.

Andra som varit till stor hjälp vid arbetet, och som härmed tackas, är:

- Marcus Andersson, som hjälpt mig att förstå hur modellering i Steps går till.
- Min pappa, som granskat arbetet och bidragit med värdefulla kommentarer.
- Norman Rhodes och Sandra Danielsson, som korrekturläst den engelska sammanfattningen.
- Svenska datatermgruppen, som hjälpt till med översättning av vissa facktermer.

Tack riktas också till programvaruleverantörerna: InterConsult Group i Norge, University of Florida i USA, Integrated Environment Solutions och Mott MacDonald i Storbritannien samt Fire Modelling & Computing i Australien.

Avslutningsvis vill jag även tacka Kristna Studentrörelsen i Lund för de trevliga aktiviteter som de arrangerat och som gett välbehövlig avkoppling från skolarbetet.

Magnus Levein  
Lund i december 2000



# Innehåll

|   |            |
|---|------------|
| <b>SUMMARY .....</b>  | <b>I</b>   |
| <b>SAMMANFATTNING .....</b>                                       | <b>III</b> |
| <b>1 INLEDNING .....</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1 BAKGRUND.....   | 1          |
| 1.2 SYFTE .....   | 1          |
| 1.3 METOD .....   | 1          |
| 1.4 BEGRÄNSNINGAR.....  | 1          |
| <b>2 NOMENKLATUR.....</b>   | <b>2</b>   |
| 2.1 UTRYMNINGSTID .....   | 2          |
| 2.2 BERÄKNINGSTEKNIK.....   | 2          |
| <b>3 STUDERADE MODELLER .....</b>                                 | <b>4</b>   |
| 3.1 ALLMÄNT .....   | 4          |
| 3.2 ALLSAFE.....  | 4          |
| 3.3 EVACNET .....   | 4          |
| 3.4 SIMULEX.....  | 5          |
| 3.5 STEPS.....  | 5          |
| 3.6 WAYOUT .....  | 5          |
| <b>4 EVAKUERINGSFÖRSÖK.....</b>                                   | <b>7</b>   |
| 4.1 ALLMÄNT .....   | 7          |
| 4.2 BYGGNADENS GEOMETRI.....                                      | 7          |
| 4.3 INFORMATION TILL DE ANSTÄLLDA .....                           | 7          |
| 4.4 DOKUMENTERING .....   | 8          |
| 4.5 OSÄKERHET.....  | 8          |
| 4.6 FÖRSÖKSRESULTAT .....   | 8          |
| <b>5 SIMULERINGAR .....</b>                                       | <b>11</b>  |
| 5.1 GEMENSAMMA ANTAGANDEN .....                                   | 11         |
| 5.2 ALLSAFE.....  | 11         |
| 5.3 EVACNET .....   | 12         |
| 5.4 SIMULEX.....  | 13         |
| 5.5 STEPS.....  | 15         |
| 5.6 WAYOUT .....  | 16         |
| <b>6 RESULTAT OCH DISKUSSION .....</b>                            | <b>19</b>  |
| 6.1 UTRYMNINGSFÖRLOPP.....  | 19         |
| 6.2 RELEVANS .....  | 21         |
| 6.3 KOMMENTARER OM ANVÄNDARVÄNLIGHET.....                         | 21         |
| 6.4 FRAMTIDA STUDIER .....  | 22         |
| <b>REFERENSER.....</b>  | <b>24</b>  |
| <b>BILAGA A – BYGGNADSRITNINGAR OCH PERSONPOSITIONER .....</b>    | <b>25</b>  |
| <b>BILAGA B – NODNÄT .....</b>                                    | <b>30</b>  |
| <b>BILAGA C – OBSERVERAT UTRYMNINGSFÖRLOPP .....</b>              | <b>32</b>  |
| <b>BILAGA D – INDATA TILL UNDERSÖKTA UTRYMNINGSMODELLER .....</b> | <b>35</b>  |



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

En viktig parameter vid bedömning av en byggnads brandsäkerhet är hur lång tid som åtgår för att utrymma byggnaden. Denna tid beror på flera olika faktorer, bl.a. hur snabbt branden upptäcks, hur alerta personerna som skall utrymma är, hur långt det är till utgångarna och om köer bildas. [1]

Vid modellering av utrymningsförlopp brukar utrymningstiden delas upp i flera komponenter, som sedan kan bedömas var för sig. Det finns idag ett flertal datormodeller som beräknar någon eller några av dessa komponenter. [1]

Allmänt gäller för datormodeller att det är svårt för användarna att skapa sig en uppfattning om hur väl resultatet stämmer överens med den simulerade verkligheten. Detta gäller även datorbaserade utrymningsmodeller, som trots dessa osäkerheter ofta används vid brandskyddsprojektering.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att ge en uppfattning om tillförlitligheten hos några av de datorbaserade utrymningsmodeller som finns, samt att ge en **liten** orientering om dessa programvaror.

Arbetet ingår som en del i kursen *Problembaserad brandteknisk riskhantering*, vilken är den avslutande kursen på Brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola.

## 1.3 Metod

Efter att ha genomfört en fullskalig evakuering av en kontorsbyggnad, har modellering av utrymningsförloppet gjorts med var och en av de undersökta utrymningsmodellerna. Det verkliga utrymningsförloppet och resultaten av simuleringarna har sedan jämförts.

## 1.4 Begränsningar

Utvärderingen behandlar främst modellernas beräkningsmässiga förmåga. En kort beskrivning av programmen ingår, men är mer av orienterande karaktär. Inga prisuppgifter eller ”bästa köp”-tips ges.

Arbetet behandlar enbart utrymning av personer som kan gå ut själva.

Tyngdpunkten i jämförelsen är lagd på modellernas förmåga att beräkna de utrymmandes **gångtid**, alltså tiden det tar att gå från den aktuella platsen till ett säkert ställe inklusive tid att köa framför trånga öppningar. Reaktionstiden, den tid människan behöver för att uppfatta en larmsignal och fatta beslut om att utrymma, är inte lika väl observerad och behandlas endast marginellt. Någon detektionstid, tid tills rök e.dyl. når ett detektionssystem, behandlas inte alls i arbetet.

Utvärderingen baseras på endast **ett** utrymningsförsök.

Enbart modellerna *Allsafe*, *Evacnet*, *Simulex*, *Steps* och *Wayout* ingår i studien.

## 2 Nomenklatur

### 2.1 Utrymningstid

Utrymningstid är ett komplext begrepp. I brandsammanhang avses vanligtvis den tid som åtgår från det att branden börjar växa tills den aktuella målgruppen, de berörda personerna, nått en plats där de är varaktigt skyddade från branden. [1]

Vid modellering brukar utrymningstiden delas upp i flera komponenter. Den exakta uppdelningen och avgränsningen dem emellan varierar något från fall till fall. En vanlig metod är att låta utrymningstiden vara summan av detektionstid, reaktions- och beslutstid samt gångtid. Detektionstid är den tid det tar, exempelvis för en brandvarnare eller en mänsklig näsa, att detektera brand. Reaktions- och beslutstid är tiden som förflyter från det att branden detekterats tills den aktuella personen eller gruppen av personer börjar röra sig mot en utgång. Gångtiden är slutligen tiden det tar att gå, och att köa framför trånga öppningar, från den aktuella platsen till det säkra stället. Det är denna tid som är vanligast att beräkna med någon datorbaserad modell. Notera speciellt att avgränsningen mellan beslutsstadium och gångstadium kan definieras på lite olika sätt. [1]

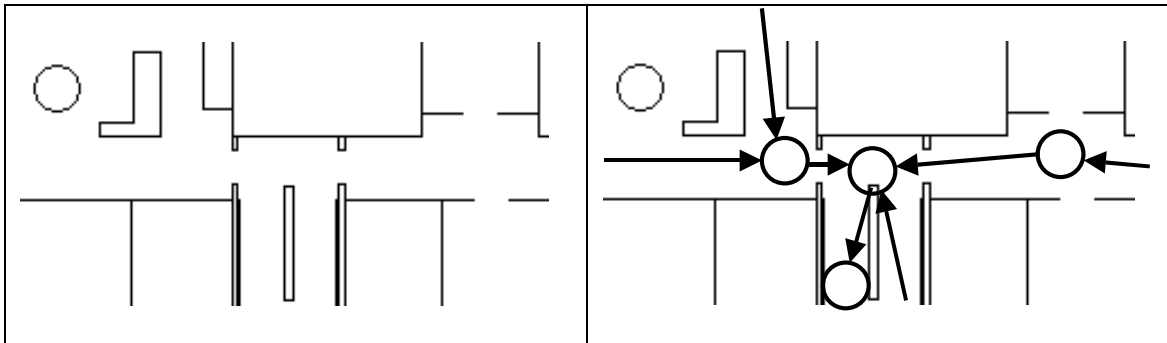
I denna rapport behandlas inte alls detektionstid. Reaktions- och beslutstid benämns med den kortare termen *reaktionstid*. Orden *gångtid* och *evakueringstid* används synonymt. Summan av reaktionstid och gångtid är kallad *total utrymningstid*.

I detta arbete definieras reaktionstid som tiden från det att utrymningslarmet startat till dess den studerade individen slutligt kommer ut i korridoren och börjar gå i riktning mot någon utgång. Om personen först börjar gå mot en utgång, men sedan vänder om igen för att hämta något, inkluderas hela förloppet, tills personen ånyo är på väg mot en utgång, i reaktionstiden. Om personen på vägen ut väntar på en kollega, räknas även förflyttningen dit samt väntandet, till reaktionstiden. Evakueringstid är den tid som följer omedelbart efter reaktionstiden, och anses avslutad när den utrymmande personen når **markplan** på utsidan av byggnaden.

### 2.2 Beräkningsteknik

Bland de utrymningsmodeller som utvärderas i rapporten urskiljs två huvudkategorier vad avser beräkningsteknik. Den ena är baserad på ett antal knutpunkter där varje knutpunkt motsvarar ungefär ett rum (se figur 2.1). Den engelska termen för knutpunkt är *node* och nedan kommer ordet *nod* att användas på svenska. Det engelska ordet för förbindelsen mellan två noder är *arc* som ordagrant betyder *båge*; det svenska ordet kommer fortsättningsvis att användas i arbetet. Det är endast vissa av de nodbaserade modellerna som nyttjar bågar. Den andra huvudkategorin på beräkningssidan är beräkningar baserade på någon form av rutnät, där väggar och dylikt läggs in som hinder och personer sedan placeras in i lediga rutor. Rutnätet kan vara kvadratisk med sidan 0,5 m eller ännu mindre. Denna beräkningsteknik gör det möjligt att redovisa utrymningsförloppet grafiskt, så att man får en visuell uppfattning av hur trängsel framför smala öppningar bildas (jfr figur 6.3). I rapporten kallas dessa två beräkningsvarianter för *nodbaserad* respektive *rutnätbaserad* beräkning. [2][5][6][10][13]





**Figur 2.1** Exempel på hur ett nodnät kan konstrueras. Vänstra bilden visar en del av en planritning. Högra bilden visar samma ritning med noder och bågar inlagda som ringar respektive pilar.

### 3 Studerade modeller

#### 3.1 Allmänt

De modeller som ingår i studien är Allsafe, Evacnet, Simulex, Steps och Wayout. Studien är genomförd på en PC med operativsystemet Microsoft Windows 98.

På beräkningssidan urskiljs två huvudkategorier, nodbaserad respektive rutnbaserad beräkning (se kapitel 2.2). Nodbaserad beräkning utgår vanligen ifrån att personerna som utrymmer beter sig som en fluid (vätska eller gas). En viktig begränsning med detta är att människorna måste behandlas som en homogen massa, alltså utan möjlighet att simulera den enskilda människans beteende. Vid rutnbaserade beräkningar kan mer komplicerade modeller nyttjas. Förflyttningen hos varje individ kan simuleras, vilket ökar möjligheterna att ge en realistisk bild av verkligheten. [6][8][13]

I kapitel 6.3 ges några personliga kommentarer om programvarornas användarvänlighet.

#### 3.2 Allsafe

**Tabell 3.1** Korta fakta om Allsafe.

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Program:</b>      | AllsafePC version 1.0e  |
| <b>Ursprung:</b>     | InterConsult Group, Norge (se <a href="http://www.interconsult.com">http://www.interconsult.com</a> ) |
| <b>Beräkning:</b>    | Nodbaserad. Kan endast hantera en utgång per nodnät, men kan hantera flera nodnät parallellt.         |
| <b>Presentation:</b> | En enda tid.  |

Modellen Allsafe (se tabell 3.1) är utvecklad för att räkna på olyckor kännetecknade av att personerna inte uppmärksammat branden förrän i ett mycket sent skede. Modellens beräkningsmässiga tyngdpunkt ligger på att bedöma reaktionstiden, men i programmet inkluderas också en **enkel** funktion för att beräkna gångtiden [5]. Det är denna sistnämnda funktion som studerats i föreliggande utvärdering.

Evakueringstiden beräknas med ett nodbaserat verktyg. Alla personer i ett nodnät antas gå mot samma utgång. För varje nod anges dess minsta bredd, gångsträcka till nästa nod, antal personer som initialt vistas i noden samt vilken golvyta noden representerar. [5]

#### 3.3 Evacnet

**Tabell 3.2** Korta fakta om Evacnet.

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Program:</b>      | Evacnet4   |
| <b>Ursprung:</b>     | University of Florida, USA (se <a href="http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet/index.htm">http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet/index.htm</a> ) |
| <b>Beräkning:</b>    | Nodbaserad. Kan hantera flera utgångar och hissar.   |
| <b>Presentation:</b> | Ett flertal olika tabeller och enkla diagram (med teckengrafik).   |

Programmet Evacnet (se tabell 3.2) beräknar hur en byggnad skall evakueras på kortast möjliga tid, samt hur lång denna tid är. Programmet kan användas som hjälp för att optimera utrymningsstrategin i ett objekt eller för att enbart bestämma evakueringstiden. [6]

Indata ges som noder och bågar. För varje nod specificeras hur många personer som maximalt får plats samt hur många som initialt befinner sig i noden. Det finns också

möjlighet att prioritera i vilken ordning noderna skall tömmas. Varje förbindelse mellan två noder, varje båge, ges information om hur lång förflyttningstiden genom bågen är samt hur stor dess dynamiska kapacitet är. [6]

### 3.4 Simulex

**Tabell 3.3** Korta fakta om Simulex.

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Program:</b>      | Simulex version 11.1.3   |
| <b>Ursprung:</b>     | Integrated Environment Solutions, Storbritannien (se <a href="http://www.ies4d.com">http://www.ies4d.com</a> ) |
| <b>Beräkning:</b>    | Rutnätbaserad. Kan hantera flera utgångar.   |
| <b>Presentation:</b> | Tvådimensionell animering av utrymningsförloppet samt en textfil med tabeller.                                 |

En av de bakomliggande tankegångarna när programvaran Simulex (se tabell 3.3) började utvecklas, var att göra en avancerad modell som tar hänsyn till de enskilda individerna, men att de indata modellen kräver skall vara så få som möjligt. [13]

Byggnadens geometri läses in i programmet som CAD-ritningar, en ritning för varje plan. Trappor mellan planen samt utgångar läggs sedan in manuellt. Därefter placeras personer ut individ- eller gruppvis i polygonformade områden. Det går att ange reaktionstider för enskilda individer eller grupper av individer. [14]

### 3.5 Steps

**Tabell 3.4** Korta fakta om Steps.

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Program:</b>      | STEPS version 1.0.5.6  |
| <b>Ursprung:</b>     | Mott MacDonald, Storbritannien (se <a href="http://www.mottmac.co.uk">http://www.mottmac.co.uk</a> ) |
| <b>Beräkning:</b>    | Rutnätbaserad. Kan hantera flera utgångar och hissar m.m.  |
| <b>Presentation:</b> | Tredimensionell animering av utrymningsförloppet samt en textfil med tabeller.                       |

Av de utrymningsmodeller som ingår i studien är Steps (se tabell 3.4) den mest flexibla. Ett exempel på en beräkningsfiness som ingår är att modellerade personer väljer väg utifrån ett poängsystem som bl.a. tar hänsyn till om det är kö vid en utgång eller ej [10]. Denna finess har inte använts i utvärderingen, och behandlas därför ej vidare.

De många möjligheterna programmet erbjuder gör att indata blir rätt omfattande. Geometrin kan importeras från CAD-ritningar men passager där köbildning förväntas måste läggas in manuellt. Flödesberäkningarna bygger på indata om gånghastigheter samt kortaste "tillåtna" avstånd mellan personer. Personer placeras ut gruppvis i rektangelformade områden och varje grupp kan ges en reaktionstid. [10]

### 3.6 Wayout

**Tabell 3.5** Korta fakta om Wayout.

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Program:</b>      | WayOut, en del av programpaketet Firewind version 3.5  |
| <b>Ursprung:</b>     | Fire Modelling & Computing, Australien (se <a href="http://www.mpx.com.au/~firecomp">http://www.mpx.com.au/~firecomp</a> ) |
| <b>Beräkning:</b>    | Nodbaserad. Kan endast hantera en utgång.  |
| <b>Presentation:</b> | Förenklad animering av antalet personer i varje nod samt en tabell.  |

Utrymningsmodellen Wayout (se tabell 3.5) är ett delprogram i ett programpaket för brandingenjörer.

Modellen är, med min nomenklatur, nodbaserad. (Programmet använder termen *twig* istället för nod.) Alla personer antas gå mot samma utgång. För varje nod anges dess medelbredd, gångsträcka till nästa nod, initialt antal personer samt bredd på öppning

mot efterföljande nod. Det finns också möjlighet att specificera reaktionstider nodvis.  
[2]

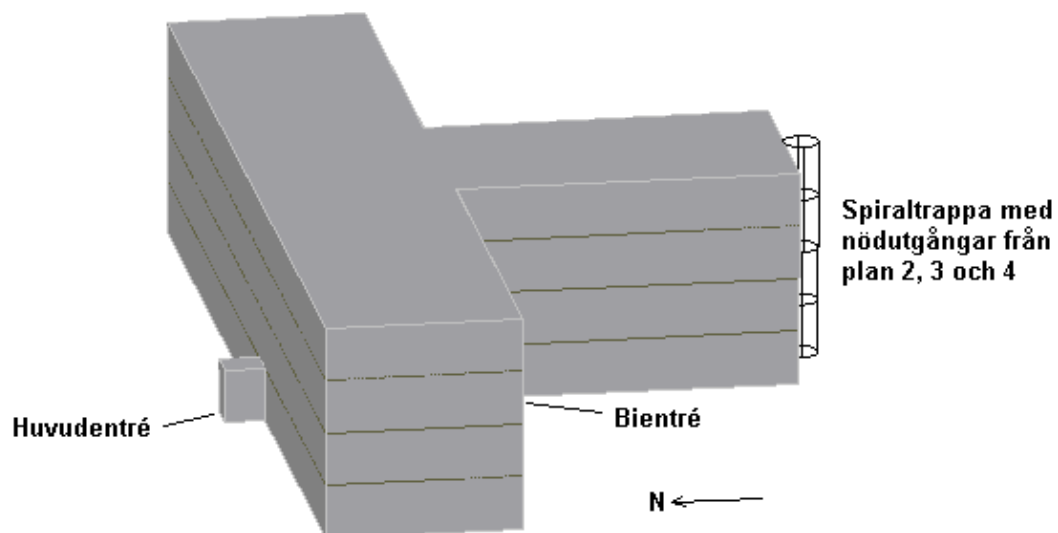
## 4 Evakueringsförsök

### 4.1 Allmänt

Ett fullskaligt evakueringsförsök med förberedda personer genomfördes i en fyraplans kontorsbyggnad i Göteborg. Försöket dokumenterades med hjälp av tio videokameror, varav flera var väl synliga i trapphuset. Samtliga personer, som inte givits för försöket speciella uppgifter, utrymde byggnaden.

### 4.2 Byggnadens geometri

Byggnaden är T-formad med fyra plan samt en källare (se figur 4.1). Källarvåningen nyttjades ej vid försöket. Byggnaden har ett centralt trapphus i anslutning till receptionen innanför huvudentrén. Från receptionen finns också en alternativ utgång, i denna rapport benämnd *bientré*. Utöver det ordinarie trapphuset finns en utvändig spiraltrappa vid husets södra gavel. Trappan betjänar plan två, tre och fyra. Kontorspersonal på plan ett utrymmer enbart via receptionen. (Se planritningar i bilaga A.)



**Figur 4.1** Schematisk bild av kontorsbyggnaden. Källarplan ej utritat. Väderstrecksuppgiften är endast ungefärlig.

### 4.3 Information till de anställda

Inför evakueringsförsöket informerades de anställda via e-post, med anslag och muntligt om att en "utrymningsövning" skulle äga rum. E-post skickades ut ca en vecka före försöket. Av informationen framgick vilken vecka försöket skulle ske, men noggrannare uppgift än så gavs inte. Kontorspersonalen fick drygt en månad innan försöket höra hur utrymningslarmet lät. Ljudet beskrevs också med ord i den information som gick ut veckan före försöket. I e-meddelandet till de anställda klargjordes också tydligt vad som förväntades av dem (se figur 4.2).

Vid evakueringsförsöket kompletterades utrymningslarmet med ett meddelande i snabbtelefonerna: "Allmänt anrop: Brandlarmet har löst ut. Brandlarmet har löst ut.

Utrym byggnaden snarast!”. Meddelandet lästes upp omedelbart (10 sekunder) efter att larmet aktiverats.

**När brandlarmet börjar tuta gäller:**

1. **Avbryt arbetet.**  
(Det är tillåtet att spara på datorn, eller säga ”Jag ringer upp” i telefonen.)
2. **Kontrollera att kollegorna i samma korridor uppfattat larmet.**
3. **Gå ut ur huset.**
4. **Uppsamling sker våningsvis [...] utanför vår huvudentré.**

**Det är viktigt att alla går ut!**

Figur 4.2 Utdrag ur instruktioner om utrymningsförsöket till de anställda.

#### 4.4 Dokumentering

Utrymningsförsöket dokumenterades med hjälp av tio videokameror, som var inställda så att aktuell tid också spelades in. Kamerornas klockor var sinsemellan synkroniserade på en sekund när.

Primärt dokumenterades personalens förflyttning mellan olika byggnadsdelar (från korridor till trapphus, från trapphus till reception, från reception till utgång etc.). Detta gjordes för att kunna bestämma hur många personer som vid varje tidpunkt befann sig i en viss byggnadsdel.

Tre av de tio videokamerorna placerades i korridorerna med huvuduppgift att dokumentera de anställdas reaktionstid.

Ett problem som uppkom vid analysen av videofilmerna var att kamerorna i vissa fall skymdes av de utrymmande. Problemet kringgicks genom att jämföra de olika filmerna med varandra och kontrollera så att lika många personer som gick ut i trapphuset också kom ned till receptionen. (Det var en person i trapphuset från början, vilket beaktades vid beräkningen.)

#### 4.5 Osäkerhet

Osäkerheten i antalet utrymmande bedöms vara 1 person (från plan två eller tre). Tidsangivelserna bedöms ha ett fel på max 2 sekunder, dock kan felet vara större för de sista fyra personer som lämnade västra korridoren på plan två.

De reaktionstider som observerats bedöms ha ett fel på max 2 sekunder.

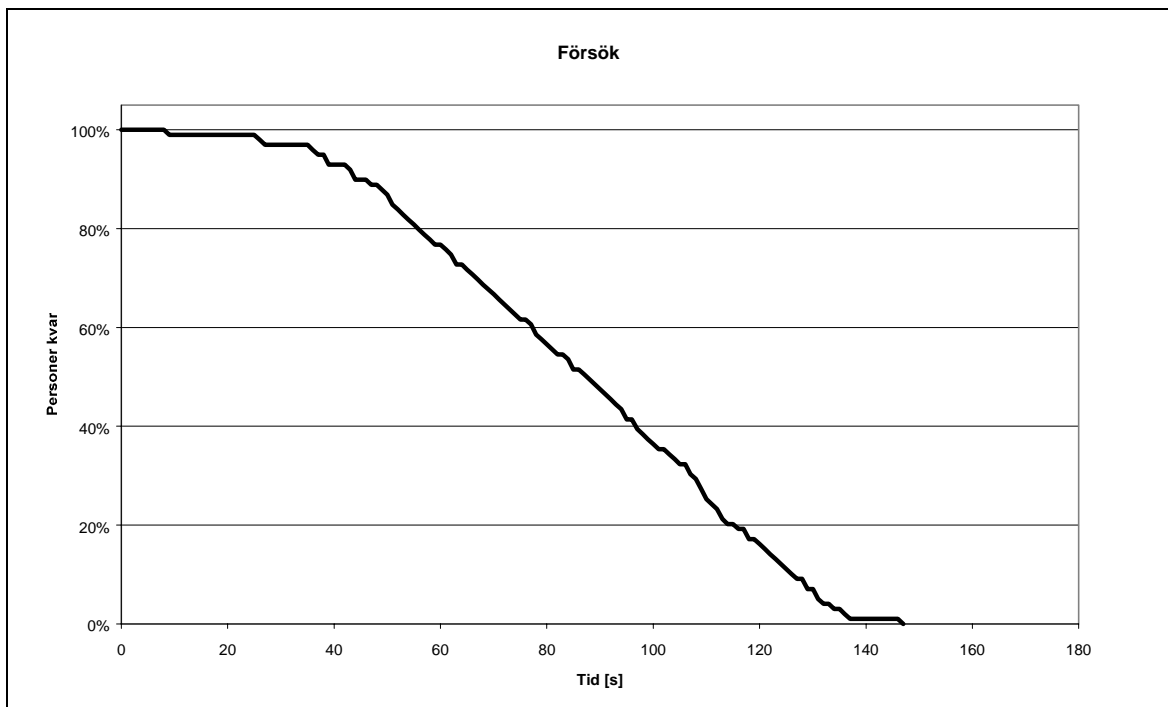
#### 4.6 Försöksresultat

Byggnaden utrymdes på totalt 147 sekunder (2 min 27 s) räknat från när larmsignalen började ljuda. Totalt utrymde 99 personer lokalerna. Av dessa nyttjade 6 nödtrappan på baksidan och 1 använde bientrén. De övriga 92 gick ut genom huvudentrén. Se tabell 4.1.

Utrymningsförloppet presenteras grafiskt i figur 4.3 och en redovisning av antalet personer i varje byggnadsdel under hela försöket återfinns i bilaga C.

**Tabell 4.1** Val av utgångar. Hur många personer i varje byggnadsdel som valde viss utgång.

| Byggnadsdel            | Huvudentré | Bientré | Nödtrappa |
|------------------------|------------|---------|-----------|
| Plan ett, väster       | 1          |         |           |
| Plan ett, öster/söder  | 21         |         |           |
| Plan två, väster       | 13         |         |           |
| Plan två, öster/söder  | 11         |         | 2         |
| Plan tre, väster       | 7          |         |           |
| Plan tre, öster/söder  | 11         |         | 3         |
| Plan fyra, väster      | 11         | 1       |           |
| Plan fyra, öster/söder | 15         |         | 1         |
| Trappa (vån. 2 till 3) | 1          |         |           |
| Reception              | 1          |         |           |

**Figur 4.3** Utrymningsförlopp vid det genomförda försöket. Totalt utrymde 99 personer byggnaden. Sista personen var ute efter 147 sekunder.

I tre korridorer observerades personalens reaktionstider. Reaktionstiderna varierade kraftigt mellan de olika korridorerna (jfr tabell 4.2). På grund av denna variation bedömdes att en gemensam reaktionstid för hela byggnaden skulle vara ett väl grovt mått. Istället antogs att personalens reaktionstid var gemensam i korridorerna på varje sida om trapphuset på varje våningsplan. (De åtta olika byggnadsdelar huset delas in i blir då *plan ett väster*, *plan ett öster/söder*, *plan två väster*, o.s.v.). En orsak till att just denna förenkling valdes, var att delar av personalen vid försöket väntade på sina kollegor i samma korridor innan de började gå mot någon utgång. Utifrån de gjorda observationerna antogs vidare att det fanns ett linjärt samband mellan reaktionstiden i en byggnadsdel och tidpunkten då första personen lämnade den aktuella byggnadsdelen. Detta stämmer ganska bra överens med de observationer som gjorts. Med dessa antaganden som grund, kunde reaktionstider för personalen i de olika byggnadsdelarna beräknas med linjär regression. När larmet aktiverades befann sig en person i receptionen och en i trapphuset. Deras reaktionstider observerades vara mycket korta, och har antagits vara 1 sekund. Se tabell 4.3.

**Tabell 4.2** Observerade reaktionstider (medelvärden).

| Korridor         | Reaktionstid [s] | Antal observationer |
|------------------|------------------|---------------------|
| Plan tre, väster | 41,57            | 7                   |
| Plan tre, öster  | 30,14            | 7                   |
| Plan fyra, söder | 16,22            | 9                   |

**Tabell 4.3** Beräknade reaktionstider. "Minsta utrymningstid" är den tidpunkt då första personen lämnat den aktuella byggnadsdelen. "Beräknad reaktionstid" är ett medelvärde för människorna i byggnadsdelen, och kan därför vara längre än minsta utrymningstid.

| Byggnadsdel            | Minsta utrymningstid [s] | Beräknad reaktionstid [s] | Antal personer vid försökets början |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Plan ett, väster       | 30                       | 32                        | 1                                   |
| Plan ett, öster/söder  | 19                       | 21                        | 21                                  |
| Plan två, väster       | 34                       | 35                        | 13                                  |
| Plan två, öster/söder  | 29                       | 31                        | 13                                  |
| Plan tre, väster       | 41                       | 42                        | 7                                   |
| Plan tre, öster/söder  | 22                       | 24                        | 14                                  |
| Plan fyra, väster      | 22                       | 24                        | 12                                  |
| Plan fyra, öster/söder | 20                       | 22                        | 16                                  |
| Trappa (vån. 2 till 3) |                          | 1                         | 1                                   |
| Reception              |                          | 1                         | 1                                   |

I ett par av de utrymningsmodeller som utvärderats kan reaktionstid inte behandlas i själva evakueringsberäkningen. [5][6] Detta innebär att en gemensam medelreaktionstid för hela byggnaden måste räknas fram, trots resonemanget ovan, och sedan manuellt läggas till evakueringstiden från de aktuella programmen. För denna beräkning används reaktionstiderna i tabell 4.3 viktade med antalet personer i ifrågavarande byggnadsdel. Medelreaktionstiden blir 26 sekunder. (Räknas istället medelvärdet fram enbart utifrån observerade tider blir resultatet 28 sekunder.)

Utifrån uppgifterna ovan kan också en ungefärlig gångtid räknas ut. Total utrymningstid subtraherat med beräknad medelreaktionstid ger en gångtid på ca 120 sekunder (ca 2 min). I kapitel 6 ställs modellresultatens avvikelse från den experimentellt uppmätta utrymningstiden i relation till denna gångtid.



## 5 Simuleringar

### 5.1 Gemensamma antaganden

För att kunna simulera utrymningsförlopp på individnivå krävs uppgifter om var varje individ befinner sig när evakueringen börjar, samt vilken utgång varje individ väljer. Från evakueringsförsöket finns endast data om **hur många** personer i varje byggnadsdel som väljer en viss utgång (se tabell 4.1). För att fylla denna informationslucka har antaganden gjorts om varje individs initiala position och val av utgång (se bilaga A). Antagandena är gjorda utifrån data i tabell 4.1 samt med stöd av iakttagelser i anslutning till försöket.

Ett par av de studerade programvarorna (Evacnet och Steps) saknar inbyggda antaganden om gånghastigheter och flödeskapaciteter. De kräver att användaren själv väljer värden på dessa parametrar. De parametervärden som använts med dessa program återges i tabell 5.1. De är valda utifrån [3] och [4] efter visst samråd med handledaren.

Flera av de undersökta modellerna är nodbaserade. Ett gemensamt nodnät har antagits (se bilaga B), vilket sedan legat till grund för att skapa modellspecifik indata.

**Tabell 5.1** Antagna gånghastigheter och flödeskapaciteter. (Se kommentarer i kapitel 6.1)

\*) Enligt [3] kan gånghastigheten i en spiraltrappa vara så låg som hälften av gånghastigheten i en rak trappa. Notera att hastighet och flöde i spiraltrappan inte har någon större betydelse i det aktuella scenariot, eftersom endast ett fåtal personer utrymmer den vägen.

\*\*) Olika avdrag skall göras beroende på hur trappträcket är utformat. Se t.ex.[7].

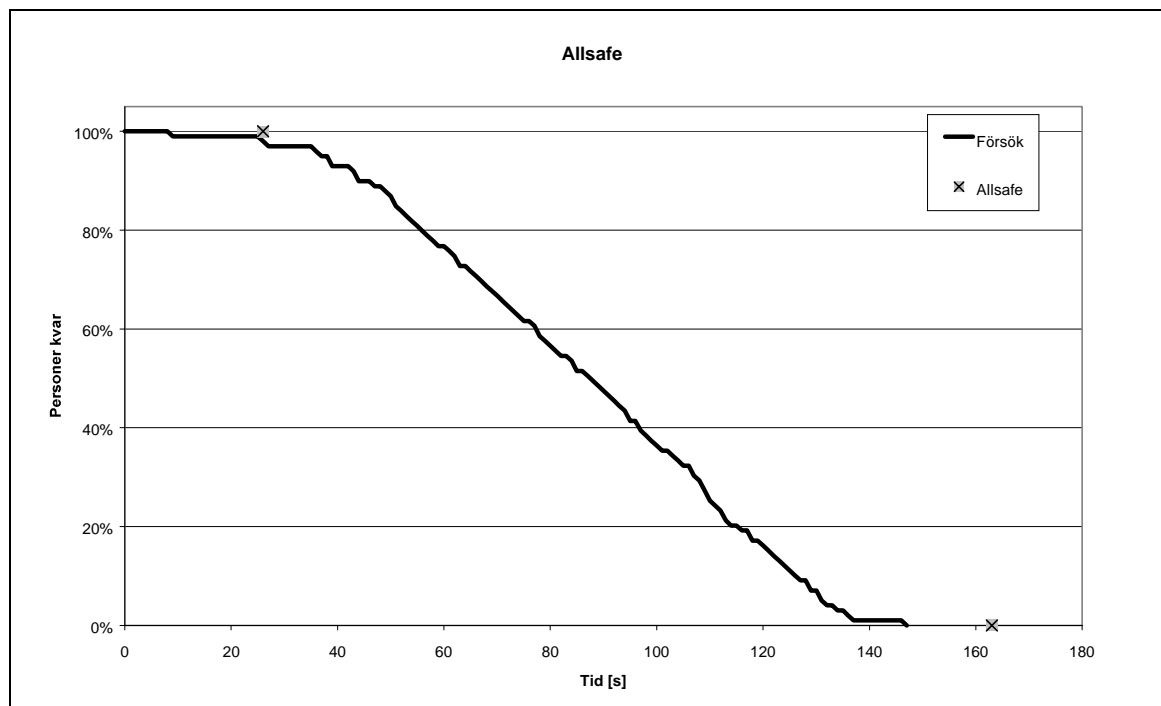
| Variabel  | Värde           | Referens    |
|---|-----------------|-------------|
| Gånghastighet (vanlig)  | 1,4 m/s         | [3] (s. 35) |
| Gånghastighet nedför normal trappa  | 0,7 m/s         | [4] (s. 5)  |
| Gånghastighet nedför spiraltrappa   | 0,4 m/s         | *           |
| Flöde genom dörröppning<br>(proportionellt mot dörröppningens verkliga bredd)         | 1,11 pers/(s m) | [3] (s. 42) |
| Flöde nedför normal trappa<br>(proportionellt mot trappans <i>effektiva</i> ** bredd) | 1,2 pers/(s m)  | [3] (s. 29) |
| Kortaste avstånd mellan personer som utrymmer i spiraltrappa                          | 1 m             | [4] (s. 39) |

### 5.2 Allsafe

I Allsafe finns en nodbaserad evakueringsmodell som endast kan hantera en utgång per nodnät. Utrymmande via det invändiga trapphuset (merparten) och utrymmande via den utvändiga nödrappan (några få) simulerades parallellt i två skiljda nodnät. Den person som vid försöket utrymde genom bentrén har vid simuleringen istället belastat huvudentrén. (Huvudentrén och bentrén är två olika utgångar från samma entréhall. Approximationen torde därför inte märkbart påverka resultatet.) Nodnätet redovisas allmänt i bilaga B och modellspecifika indata finns i bilaga D.

I Allsafe finns en modell för att beräkna reaktionstid. Då den modellen inte är tillämpbar på ett utrymningsförsök med väl förberedda personer används den inte i utvärderingen. I stället har den i kapitel 4.6 framtagna medelreaktionstiden (26 s) adderats till den gångtid Allsafe räknat fram.

Den totala utrymningstiden blev, med beräkningsgången ovan, 163 sekunder. Vid försöket utrymdes byggnaden på 147 sekunder. Avvikelsen mellan modellen och försöket är +16 sekunder (se figur 5.1).



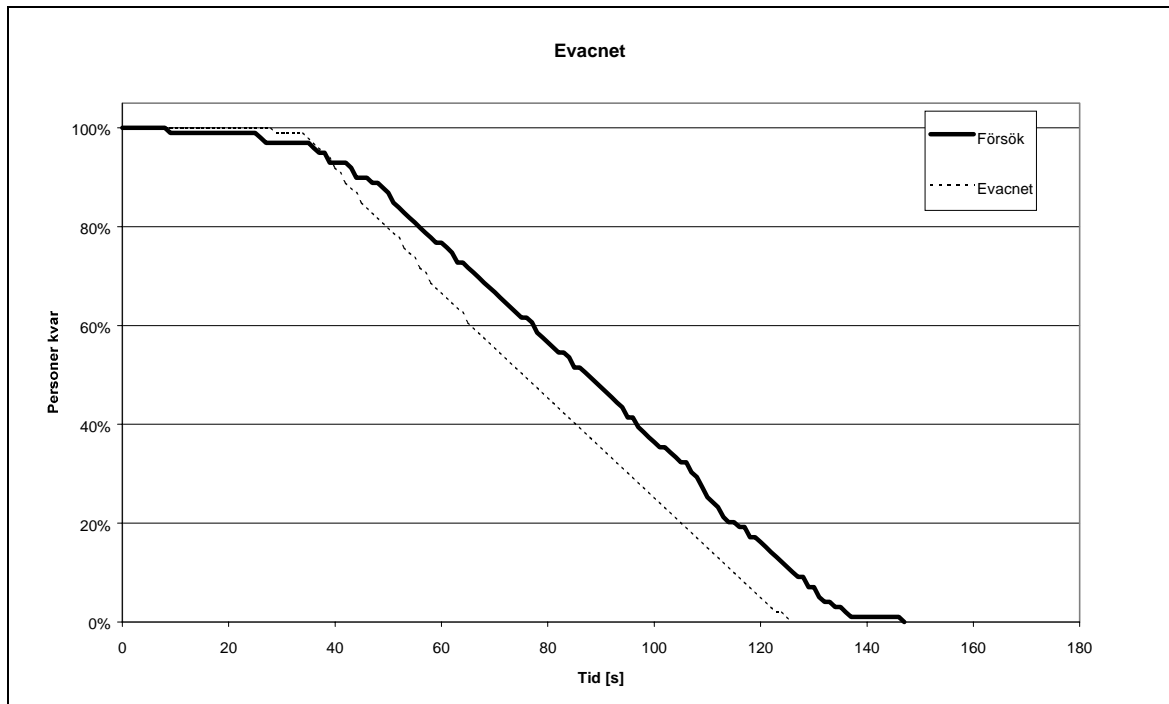
**Figur 5.1** Resultatet från Allsafe-simuleringen jämfört med det experimentellt uppmätta utrymningsförlöppet. Den vänstra kryssmarkeringen anger medelreaktionstiden. Den högra kryssmarkeringen betecknar tidpunkten då byggnaden utrymts.

### 5.3 Evacnet

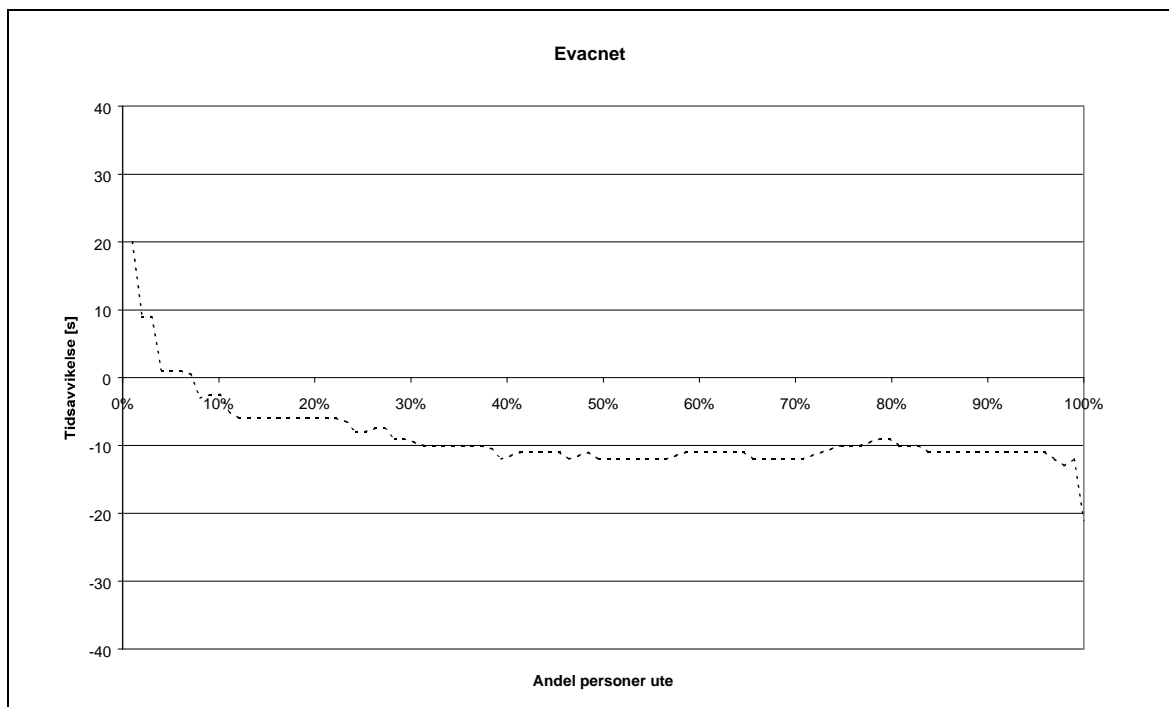
Även Evacnet är en nodbaserad evakueringsmodell. Evacnet är kapabel att hantera parallella nodnät med flera utgångar i varje nät. Simuleringen genomfördes i två avskilda nodnät med samma uppdelning som beskrivs i kapitel 5.2. För att simulera den person som vid försöket utrymde genom bientrén lades sådana begränsningar in i Evacnet att precis en person valde den vägen. Utifrån nodnätet i bilaga B samt gånghastigheter och personflöden i tabell 5.1 har den indatafil som återges i bilaga D skapats.

Eftersom Evacnet inte alls behandlar reaktionstid har den medelreaktionstid som räknades fram i kapitel 4.6 lagts till de tider programmet räknat fram.

Total utrymningstid blev 126 sekunder (se figur 5.2). Avvikelsen mellan modellen och försöket var -21 sekunder (se figur 5.3).



**Figur 5.2** Jämförelse mellan av Evacnet simulerat utrymningsförlopp och experimentellt uppmätt utrymningsförlopp.



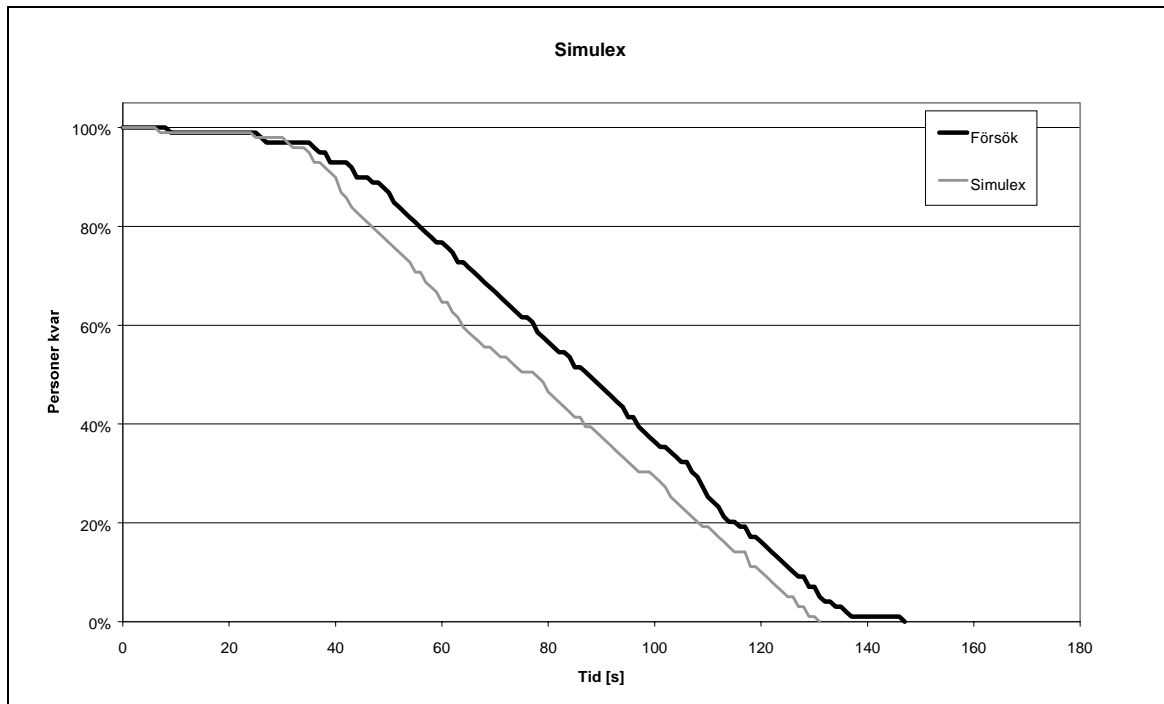
**Figur 5.3** Avvikelser mellan det utrymningsförlopp Evacnet simulerat och det experimentellt uppmätta. Negativ tidsavvikelse anger att utrymningen vid simuleringen gått fortare än vad den gjorde vid försöket.

#### 5.4 Simulex

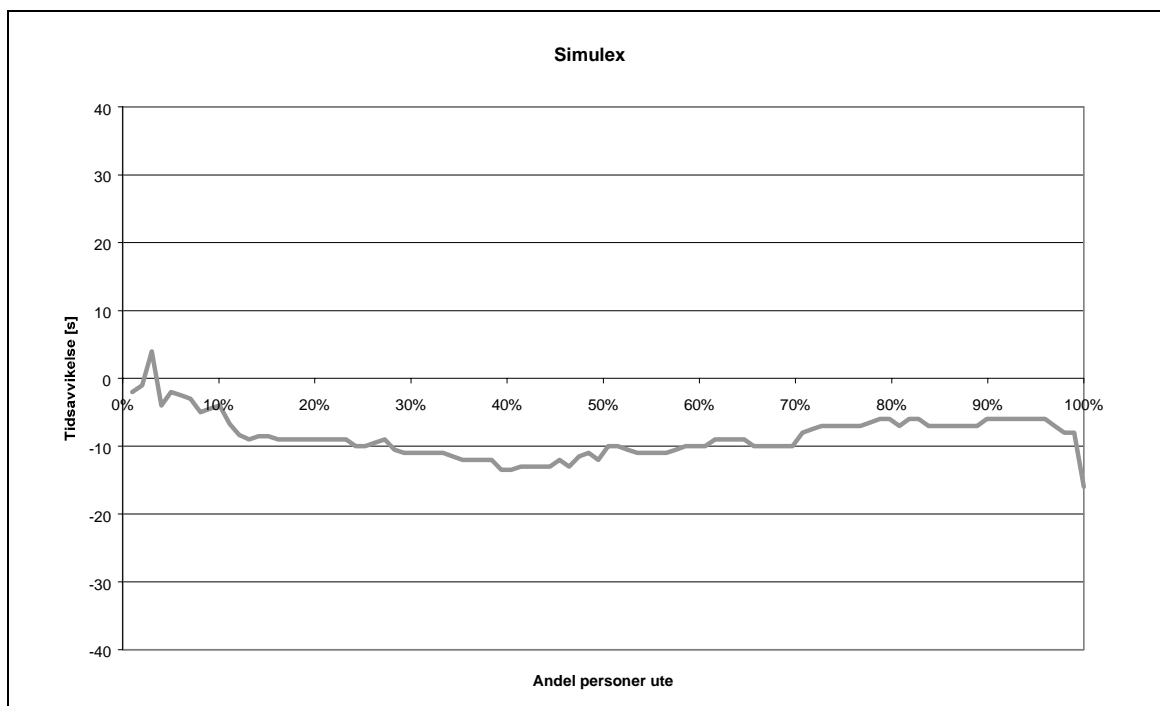
Simulex är en rutnätbaserad utrymningsmodell. Indata till modellen utgjordes av planritningar (se bilaga A) som manuellt kompletterades med utgångar och trappor. Därefter placerades kontorspersonalen ut på ungefär de positioner som anges i bilaga A. Varje individ (eller grupp av individer) tilldelades den reaktionstid som anges i tabell

4.3 och instruerades om vilken utgång den skulle gå mot (jfr kapitel 5.1 och bilaga A). I bilaga D redovisas en sammanställning av förbindelserna mellan våningsplanen och av utgångarna, som alltså tillsammans med bilaga A och tabell 4.3 definierar det simulerade scenariot.

I figur 5.4 återges det simulerade och det uppmätta utrymningsförloppet. I figur 5.5 redovisas skillnader mellan simulering och experiment. Simulerad utrymningstid blev 131 sekunder och differensen mot det experimentella värdet blev -16 sekunder.



**Figur 5.4** Jämförelse mellan av Simulex simulerat utrymningsförlopp och experimentellt uppmätt utrymningsförlopp.



**Figur 5.5** Avvikelser mellan det utrymningsförlopp Simulex simulerat och det experimentellt uppmätta. Negativ tidsavvikelse anger att utrymningen vid simuleringen gått fortare än vad den gjorde vid försöket.

## 5.5 Steps

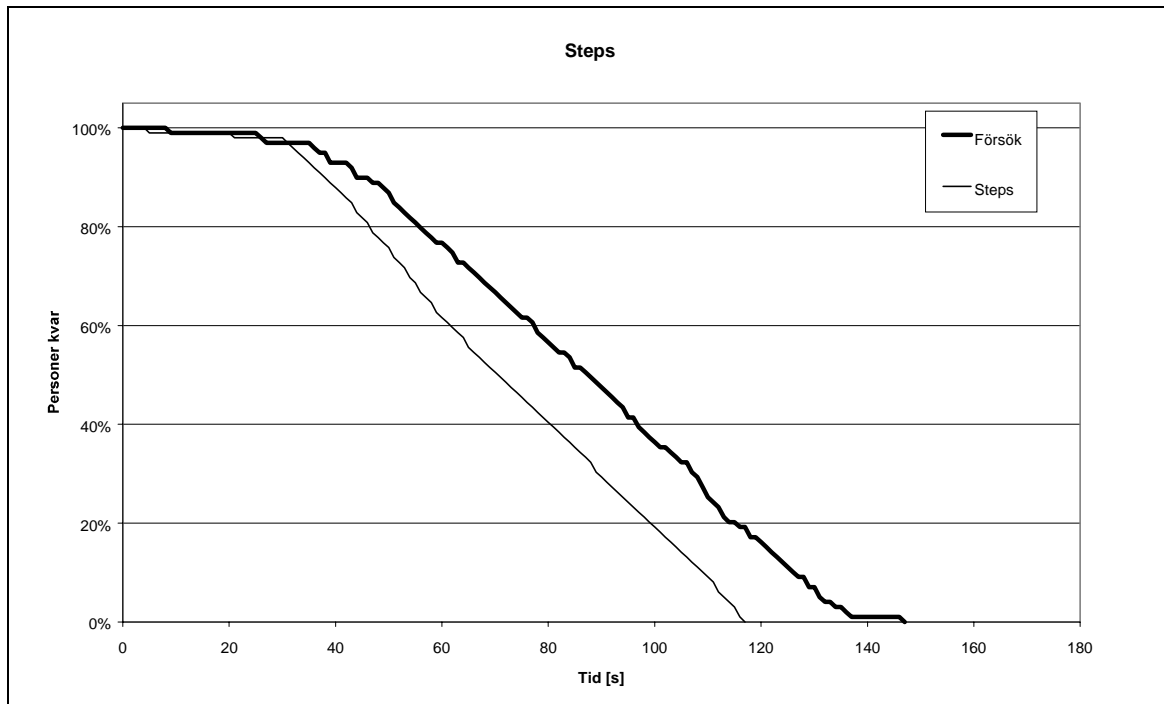
Steps är, liksom Simulex, en rutnätbaserad utrymningsmodell. Även i Steps utgör CAD-ritningarna i bilaga A, manuellt kompletterade med utgångar, förbindelser mellan våningsplanen och med små *vilplan* i trapphuset (mellan våningarna), en viktig del av indatan.

I Steps måste alla flödesbegränsande öppningar modelleras speciellt (med en s.k. *path*) [10]. Sådana modelleringar lades in för dörrar mellan korridorerna och trapphuset och vid utgångarna. De gånghastigheter och flödesparametrar som nyttjades listas i tabell 5.1. Spiraltrappan på baksidan av huset modellerades något förenklad (rät linje i stället för spiral; trappans förkortning kompenseras med lägre gånghastighet), men eftersom endast ett fåtal personer utrymmer den vägen kan det inte ha påverkat resultatet märkbart.

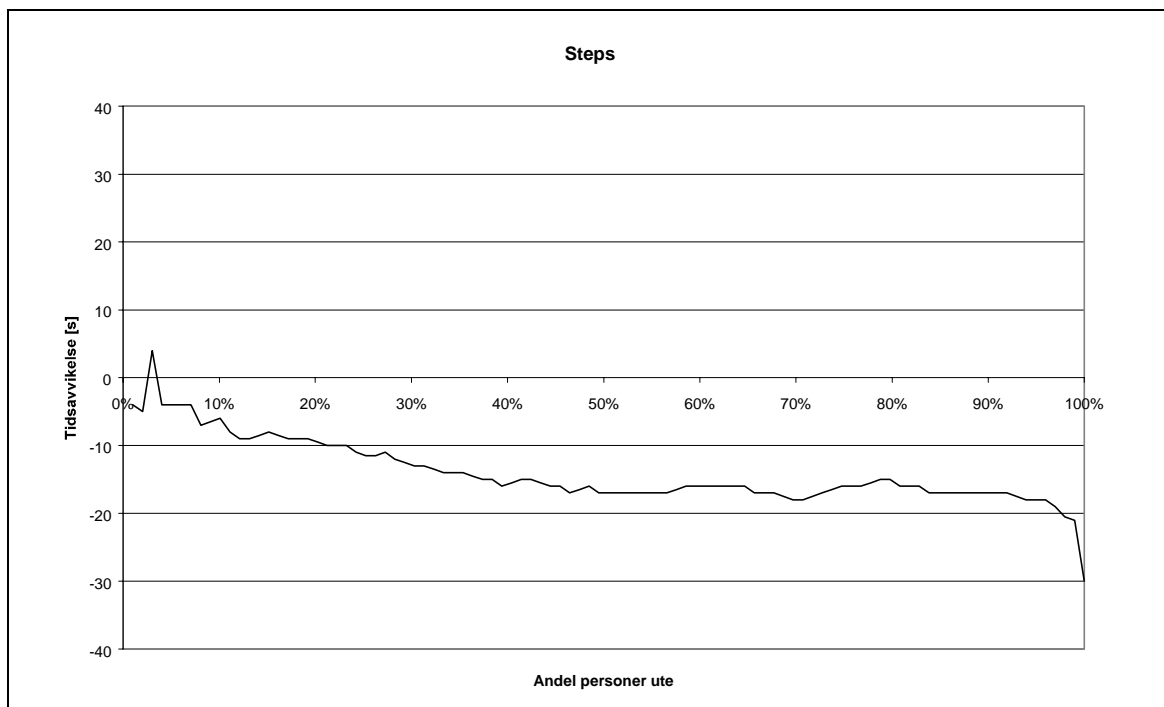
Eftersom det skulle vara mycket tidskrävande att exakt definiera positionen av varje individ, definierades istället *rektanglar* i de olika korridorerna inom vilka ett givet antal personer slumpmässigt placerades ut. Personerna i varje rektangel tilldelades reaktionstid och utgång utifrån tabell 4.3 och 4.1.

I bilaga D redovisas de förbindelser (*paths*) som använts i modellen. De definierar, tillsammans med bilaga A och tabell 4.3 jämte vad som beskrivits här, det simulerade scenariot.

Resultatet av Steps-simuleringen blev att den totala tiden för utrymning var 117 sekunder. Vid utrymningsförsöket uppmättes tiden 147 sekunder. Avvikelsen är alltså -30 sekunder. Se figur 5.6 och 5.7.



**Figur 5.6** Jämförelse mellan av Steps simulerat utrymningsförlopp och experimentellt uppmätt utrymningsförlopp.



**Figur 5.7** Avvikelser mellan det utrymningsförlopp Steps simulerat och det experimentellt uppmätta. Negativ tidsavvikelse anger att utrymningen vid simuleringen gått fortare än vad den gjorde vid försöket.

## 5.6 Wayout

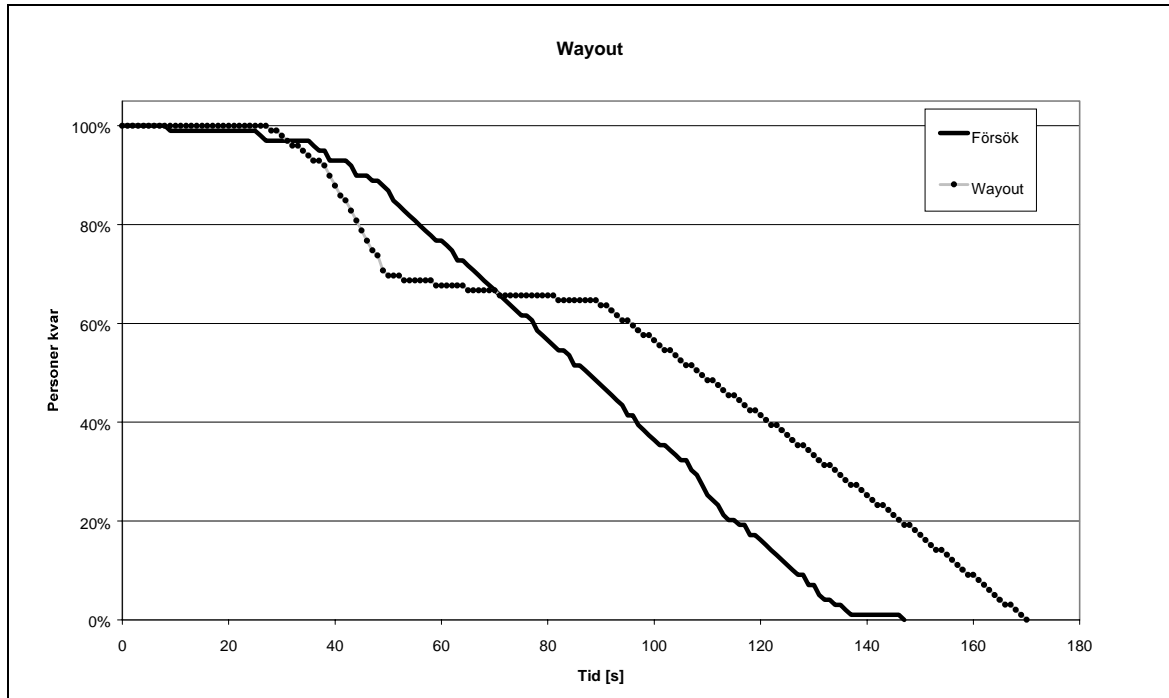
Evakueringsmodellen Wayout är nodbaserad och kan endast hantera ett nodnät åt gången. I varje nodnät får endast en utgång finnas. De som utrymde via det invändiga trapphuset och de som utrymde via nödtrappan simulerades därför var för sig och resultaten länkades sedan samman manuellt. Precis som vid Allsafe-simuleringen

(kapitel 5.2) belastade en extra person huvudentrén, nämligen den som vid försöket använde bientrén istället.

I Wayout antas att evakueringsförloppet startar i någon av de noder som är längst ut i det grenverk nodnätet utgör. Användaren kan därför bara ange reaktionstider för noder som är längst bort på sin "gren". (De reaktionstider som angavs, är de åtta översta i tabell 4.3.) De som befinner sig i en genomgångsnod antas av programmet börja utrymma när första personen från en längre bort belägen nod anländer till den aktuella noden. Att Wayout behandlar reaktionstider på detta sätt ställde till vissa problem vid simuleringen. Den person som vistades i trappan vid utrymningsförsökets början reagerade nästan omedelbart och hann att gå ned för trappan innan någon köbildning uppstod i trapphuset. Vid simuleringen var det dock inte möjligt att ange någon reaktionstid för personen i trappan, som därför inte började gå förrän personal från avlägsnare noder kom. Detta gjorde att personen i trappan påverkade köbildningen på ett annorlunda sätt vid simuleringen än vid försöket. För att minska denna påverkan bestämdes att den anställde i stället för i trapphuset skulle placeras i entréhallen initialt. Genom denna manöver kunde köbildningen modelleras något bättre.

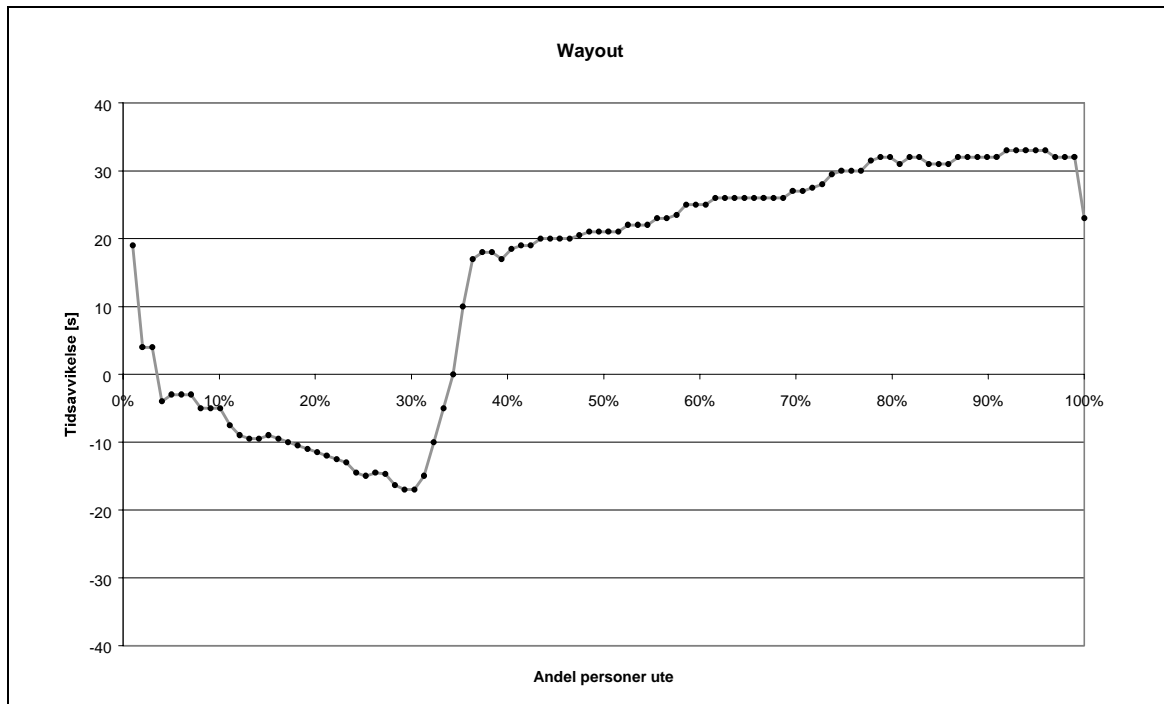
De indata som använts återfinns i bilaga D. Nodnätet som ligger till grund för dessa redovisas i bilaga B.

Total utrymningstid blev vid simuleringen 170 sekunder. Avvikelsen från försöksresultatet (147 s) är då +23 sekunder. Se figur 5.9 och 5.10. Påpekas bör, att in- och utdata extra kontrollerats med anledning av kurvans plana mittenparti (i figur 5.9). (Se vidare kommentarer i kapitel 6.1).



**Figur 5.9** Jämförelse mellan av Wayout simulerat utrymningsförlopp och experimentellt uppmätt utrymningsförlopp.

OBS! Kurvan från Wayout bedöms ha en osäkerhet av upp till  $\pm 5$  procentenheter p.g.a. praktiska problem vid avläsning av värden från skärmen. Sluttiden är dock korrekt återgiven.



**Figur 5.10** Avvikelser mellan det utrymningsförlopp Wayout simulerat och det experimentellt uppmätta. Positiv tidsavvikelse anger att utrymningen vid simuleringen tagit längre tid än vad den gjorde vid försöket.

OBS! Figuren bedöms ha en osäkerhet av upp till  $\pm 5$  procentenheter p.g.a. praktiska problem vid avläsning av värden från skärmen. Slutdifferensen är dock korrekt återgiven.



## 6 Resultat och diskussion

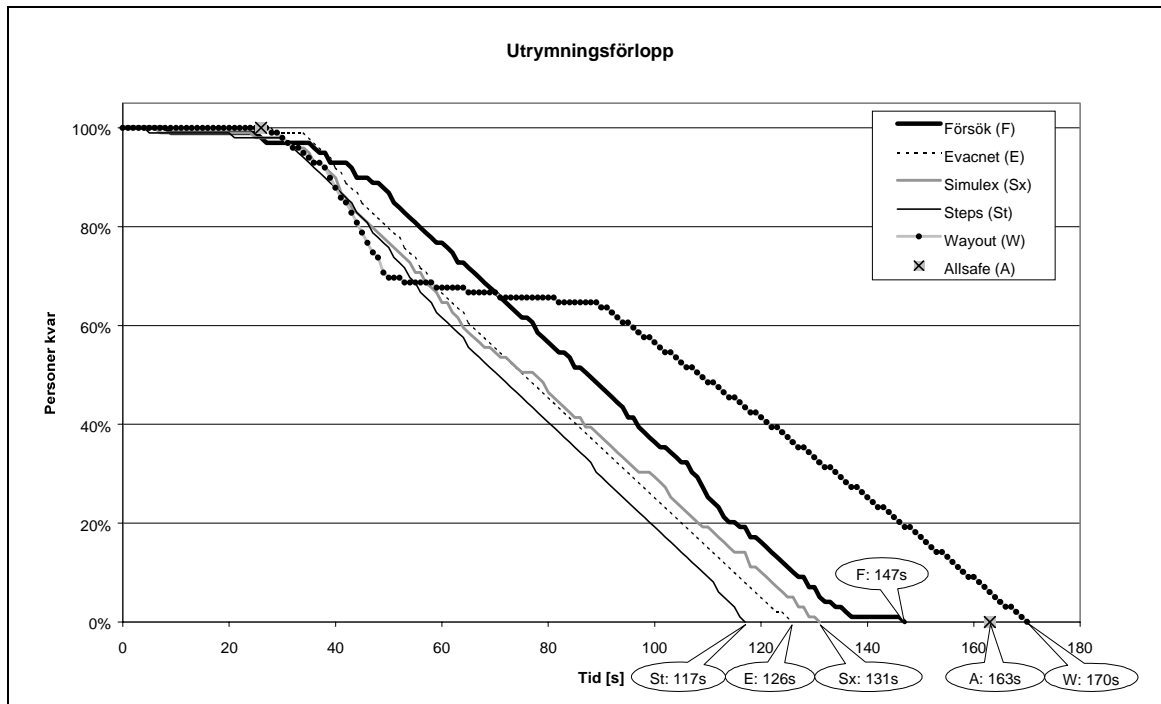
### 6.1 Utrymningsförlopp

I figur 6.1 redovisas en sammanställning av simulerade utrymningsförlopp jämte det experimentellt uppmätta. Med de indata som använts ger Steps, Evacnet och Simulex en kortare total utrymningstid än vad som uppmättes vid experimentet, medan Allsafe och Wayout ger en längre tid. I figur 6.2 redovisas hur tidsdifferensen mellan respektive modell och försöket varierar som funktion av antalet utrymda.

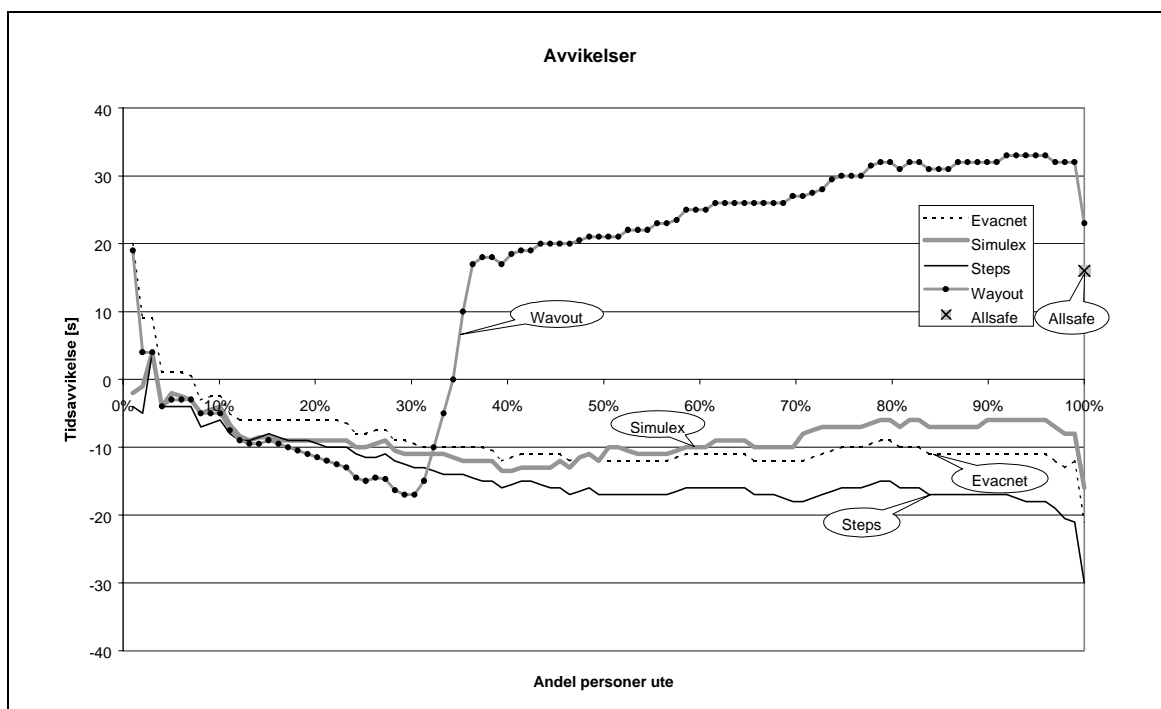
Det mest anmärkningsvärda i dessa båda figurer är de kurvor som genererats med hjälp av Wayout. I figur 6.1 planar kurvan ut när ungefär två tredjedelar av personalen är kvar inne, för att sedan luta aningen flackare än innan. Rent praktiskt innebär detta att utrymningen nästan avstannar helt efter ca 50 sekunder från larm, men sedan fortsätter något långsammare efter ytterligare ca 40 sekunder. Detta återspeglas också i figur 6.2. Där syns tydligt att det förlopp Wayout simulerat till en början är aningen mer optimistiskt än de övriga, för att sedan svänga helt och hållet och bli det mest pessimistiska av dem alla. Varför kurvorna ser ut som de gör vet jag inte, och någon enkel förklaring verkar inte finnas. En detalj som beräkningsmässigt dock skiljer Wayout från de andra modellerna är sättet på vilket hänsyn tas till de utrymmandes reaktionstider. I Wayout antas att evakueringsförloppet startar i någon av de noder som är längst ut i nodnätets grenverk. Användaren kan därför bara ange reaktionstider för noder som är längst bort på sin "gren". För genomgångsnoder antar programmet att evakueringen därifrån påbörjas när första personen från en längre bort belägen nod anländer till den aktuella noden (jfr kapitel 5.6). Någon motsvarighet till detta antagande förekommer inte bland de andra utvärderade modellerna. Det kan därför inte uteslutas att det är detta förhållande som, genom exempelvis onaturlig köbildning, är orsak till kurvornas annorlunda utseende. (De osäkerheter som nämns i figurtexterna till figur 6.1 och 6.2 är inte så stora att de kan förklara fenomenet.)

De två kortaste utrymningstiderna som erhållits är framräknade med hjälp av modellerna Steps och Evacnet. Detta förhållande får dock inte tas som en indikation på att de är mer optimistiskt designade än övriga modeller. Steps och Evacnet saknar nämligen egna antaganden om gånghastigheter och flödeskapaciteter (se kapitel 5.1). De resultat programmen levererar beror helt och hållet på vilka flödesparametrar användaren väljer. Vid de simuleringar som redovisas i detta arbete har parametervärdena i tabell 5.1 använts. De aningen optimistiska simuleringsresultaten indikerar alltså att de indata som använts varit väl hoppfulla. Att programmen trots dessa gemensamma indata sinsemellan uppvisar en differens om ca 10 sekunder förklaras enklast av modellernas stora olikheter: Evacnet är nodbaserad och en för alla utrymmande gemensam reaktionstid har använts, medan simuleringen i Steps gjorts med en tredimensionell modell och olika reaktionstider i olika korridorer.

Tidsdifferensen mellan modell och försök är i denna utvärdering, sett till absoluta tal, liten: upp till 30 sekunder. Detta motsvarar dock ca 25% av gångtiden, och frågan är hur stor avvikelse man kan förvänta sig vid längre utrymningsförlopp. Denna frågeställning är allvarligast för **Simulex**, som underskattade erforderlig evakueringsstid och vars antagande om gånghastigheter och flöden inte kan justeras. Vad som dock inte får glömmas bort, är att de simuleringar som redovisats här bygger på **beräknade**



**Figur 6.1** Simulerade utrymningsförlopp samt experimentellt uppmätt utrymningsförlopp. OBS! Kurvan från Wayout bedöms ha en osäkerhet av upp till  $\pm 5$  procentenheter p.g.a. praktiska problem vid avläsning av värden från skärmen. Sluttiden är dock korrekt återgiven.



**Figur 6.2** Avvikelse mellan simuleringar och försök. OBS! Kurvan från Wayout bedöms ha en osäkerhet av upp till  $\pm 5$  procentenheter p.g.a. praktiska problem vid avläsning av värden från skärmen. Slutförändringen är dock korrekt återgiven.

reaktionstider, utifrån det ”stickprov” som gjordes vid försöket (se kapitel 4.6). Det råder alltså en viss osäkerhet om hur stora differenserna mellan försök och simuleringar egentligen är. Uppskattningsvis är detta tidsfel maximalt  $\pm 10$  sekunder, dock troligen något större för den personen som sist lämnade byggnaden. Genom att jämföra kurvornas **lutning** i figur 6.1 kan man bilda sig en, av antagna reaktionstider mindre påverkad, uppfattning om modellernas tillförlitlighet. Utifrån detta synsätt verkar Evacnet, Simulex och Steps vara mycket trovärdiga. Allsafe ger intrycket av att presentera ett lite för pessimistiskt resultat medan Wayout tycks vara en mindre lämplig modell.

## 6.2 Relevans

Vid det utrymningsförsök som ligger till grund för utvärderingen var de utrymmande personerna förvarnade. De visste alltså om att brandlarmet skulle gå igång någon av de närmaste dagarna, och att det då inte var brand utan bara ”övning” (jfr kapitel 4.3). Detta har givetvis påverkat de anställdas reaktionstid så att den blivit kortare och fått lägre spridning än vid ett verkligt fall. Vid de simuleringar som gjorts av förloppet har emellertid de observerade reaktionstiderna beaktats (se kapitel 4.6 och 5.2-5.6) varför detta inte haft någon inverkan på jämförelsen i sin helhet. Av större intresse är istället hur själva evakueringen påverkats av att det inte var någon verklig brand samt av de utrymmandes ”vetskap” om detta. (De som utrymde kunde visserligen inte vara säkra på att det var övning förrän efteråt, men alla utgick sannolikt ifrån det.) Min bedömning, utifrån observationer vid försöket, är att försöksresultatet motsvarar en välorganiserad utrymning av ett objekt där alla vet var huvudutgången finns och vart de skall gå när de kommit ut, samt att de utrymmande ännu inte besvärats (varken fysiskt eller psykiskt) av branden.

## 6.3 Kommentarer om användarvänlighet

Användarvänlighet är ett mycket subjektivt begrepp, och ibland även relativt. Vad som sägs nedan är mina personliga synpunkter, ofta grundade på enbart några timmars användande av aktuell programvara. I kapitel 3 ges några korta fakta om samtliga fem studerade utrymningsmodeller; Allsafe och Simulex är rätt användarvänliga och kommenteras inte nedan.

För framtida användare av **Evacnet** rekommenderar jag varmt att indata skapas med något kalkylprogram (t.ex. Microsoft Excel) och sedan läses in till Evacnet med kommandot *READ*, eftersom det kan visa sig att den *tidsbas* som först valts måste korrigeras, vilket medför att alla indata måste räknas om. Gånghastigheter anges nämligen som antal *tidssteg* det tar att förflytta sig från en nod till nästa, och flödeskapaciteten anges som maximalt antal personer som kan förflyttas mellan två noder under ett *tidssteg*. Det är också bra att känna till att programmet enbart accepterar heltal för dessa parametrar, vilket givetvis kan påverka beräkningsnoggrannheten något.

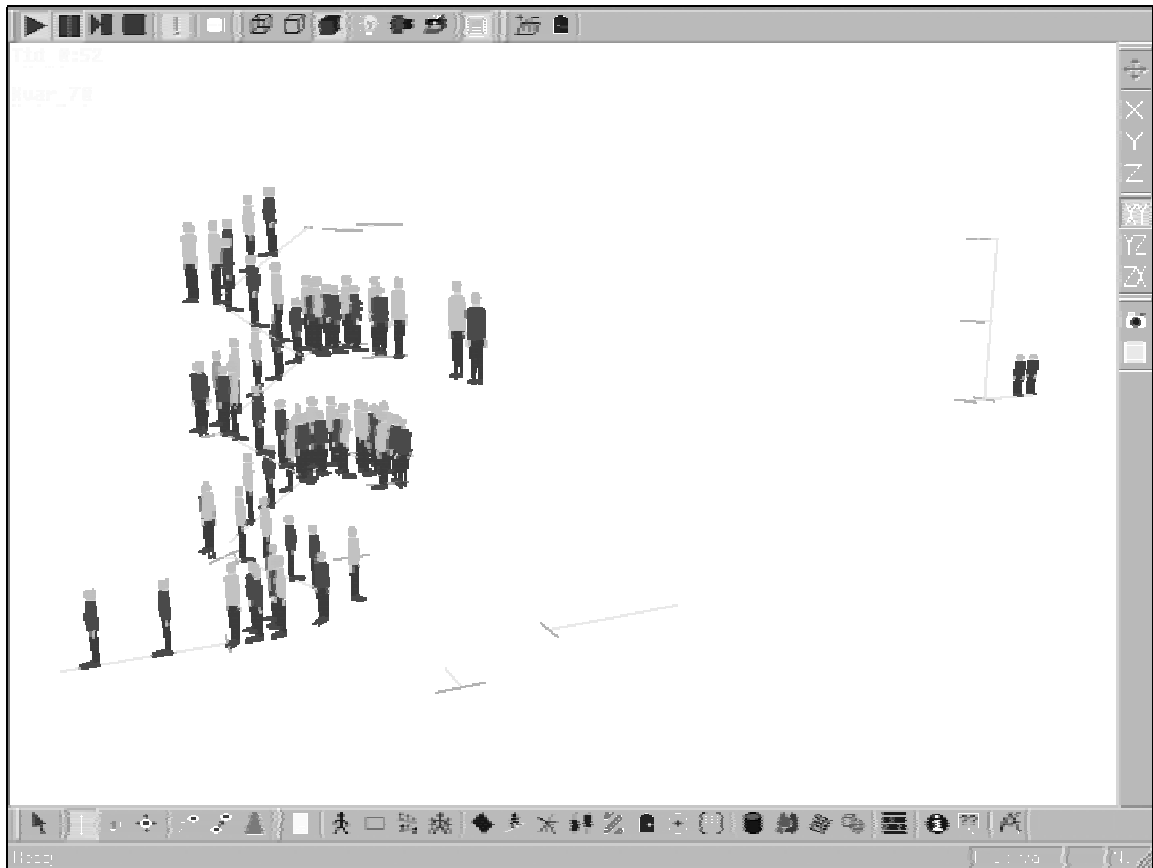
För stora objekt kan indatan till **Wayout** bli jobbig att hantera. Programmets automatiska numrering av noderna är konstruerad så att **antalet** siffror i numret anger hur långt ut i ”grenverket” noden är. Som framgår av tabell D6 (se bilaga D) har det högsta nodnumret vid mina simuleringar varit 113113113112211.

Lite speciellt med **Steps**, jämfört med de andra programmen, är de många inställningsmöjligheterna som finns och, inte minst, den tredimensionella miljön. Detta

sammantaget gör tyvärr att inlärningströskeln blir rätt hög. Steps var det program som tog mig mest tid att använda, men det gav också den snyggaste presentationen av utrymningsförloppet: en tredimensionell animation (se figur 6.3). Det kan också påpekas att den version av programmet jag använt var en testversion. När programmet senare släpptes ut på marknaden var, enligt [9], några av de problem jag stött på åtgärdade.

#### 6.4 Framtida studier

Under arbetets gång har ett antal idéer om tänkbara framtida studier tagit form. Det skulle exempelvis vara bra att veta vilka värden för **gångshastigheter och flöden** som är lämpliga att använda med modeller som saknar egna sådana uppgifter. En studie med ett antal olika värden för dessa parametrar kanske skulle kunna besvara den frågan. Det skulle också vara mycket intressant att se om de trender som kan skönjas i denna utvärdering gäller även om ett **längre evakueringsförlopp** studeras. Med något annorlunda förutsättningar kanske bilden förändras helt och hållet. Ett fullskaligt utrymningsförsök i en större byggnad, följt av jämförelser med några av de utrymningsmodeller jag utvärderat, är ett tänkbart upplägg. I anslutning till detta vill jag också ge ett par tips inför framtida utrymningsförsök i fullskala: dokumentera både reaktionstid och totalt utrymningsförlopp noggrant, helst **varje individ!** Eftersom spridningen i reaktionstid kan vara rätt stor är det bra om den kan observeras för varje person. Själva utrymningsförloppet dokumenteras enklast med kameror vid varje utgång. Använd gärna fler kameror än vad som minimalt behövs (t.ex. två kameror, som filmar från olika vinklar, per utgång) eftersom det kan vara svårt att få något bra grepp om förloppet från bara en kameravinkel. Med dessa tips och idéer hoppas jag på intressanta och givande framtida studier.



**Figur 6.3** Skärmdump från Steps. Skärmbilden visar köbildning i trapphuset sett snett från sidan. För att tydligare se människorna har alla väggar släckts ned. De två avlägsna personerna (t.h.) befinner sig vid nödtrappan vid baksidan av huset. (Bildens färgsättning är i efterhand anpassad för papperspublicering.)

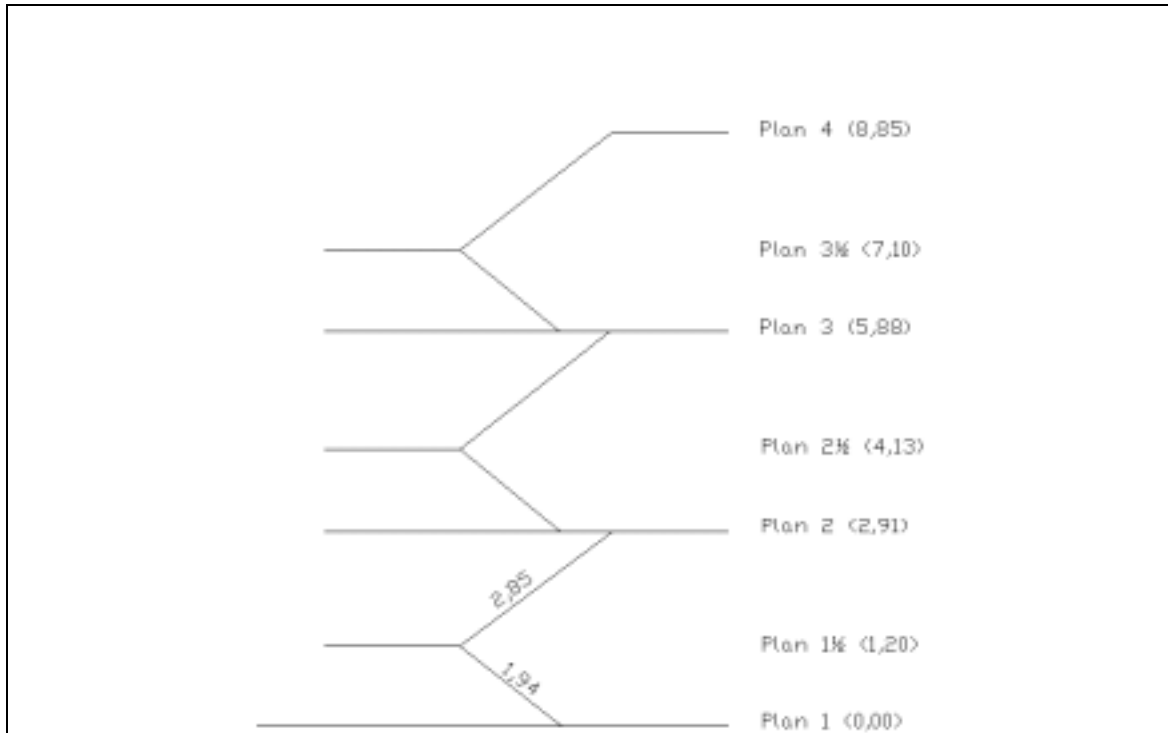
## Referenser

- [1] Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, *Brandskydd, Teori och Praktik*, Stockholm 1994, ISBN 91-630-2875-1.
- [2] Fire Modelling & Computing, *Firewind computer software for the fire engineering professional User's manual*, version 3.5, N.S.W., Australien 2000.
- [3] Frantzich H., *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund 1994, ISRN LUTVDG/TVBB—1011—SE.
- [4] Frantzich H., *Study of movement on stairs during evacuation using video analysing techniques*, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund 1996, ISRN LUTVDG/TVBB—3079—SE.
- [5] Heskestad A.W., *AllsafePC-håndbok og metodebeskrivelse*, InterConsult Group, Trondheim, Norge 1998.
- [6] Kisko T.M. et al, *Evacnet4 user's guide*, University of Florida, USA 1998.
- [7] Nelson H.E., MacLennon H.A., "Emergency movement", *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd edition, National Fire Protection Association, Quincy MA, USA 1995, ISBN 0-87765-354-2.
- [8] Pauls J. "Movement of people", *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd edition, National Fire Protection Association, Quincy MA, USA 1995, ISBN 0-87765-354-2.
- [9] Pellissier E., E-brev oktober 2000 angående utveckling av STEPS, Mott MacDonald, Storbritannien.
- [10] Pellissier E., programvaran *STEPS*, version 1.0.5.6, Mott MacDonald, Storbritannien.
- [11] *Planritningar* över Bengt Dahlgren AB:s kontorsbyggnad i Göteborg.
- [12] *Serviceritning* till brandlarmanläggning hos Bengt Dahlgren AB, Göteborg 1992.
- [13] Thompson P.A., Marchant E.W., "Simulex; Developing New Computer Modelling Techniques for Evaluation", *Fire safety science — proceedings of the fourth international symposium*, International Association of Fire Safety Science, USA 1994, ISBN 1-886279-00-4.
- [14] Thompson P., programvaran *Simulex*, version 11.1.3, Integrated Environment Solutions, Storbritannien.

## Bilaga A – Byggnadsritningar och personpositioner

### Nivåer i trapphus

I figur A1 anges de höjdnivåer som använts vid simuleringarna. Nivåerna, som hörör från egna mätningar i trapphuset samt jämförelser med ritningarna [11] och [12], antas gälla hela byggnaden.



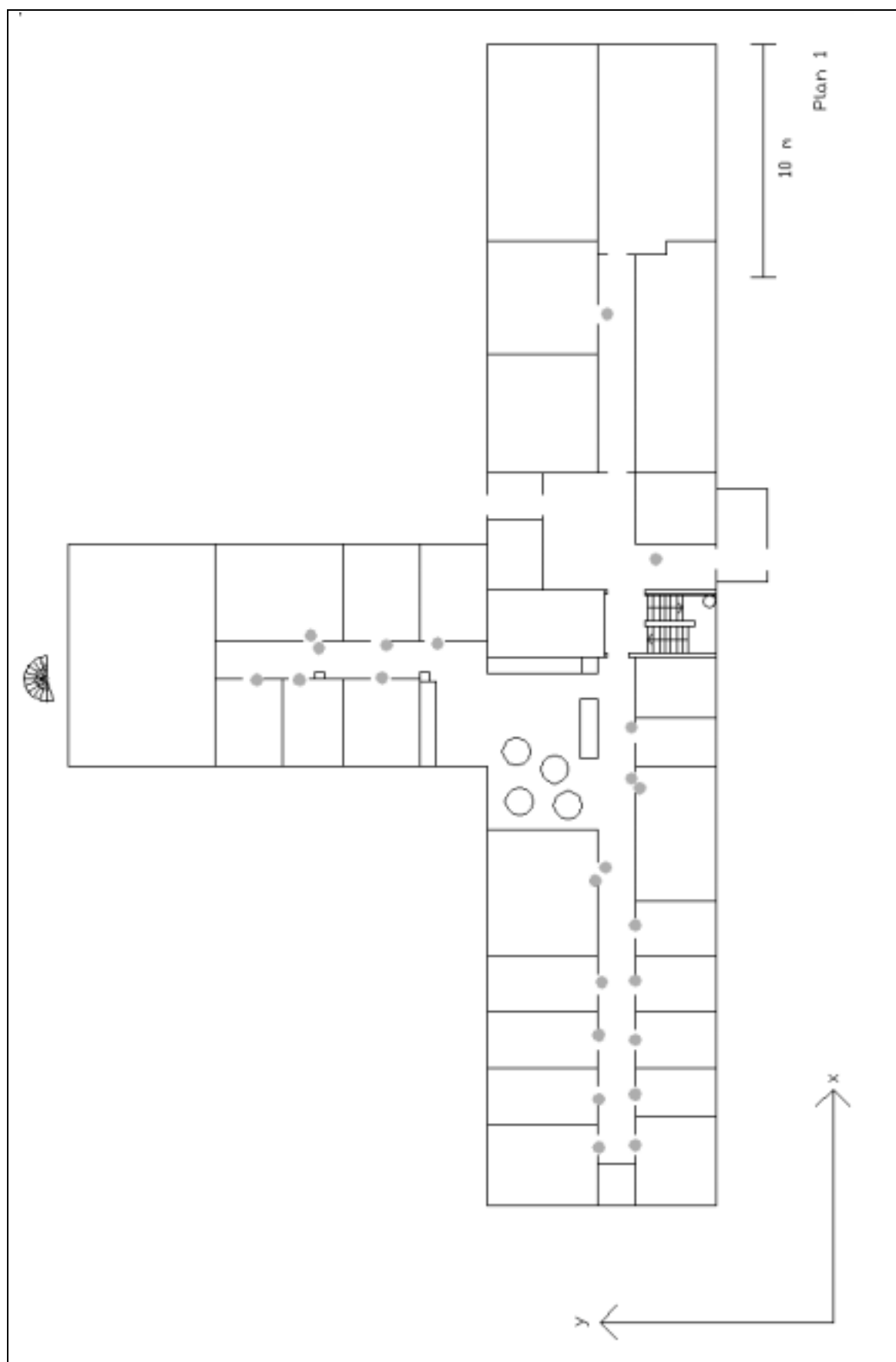
**Figur A1** Schematisk skiss av nivåer i trapphus, sett från väster. Måtten är angivna i meter. Plan 1½, 2½ samt 3½ är vilplan mellan våningarna. De trapplängder som anges för det nedersta paret trappor gäller även de andra trapporna.

### Planritningar med personer

I figur A2 till A5 redovisas de planritningar som använts vid arbetet. De är framställda utifrån egna mätningar i och kring trapphus och nödrappa samt utifrån ritningarna [11] och [12]. I ritningarna har personalens antagna utgångspositioner lagts in (jfr kapitel 5.1). Se tabell A1. (Anledningen till att personerna placerats i dörröppningarna mot korridoren istället för inne i sina rum, är att förflyttningen ut från rummen till korridoren inkluderas i reaktionstiden enligt definitionen i kapitel 2.1).

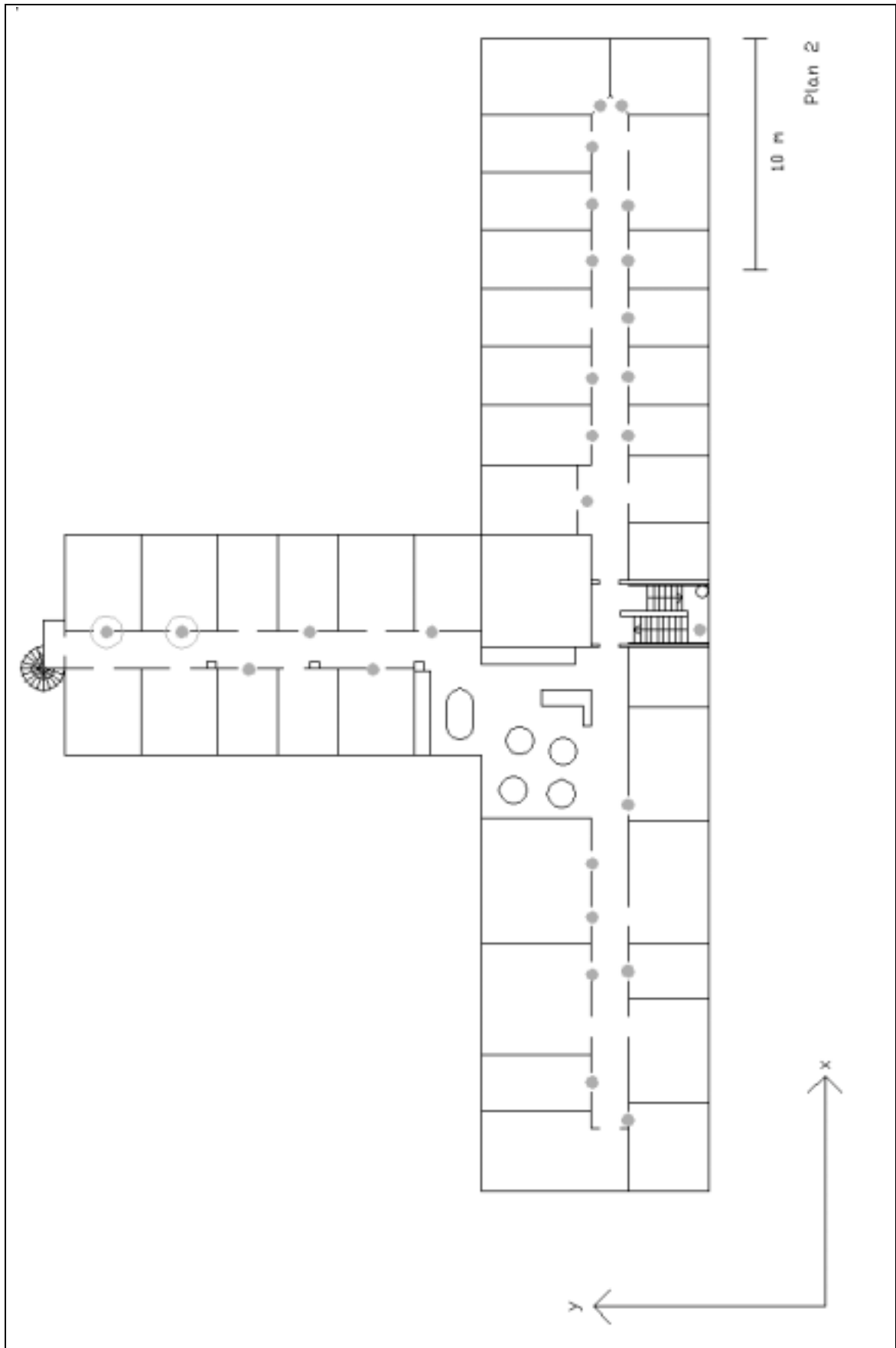
**Tabell A1** Teckenförklaring till planritningarna.

- Person som antas använda huvudentrén.
- ◻ Person som antas använda bientrén.
- ⊙ Person som antas använda nödrappan vid husets södra gavel.
- Blomkruka vid trapphusets vilplan (mellan våning 1-2 samt 2-3).

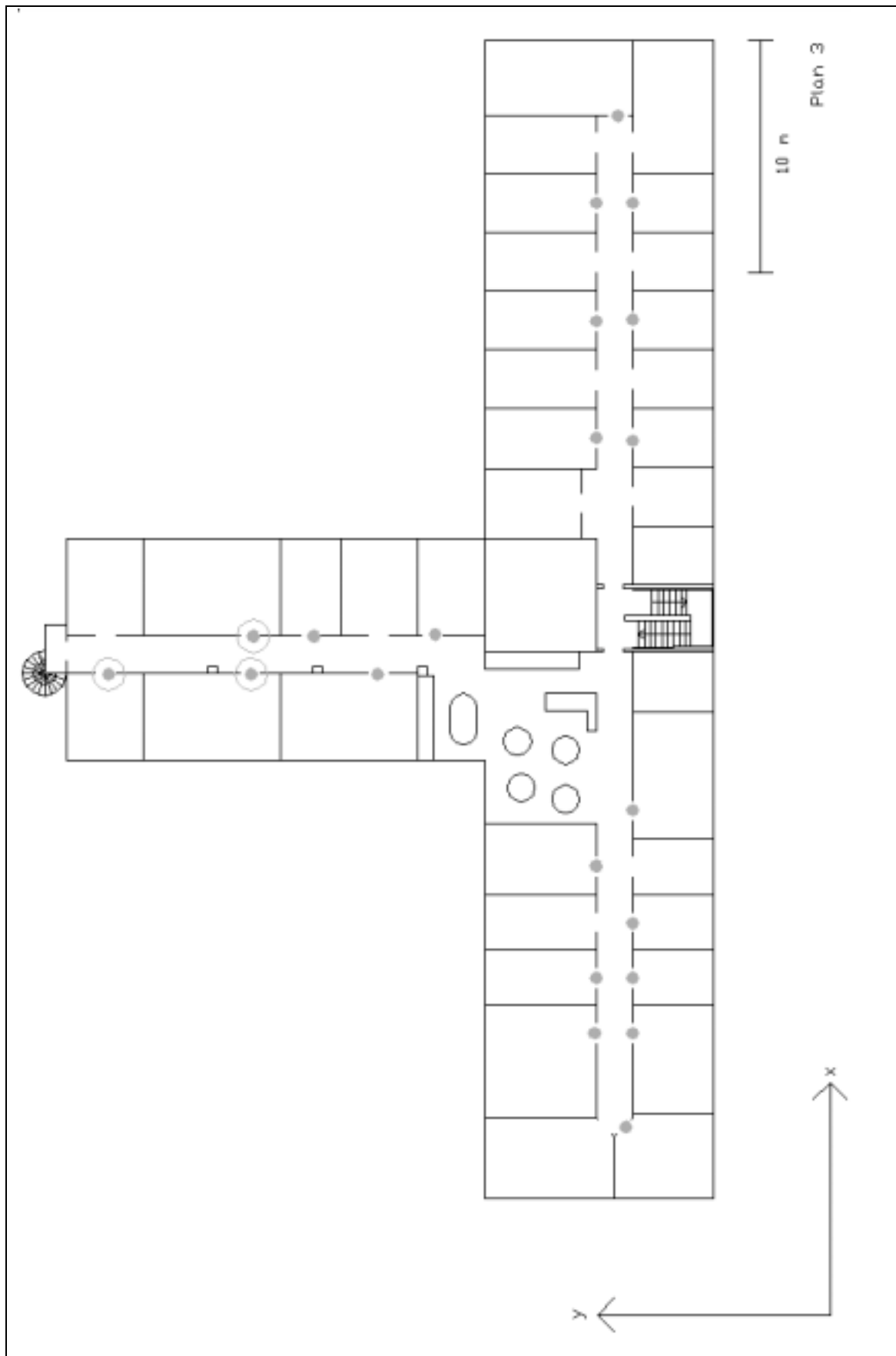


Figur A2 Plan 1. Det vilplan som redovisas är plan 1½.

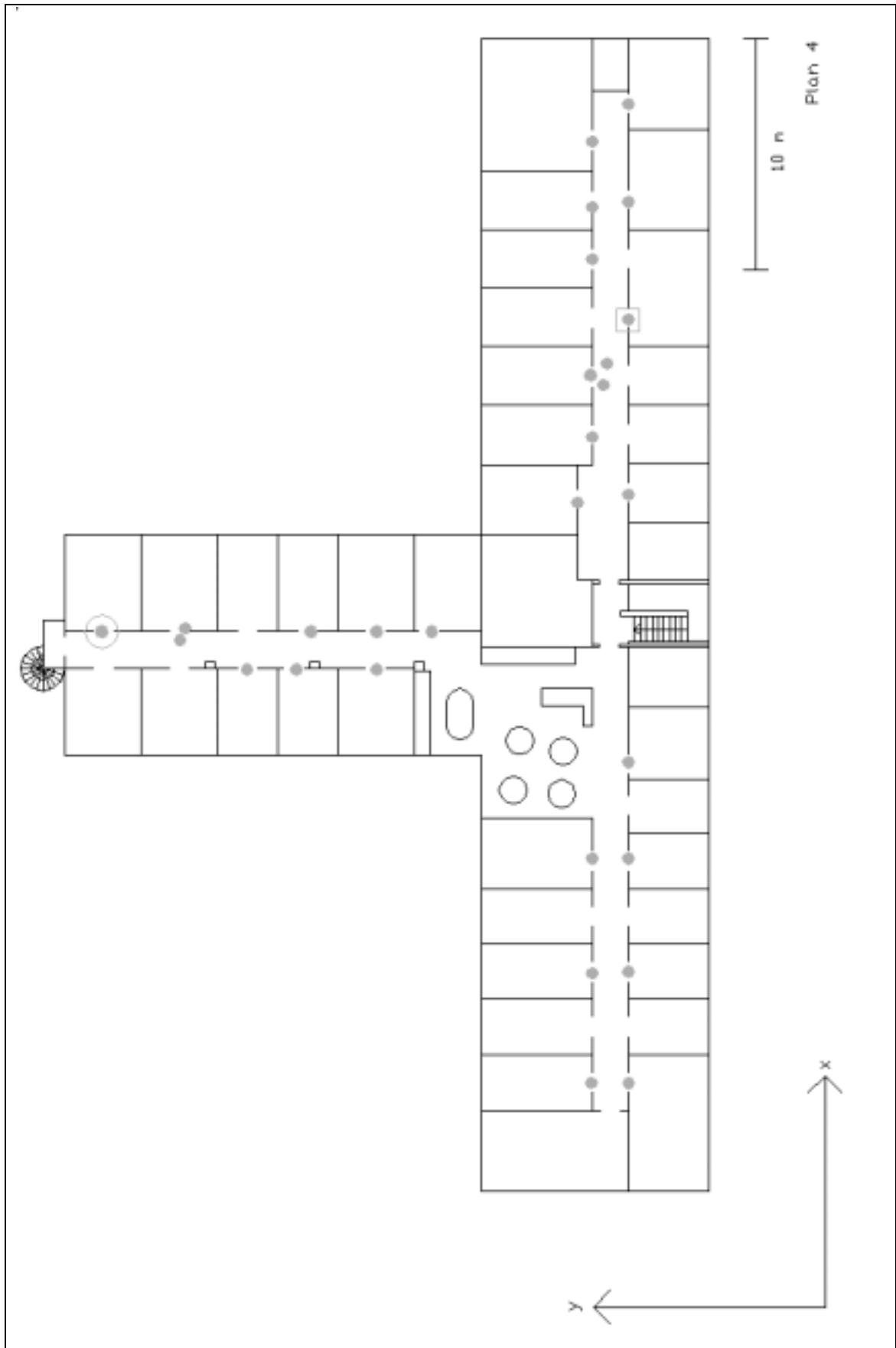




**Figur A3** Plan 2. Det vilplan som redovisas är plan 2½. Personen i trapphuset befinner sig mellan våning 2 och 3.



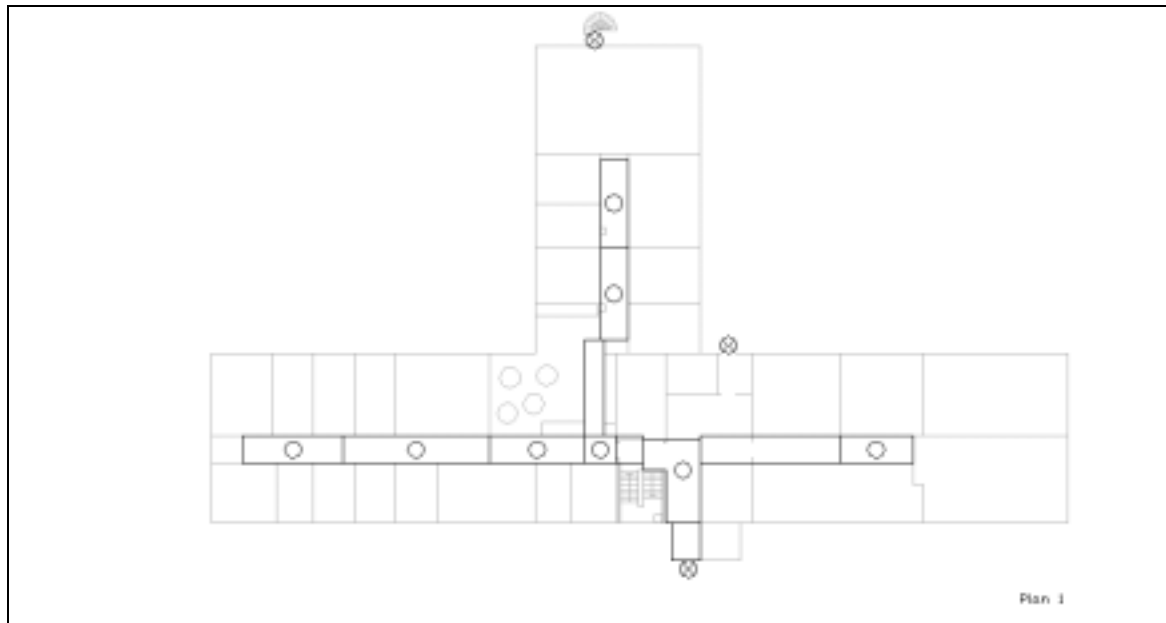
Figur A4 Plan 3. Det vilplan som redovisas är plan 3½.



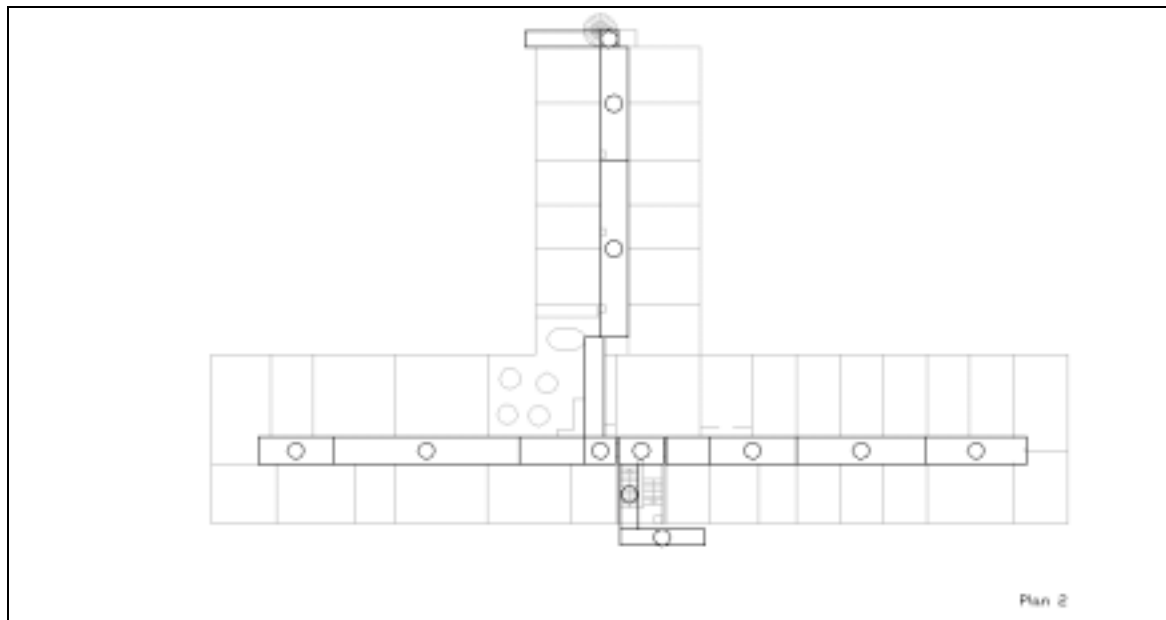
Figur A5 Plan 4.

## Bilaga B – Nodnät

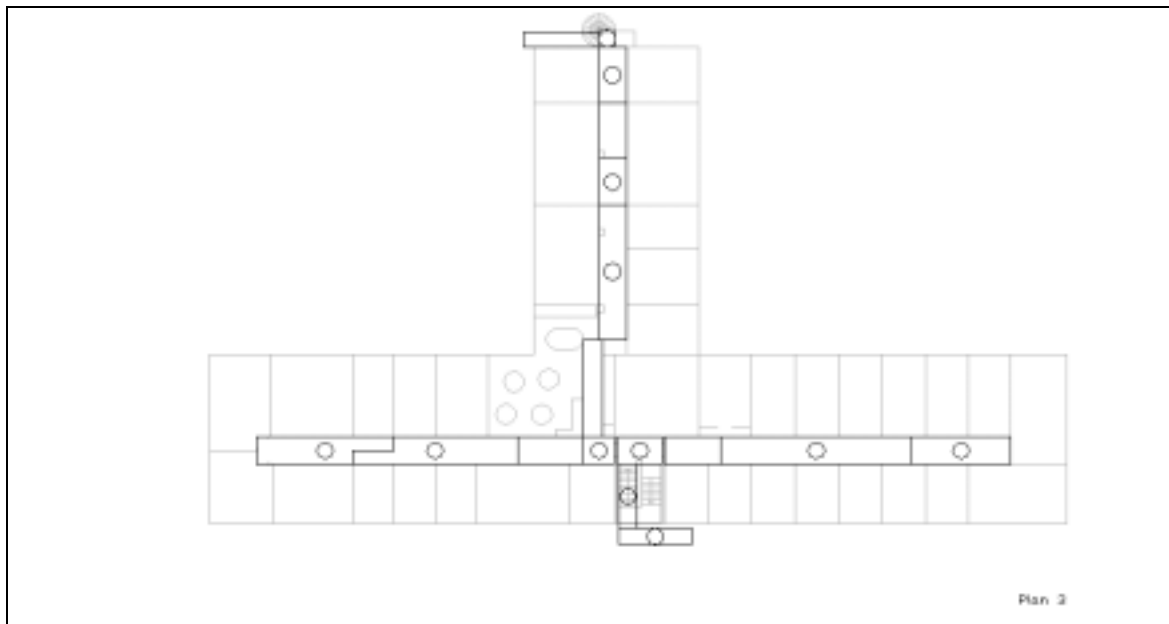
I figur B1 till B4 redovisas det nodnät som ligger till grund för de indata som konstruerats till de nodbaserade modellerna. De noder som har en *ring* i mitten har använts till samtliga nodbaserade modeller. (Att olika noder använts med olika modeller beror på att modellerna är något olika.) Ringar med kryss i mitten är utgångar. Bientrén har endast varit möjlig att modellera i **en** av de nodbaserade modellerna. Se kapitel 5.



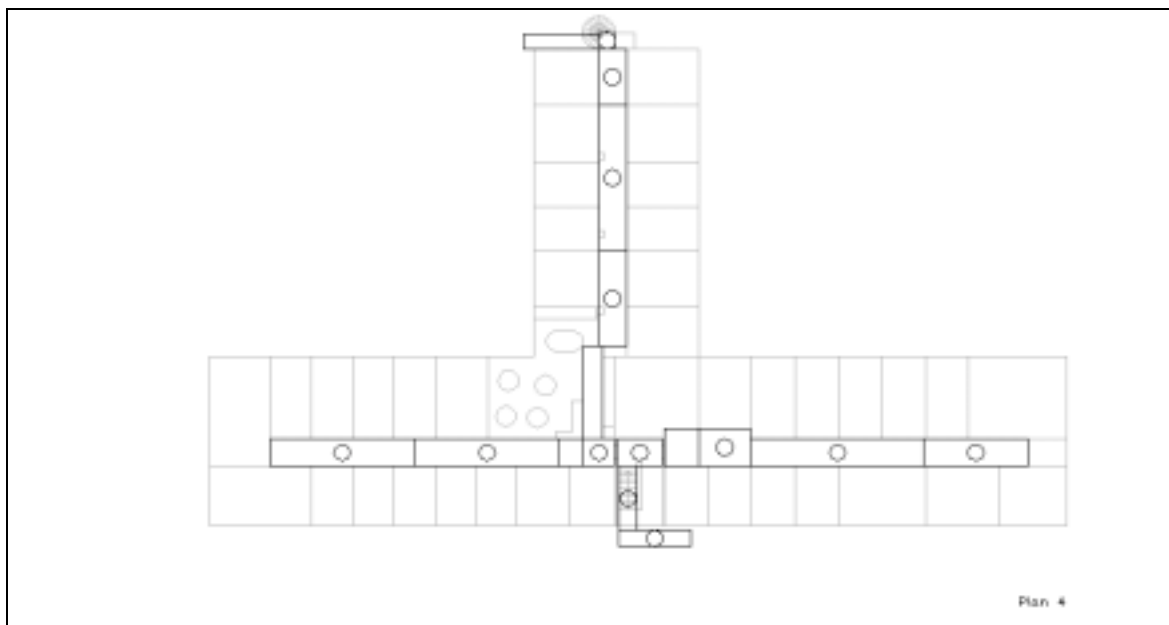
Figur B1 Nodnät plan 1.



Figur B2 Nodnät plan 2. Noder i anslutning till trapphuset avser trappor och vilplan för förbindelse till underliggande plan.



**Figur B3** Nodnät plan 3. Noder i anslutning till trapphuset avser trappor och vilplan för förbindelse till underliggande plan.



**Figur B4** Nodnät plan 4. Noder i anslutning till trapphuset avser trappor och vilplan för förbindelse till underliggande plan.

## Bilaga C – Observerat utrymningsförlopp

**Tabell C1** Observerat utrymningsförlopp. Med undantag av första kolumnen anger siffrorna antalet personer i varje byggnadsdel eller vid varje utgång. De olika korridorerna anges med våningsplan och väderstreck. Entréhall är samma som reception. "Ute huvud" och "Ute bi" är de som gått ut genom huvudentrén resp. bientrén. "Ute nöd" är de som kommit ut via nödrappan och nått markplan.

| Tid [s] | Pl. 1 Ö/S | Pl. 1 V | Pl. 2 Ö/S | Pl. 2 V | Pl. 3 Ö/S | Pl. 3 V | Pl. 4 Ö/S | Pl. 4 V | Trapphus | Entréhall | Nödtrappa | Ute huvud | Ute bi | Ute nöd |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|
| 0       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 1       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 2       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 3       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 4       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 5       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 6       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 7       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 8       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 0         | 0      | 0       |
| 9       | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 10      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 11      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 12      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 13      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 14      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 15      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 16      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 17      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 18      | 21        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 0         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 19      | 20        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 16        | 12      | 1        | 1         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 20      | 20        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 15        | 12      | 2        | 1         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 21      | 20        | 1       | 13        | 13      | 14        | 7       | 15        | 12      | 2        | 1         | 0         | 1         | 0      | 0       |
| 22      | 20        | 1       | 13        | 13      | 13        | 7       | 14        | 11      | 3        | 1         | 2         | 1         | 0      | 0       |
| 23      | 20        | 1       | 13        | 13      | 13        | 7       | 14        | 10      | 3        | 2         | 2         | 1         | 0      | 0       |
| 24      | 20        | 1       | 13        | 13      | 13        | 7       | 14        | 9       | 4        | 2         | 2         | 1         | 0      | 0       |
| 25      | 20        | 1       | 13        | 13      | 13        | 7       | 14        | 8       | 5        | 2         | 2         | 1         | 0      | 0       |
| 26      | 20        | 1       | 13        | 13      | 12        | 7       | 14        | 8       | 5        | 1         | 3         | 2         | 0      | 0       |
| 27      | 20        | 1       | 13        | 13      | 12        | 7       | 14        | 8       | 5        | 1         | 2         | 2         | 0      | 1       |
| 28      | 20        | 1       | 13        | 13      | 12        | 7       | 14        | 8       | 5        | 1         | 2         | 2         | 0      | 1       |
| 29      | 20        | 1       | 12        | 13      | 12        | 7       | 12        | 8       | 7        | 1         | 3         | 2         | 0      | 1       |
| 30      | 19        | 0       | 11        | 13      | 12        | 7       | 11        | 7       | 10       | 3         | 3         | 2         | 0      | 1       |
| 31      | 18        | 0       | 9         | 13      | 12        | 7       | 10        | 7       | 12       | 4         | 4         | 2         | 0      | 1       |
| 32      | 18        | 0       | 9         | 13      | 12        | 7       | 9         | 7       | 13       | 4         | 4         | 2         | 0      | 1       |
| 33      | 17        | 0       | 9         | 13      | 12        | 7       | 9         | 6       | 14       | 5         | 4         | 2         | 0      | 1       |
| 34      | 16        | 0       | 9         | 11      | 12        | 7       | 8         | 6       | 17       | 6         | 4         | 2         | 0      | 1       |
| 35      | 16        | 0       | 9         | 11      | 12        | 7       | 8         | 6       | 17       | 6         | 4         | 2         | 0      | 1       |
| 36      | 15        | 0       | 9         | 10      | 12        | 7       | 7         | 6       | 19       | 6         | 4         | 3         | 0      | 1       |
| 37      | 15        | 0       | 9         | 10      | 13        | 7       | 6         | 6       | 20       | 6         | 2         | 3         | 0      | 2       |
| 38      | 14        | 0       | 9         | 10      | 13        | 7       | 4         | 6       | 22       | 7         | 2         | 3         | 0      | 2       |
| 39      | 14        | 0       | 9         | 9       | 12        | 7       | 3         | 6       | 24       | 7         | 1         | 4         | 0      | 3       |
| 40      | 14        | 0       | 9         | 8       | 12        | 7       | 3         | 6       | 25       | 7         | 1         | 4         | 0      | 3       |
| 41      | 13        | 0       | 9         | 8       | 11        | 6       | 3         | 6       | 26       | 9         | 1         | 4         | 0      | 3       |
| 42      | 13        | 0       | 8         | 7       | 11        | 6       | 3         | 6       | 28       | 9         | 1         | 4         | 0      | 3       |
| 43      | 11        | 0       | 8         | 7       | 10        | 6       | 3         | 6       | 28       | 11        | 1         | 5         | 0      | 3       |
| 44      | 10        | 0       | 8         | 7       | 10        | 6       | 2         | 6       | 29       | 11        | 0         | 6         | 0      | 4       |
| 45      | 9         | 0       | 8         | 7       | 8         | 6       | 2         | 6       | 29       | 13        | 1         | 6         | 0      | 4       |
| 46      | 8         | 0       | 7         | 6       | 8         | 4       | 2         | 6       | 32       | 15        | 1         | 6         | 0      | 4       |
| 47      | 7         | 0       | 7         | 6       | 7         | 4       | 2         | 6       | 33       | 15        | 1         | 7         | 0      | 4       |
| 48      | 6         | 0       | 6         | 5       | 7         | 4       | 2         | 6       | 35       | 16        | 1         | 7         | 0      | 4       |
| 49      | 6         | 0       | 5         | 4       | 6         | 4       | 1         | 5       | 40       | 15        | 1         | 8         | 0      | 4       |
| 50      | 5         | 0       | 5         | 4       | 6         | 3       | 1         | 5       | 41       | 15        | 1         | 9         | 0      | 4       |
| 51      | 5         | 0       | 4         | 3       | 5         | 3       | 0         | 4       | 45       | 15        | 0         | 10        | 0      | 5       |
| 52      | 5         | 0       | 3         | 3       | 5         | 3       | 0         | 3       | 46       | 15        | 0         | 11        | 0      | 5       |
| 53      | 5         | 0       | 3         | 2       | 3         | 3       | 0         | 3       | 47       | 15        | 1         | 12        | 0      | 5       |
| 54      | 5         | 0       | 2         | 2       | 3         | 3       | 0         | 3       | 48       | 14        | 1         | 13        | 0      | 5       |
| 55      | 4         | 0       | 2         | 1       | 2         | 2       | 0         | 3       | 50       | 15        | 1         | 14        | 0      | 5       |
| 56      | 4         | 0       | 2         | 1       | 1         | 2       | 0         | 3       | 50       | 15        | 1         | 15        | 0      | 5       |
| 57      | 3         | 0       | 2         | 0       | 1         | 2       | 0         | 3       | 50       | 16        | 1         | 16        | 0      | 5       |
| 58      | 3         | 0       | 2         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 50       | 16        | 1         | 17        | 0      | 5       |

(forts.)

(forts.)

| Tid [s] | Pl. 1 Ö/S | Pl. 1 V | Pl. 2 Ö/S | Pl. 2 V | Pl. 3 Ö/S | Pl. 3 V | Pl. 4 Ö/S | Pl. 4 V | Trapphus | Entréhall | Nödtrappa | Ute huvud | Ute bi | Ute nöd |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|
| 59      | 3         | 0       | 2         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 49       | 16        | 1         | 18        | 0      | 5       |
| 60      | 3         | 0       | 2         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 48       | 17        | 1         | 18        | 0      | 5       |
| 61      | 2         | 0       | 2         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 47       | 18        | 1         | 19        | 0      | 5       |
| 62      | 2         | 0       | 2         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 47       | 17        | 1         | 20        | 0      | 5       |
| 63      | 1         | 0       | 2         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 45       | 18        | 1         | 22        | 0      | 5       |
| 64      | 0         | 0       | 1         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 44       | 21        | 1         | 22        | 0      | 5       |
| 65      | 0         | 0       | 1         | 0       | 0         | 2       | 0         | 3       | 44       | 20        | 1         | 23        | 0      | 5       |
| 66      | 0         | 0       | 1         | 0       | 0         | 1       | 0         | 3       | 45       | 19        | 1         | 24        | 0      | 5       |
| 67      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 3       | 42       | 22        | 1         | 25        | 0      | 5       |
| 68      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 3       | 42       | 21        | 1         | 26        | 0      | 5       |
| 69      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 2       | 40       | 23        | 1         | 27        | 0      | 5       |
| 70      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 1       | 41       | 22        | 1         | 28        | 0      | 5       |
| 71      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 1       | 40       | 22        | 1         | 29        | 0      | 5       |
| 72      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 1       | 38       | 24        | 0         | 29        | 0      | 6       |
| 73      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 1       | 38       | 23        | 0         | 30        | 0      | 6       |
| 74      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 1       | 36       | 24        | 0         | 31        | 0      | 6       |
| 75      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 0         | 1       | 36       | 23        | 0         | 32        | 0      | 6       |
| 76      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 35       | 25        | 0         | 32        | 0      | 6       |
| 77      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 35       | 24        | 0         | 33        | 0      | 6       |
| 78      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 34       | 23        | 0         | 35        | 0      | 6       |
| 79      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 34       | 22        | 0         | 36        | 0      | 6       |
| 80      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 33       | 22        | 0         | 37        | 0      | 6       |
| 81      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 32       | 22        | 0         | 38        | 0      | 6       |
| 82      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 32       | 21        | 0         | 39        | 0      | 6       |
| 83      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 31       | 22        | 0         | 39        | 0      | 6       |
| 84      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 31       | 21        | 0         | 40        | 0      | 6       |
| 85      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 30       | 20        | 0         | 42        | 0      | 6       |
| 86      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 30       | 20        | 0         | 42        | 0      | 6       |
| 87      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 29       | 20        | 0         | 43        | 0      | 6       |
| 88      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 28       | 20        | 0         | 44        | 0      | 6       |
| 89      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 27       | 20        | 0         | 45        | 0      | 6       |
| 90      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 27       | 19        | 0         | 46        | 0      | 6       |
| 91      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 26       | 19        | 0         | 47        | 0      | 6       |
| 92      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 25       | 19        | 0         | 48        | 0      | 6       |
| 93      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 24       | 19        | 0         | 49        | 0      | 6       |
| 94      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 23       | 19        | 0         | 50        | 0      | 6       |
| 95      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 22       | 18        | 0         | 52        | 0      | 6       |
| 96      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 22       | 18        | 0         | 52        | 0      | 6       |
| 97      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 21       | 17        | 0         | 54        | 0      | 6       |
| 98      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 21       | 16        | 0         | 55        | 0      | 6       |
| 99      | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 17       | 19        | 0         | 56        | 0      | 6       |
| 100     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 17       | 18        | 0         | 56        | 1      | 6       |
| 101     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 1       | 16       | 18        | 0         | 57        | 1      | 6       |
| 102     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 16       | 19        | 0         | 57        | 1      | 6       |
| 103     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 14       | 20        | 0         | 58        | 1      | 6       |
| 104     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 14       | 19        | 0         | 59        | 1      | 6       |
| 105     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 12       | 20        | 0         | 60        | 1      | 6       |
| 106     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 12       | 20        | 0         | 60        | 1      | 6       |
| 107     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 11       | 19        | 0         | 62        | 1      | 6       |
| 108     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 10       | 19        | 0         | 63        | 1      | 6       |
| 109     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 10       | 17        | 0         | 65        | 1      | 6       |
| 110     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 9        | 16        | 0         | 67        | 1      | 6       |
| 111     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 9        | 15        | 0         | 68        | 1      | 6       |
| 112     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 8        | 15        | 0         | 69        | 1      | 6       |
| 113     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 7        | 14        | 0         | 71        | 1      | 6       |
| 114     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 6        | 14        | 0         | 72        | 1      | 6       |
| 115     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 4        | 16        | 0         | 72        | 1      | 6       |
| 116     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 4        | 15        | 0         | 73        | 1      | 6       |
| 117     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 3        | 16        | 0         | 73        | 1      | 6       |
| 118     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 3        | 14        | 0         | 75        | 1      | 6       |
| 119     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 2        | 15        | 0         | 75        | 1      | 6       |
| 120     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 1        | 15        | 0         | 76        | 1      | 6       |
| 121     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 1        | 14        | 0         | 77        | 1      | 6       |
| 122     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 1        | 13        | 0         | 78        | 1      | 6       |
| 123     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 1        | 12        | 0         | 79        | 1      | 6       |
| 124     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 1        | 11        | 0         | 80        | 1      | 6       |

(forts.)

(forts.)

| Tid [s] | Pl. 1 Ö/S | Pl. 1 V | Pl. 2 Ö/S | Pl. 2 V | Pl. 3 Ö/S | Pl. 3 V | Pl. 4 Ö/S | Pl. 4 V | Trapphus | Entréhall | Nödtrappa | Ute huvud | Ute bi | Ute nöd |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|
| 125     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 1        | 10        | 0         | 81        | 1      | 6       |
| 126     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 10        | 0         | 82        | 1      | 6       |
| 127     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 9         | 0         | 83        | 1      | 6       |
| 128     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 9         | 0         | 83        | 1      | 6       |
| 129     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 7         | 0         | 85        | 1      | 6       |
| 130     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 7         | 0         | 85        | 1      | 6       |
| 131     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 5         | 0         | 87        | 1      | 6       |
| 132     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 4         | 0         | 88        | 1      | 6       |
| 133     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 4         | 0         | 88        | 1      | 6       |
| 134     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 3         | 0         | 89        | 1      | 6       |
| 135     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 3         | 0         | 89        | 1      | 6       |
| 136     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 2         | 0         | 90        | 1      | 6       |
| 137     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 138     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 139     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 140     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 141     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 142     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 143     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 144     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 145     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 146     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 1         | 0         | 91        | 1      | 6       |
| 147     | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0         | 0       | 0        | 0         | 0         | 92        | 1      | 6       |



## Bilaga D – Indata till undersökta utrymningsmodeller

## Indata till Allsafe

Tabell D1 Definition av de noder som använts i Allsafe.

| Nod nr | Typ             | Area [m <sup>2</sup> ] | Effektiv bredd [m] | Evakueringslängd [m] | Ursprungligt antal personer | Nästa nod |
|--------|-----------------|------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------|
| 82     | Rum             | 2,9                    | 1,2                | 5,3                  | 0                           | 87        |
| 84     | Rum             | 11,9                   | 2,5                | 5,3                  | 1                           | 85        |
| 85     | Dörr            | 0                      | 0,63               | 0                    | 0                           | (ute)     |
| 86     | Rum             | 7                      | 1,2                | 11,8                 | 1                           | 132       |
| 87     | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 84        |
| 89     | Rum             | 9                      | 1,2                | 3,7                  | 3                           | 82        |
| 90     | Rum             | 13,6                   | 1,2                | 7,1                  | 5                           | 89        |
| 91     | Rum             | 9,4                    | 1,2                | 7,2                  | 6                           | 90        |
| 92     | Rum             | 8,1                    | 0,7                | 9,1                  | 3                           | 82        |
| 93     | Rum             | 8,3                    | 1,2                | 5,8                  | 4                           | 92        |
| 94     | Rum             | 4,1                    | 0,95               | 1,1                  | 0                           | 95        |
| 95     | Trappa (normal) | 5,4                    | 0,94               | 4,8                  | 0                           | 97        |
| 96     | Rum             | 4,6                    | 0,97               | 4,9                  | 0                           | 84        |
| 97     | Dörr            | 0                      | 0,71               | 0                    | 0                           | 96        |
| 98     | Rum             | 8,1                    | 1,2                | 6,5                  | 3                           | 101       |
| 99     | Rum             | 12,1                   | 1,2                | 6,3                  | 5                           | 98        |
| 100    | Rum             | 9,3                    | 1,2                | 6,7                  | 5                           | 99        |
| 101    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 94        |
| 102    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 94        |
| 103    | Rum             | 2,9                    | 1,2                | 2,4                  | 0                           | 102       |
| 104    | Rum             | 17,3                   | 1,2                | 7,4                  | 5                           | 103       |
| 105    | Rum             | 7,1                    | 1,2                | 7,6                  | 2                           | 104       |
| 106    | Rum             | 15,6                   | 0,7                | 11,8                 | 4                           | 103       |
| 107    | Rum             | 4,1                    | 0,94               | 1,1                  | 0                           | 116       |
| 108    | Rum             | 2,9                    | 1,2                | 2,4                  | 0                           | 111       |
| 109    | Rum             | 13,4                   | 1,2                | 9,5                  | 4                           | 108       |
| 110    | Rum             | 11                     | 1,2                | 6,4                  | 4                           | 109       |
| 111    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 107       |
| 112    | Dörr            | 0                      | 0,9                | 0                    | 0                           | 107       |
| 113    | Rum             | 17,8                   | 1,2                | 10,3                 | 4                           | 112       |
| 114    | Rum             | 9,3                    | 1,2                | 8,5                  | 3                           | 113       |
| 115    | Rum             | 12,8                   | 0,7                | 10,4                 | 3                           | 108       |
| 116    | Trappa (normal) | 5,4                    | 0,94               | 4,8                  | 0                           | 118       |
| 117    | Rum             | 4                      | 0,97               | 4,3                  | 1                           | 94        |
| 118    | Dörr            | 0                      | 0,71               | 0                    | 0                           | 117       |
| 119    | Rum             | 4,16                   | 0,96               | 1,1                  | 0                           | 130       |
| 120    | Rum             | 2,9                    | 1,2                | 2,4                  | 0                           | 123       |
| 121    | Rum             | 13,5                   | 1,2                | 6,5                  | 3                           | 120       |
| 122    | Rum             | 13,5                   | 1,2                | 8,5                  | 4                           | 121       |
| 123    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 119       |
| 124    | Rum             | 13,6                   | 1,2                | 7,1                  | 5                           | 125       |
| 125    | Rum             | 9                      | 0,7                | 9                    | 3                           | 120       |
| 126    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 119       |
| 127    | Rum             | 6,7                    | 1,8                | 5                    | 2                           | 126       |
| 128    | Rum             | 16,2                   | 1,2                | 6,6                  | 6                           | 127       |
| 129    | Rum             | 9,8                    | 1,2                | 8,1                  | 4                           | 128       |
| 130    | Trappa (normal) | 5,3                    | 0,94               | 4,8                  | 0                           | 131       |
| 131    | Rum             | 3,9                    | 0,96               | 4,2                  | 0                           | 107       |
| 132    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | 84        |
| 134    | Rum             | 5,3                    | 1,2                | 2,6                  | 1                           | 135       |
| 135    | Trappa (brant)  | 2,6                    | 0,6                | 5                    | 0                           | 138       |
| 136    | Rum             | 4,2                    | 1,2                | 6,3                  | 2                           | 137       |
| 137    | Rum             | 5,3                    | 1,2                | 2,6                  | 1                           | 138       |
| 138    | Trappa (brant)  | 2,6                    | 0,6                | 5                    | 0                           | 140       |
| 139    | Rum             | 10,6                   | 1,2                | 4,3                  | 2                           | 140       |
| 140    | Trappa (brant)  | 2,6                    | 0,6                | 5                    | 0                           | 141       |
| 141    | Dörr            | 0                      | 0,6                | 0                    | 0                           | (ute)     |

**Indata till Evacnet**

**Tabell D2** Indatafil som använts med Evacnet. Filen läses in med kommandot READ i Evacnet. (Textfilen skall inte vara kolumnuppdelad. Uppdelningen här är gjord för att spara utrymme.)

|                |                       |                       |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| SYS            | EP01.003,6,0          | EP02.002-EP01.002,7,1 |
| 1              | EP02.003,15,4         | EP03.002-EP02.002,7,1 |
| 25             | EP03.003,15,4         | LA01.002-SW01.002,5,1 |
| 3              | LA01.003,8,0          | SP01.002-EP01.002,5,2 |
| 4              | SP01.003,10,3         | SW01.002-WT01.002,4,1 |
| 5              | SW01.003,11,0         | WP01.002-LA01.002,4,1 |
| PBR            | WP01.003,20,4         | WP02.002-WP01.002,7,1 |
| 7              | WP02.003,10,3         | WP03.002-WP02.002,7,1 |
| PBR1.MOD       | WT01.003,8,1          | SP2.2-LA2.2,3,1       |
| 8              | SP2.3,10,2            | LA2.2-DS3.1,2,3       |
| PBR1.RES       | SP3.3,5,1             | WT01.003-LA01.002,4,1 |
| 6              | LA2.3,3,0             | EP01.003-LA01.003,4,1 |
| 0              | EP01.004,5,0          | EP02.003-EP01.003,7,2 |
| END            | EP02.004,10,3         | EP03.003-EP02.003,7,1 |
| EN             | EP03.004,10,4         | LA01.003-SW01.003,5,1 |
| DS01.001,100,0 | LA01.004,8,0          | SP01.003-EP01.003,5,2 |
| DS02.001,1,0   | SP01.004,10,3         | SW01.003-WT01.003,4,1 |
| DS3.1,6,0      | SP02.004,10,5         | WP01.003-LA01.003,4,2 |
| EP01.001,6,0   | SW01.004,11,0         | WP02.003-WP01.003,7,2 |
| EP02.001,18,3  | WP01.004,13,2         | SP2.3-SP3.3,7,1       |
| EP03.001,20,5  | WP02.004,20,6         | SP3.3-LA2.3,4,1       |
| EP04.001,10,6  | WP03.004,10,4         | LA2.3-LA2.2,2,3       |
| LO01.001,23,1  | WT01.004,7,0          | WT01.004-LA01.003,5,1 |
| SP01.001,10,3  | SP3.4,10,1            | EP01.004-LA01.004,4,1 |
| SP02.001,10,4  | LA2.4,3,0             | EP02.004-EP01.004,7,1 |
| WP01.001,5,1   | END                   | EP03.004-EP02.004,7,2 |
| EP01.002,6,0   | EA                    | LA01.004-SW01.004,5,1 |
| EP02.002,10,5  | EP01.001-LO01.001,4,1 | SP01.004-EP01.004,5,2 |
| EP03.002,10,2  | EP02.001-EP01.001,7,1 | SP02.004-SP01.004,7,1 |
| LA01.002,8,0   | EP03.001-EP02.001,7,1 | SW01.004-WT01.004,4,1 |
| SP01.002,10,4  | EP04.001-EP03.001,7,1 | WP01.004-LA01.004,4,1 |
| SW01.002,11,0  | LO01.001-DS01.001,4,1 | WP02.004-WP01.004,7,1 |
| WP01.002,16,3  | LO01.001-DS02.001,4,1 | WP03.004-WP02.004,7,1 |
| WP02.002,16,5  | SP01.001-EP01.001,5,2 | SP3.4-LA2.4,4,1       |
| WP03.002,16,5  | SP02.001-SP01.001,7,1 | LA2.4-LA2.3,2,3       |
| WT01.002,9,0   | WP01.001-LO01.001,4,2 | END                   |
| SP2.2,5,2      | WT01.002-LO01.001,4,1 |                       |
| LA2.2,3,0      | EP01.002-LA01.002,4,1 |                       |

**Indata till Simulex (utgångar och förbindelser)**

Den indatafil som använts tillsammans med Simulex är binär och är därför inte meningsfull att redovisa här. Geometrin som använts i Simulex definieras av de planritningar som återges i bilaga A jämte de utgångar och förbindelser mellan planen som resovisas i tabell D3 och D4. (Jfr kapitel 5.4).

**Tabell D3** Utgångar som använts i Simulex. Koordinaterna är givna i samma koordinatsystem som återfinns på planritningarna i bilaga A.

| Utgång     | Position och vinkel<br>[m; m] | Bredd<br>[m] |
|------------|-------------------------------|--------------|
| Huvudentré | Plan 1: (32,83; 2,83); 90°    | 0,96         |
| Bientré    | Plan 1: (35,17; 14,90); -90°  | 0,89         |
| Nödutgång  | Plan 1: (27,84; 33,38); 180°  | 0,96         |

**Tabell D4** Trappor inklusive tillhörande förbindelser som använts i Simulex. "Trappa" anger mellan vilka våningsplan trappan finns. Halva våningsplan är de vilplan som är mellan våningarna. Koordinaterna är givna i samma koordinatsystem som återfinns på planritningarna i bilaga A.

| Trappa  | Startposition och vinkel<br>[m; m] | Bredd<br>[m] | Längd<br>[m] | Slutposition och vinkel<br>[m; m] |
|---------|------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| 4-3½    | Plan 4: (29,37;8,24); -90°         | 1,11         | 2,85         | Plan 3: (29,36;6,06); 90°         |
| 3½-3    | Plan 3: (30,73;6,21); 90°          | 1,11         | 1,94         | Plan 3: (30,73;7,74); -90°        |
| 3-2½    | Plan 3: (29,36;8,28); -90°         | 1,12         | 2,85         | Plan 2: (29,36;6,00); 90°         |
| 2½-2    | Plan 2: (30,73;6,21); 90°          | 1,12         | 1,94         | Plan 2: (30,73;7,83); -90°        |
| 2-1½    | Plan 2: (29,36;8,34); -90°         | 1,12         | 2,85         | Plan 1: (29,36;6,19); 90°         |
| 1-1½    | Plan 1: (30,73;6,41); 90°          | 1,12         | 1,94         | Plan 1: (30,73;8,03); -90°        |
| Nöd 4-3 | Plan 4: (28,21;33,86); 90°         | 0,90         | 3,00         | Plan 3: (27,71;33,36); 180°       |
| Nöd 3-2 | Plan 3: (28,21;33,87); 90°         | 0,90         | 3,00         | Plan 2: (28,21;33,86); 90°        |
| Nöd 2-1 | Plan 2: (27,70;33,36); 180°        | 0,90         | 2,20         | Plan 1: (27,23;33,71); 108°       |

### Indata till Steps (utgångar och förbindelser)

Indatafilen till Steps är visserligen en (automatiskt genererad) textfil, men då dess storlek är mycket omfattande är det inte någon mening med att redovisa den i sin helhet här. Geometrin som använts i Steps definieras av de planritningar som återges i bilaga A och av små vilplan mellan våningarna, utöver de utgångar och förbindelser som resovisas i tabell D5. (Jfr kapitel 5.5).

**Tabell D5** Utgångar och flödesbegränsande förbindelser (s.k. paths) som använts i Steps. Halva våningsplan är de vilplan som är mellan våningarna. X- och y- koordinaterna är givna i samma koordinatsystem som återfinns på planritningarna i bilaga A, z-koordinaterna anger höjd över golvnivån på plan 1. "Minsta avstånd" anger minsta tillåtna avstånd mellan två personer, vilket tillsammans med gånghastighet definierar flödet. För utgångar gäller att personen anses "ute" när den nått slutpositionen.

\*) Nödtrappan är en spiraltrappa och har modellerats något förenklat (kortare trappa, kompenserat med lägre gånghastighet och omskalat "minsta avstånd"). Jfr kapitel 5.5.

| Beskrivning                   | Minsta avstånd [m] | Startposition (x; y; z) [m; m; m] | Slutposition (x; y; z) [m; m; m] |
|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Dörröppning plan 4 öster      | 1,40               | 28,18;9,35;8,85                   | 29,30;9,35;8,85                  |
| Dörröppning plan 4 väster     | 1,40               | 31,95;9,35;8,85                   | 30,95;9,35;8,85                  |
| Dörröppning plan 4 söder      | 1,40               | 28,66;32,40;8,85                  | 28,66;33,40;8,85                 |
| Dörröppning plan 3 öster      | 1,40               | 28,18;9,35;5,88                   | 29,30;9,35;5,88                  |
| Dörröppning plan 3 väster     | 1,40               | 31,95;9,35;5,88                   | 30,95;9,35;5,88                  |
| Dörröppning plan 3 söder      | 1,40               | 28,66;32,40;5,88                  | 28,66;33,40;5,88                 |
| Dörröppning plan 2 öster      | 1,40               | 28,18;9,35;2,91                   | 29,30;9,35;2,91                  |
| Dörröppning plan 2 väster     | 1,40               | 31,95;9,35;2,91                   | 30,95;9,35;2,91                  |
| Dörröppning plan 2 söder      | 1,40               | 28,66;32,40;2,91                  | 28,66;33,40;2,91                 |
| Dörröppning plan 1 öster      | 1,40               | 28,18;9,25;0,00                   | 29,18;9,25;0,00                  |
| Dörröppning plan 1 väster     | 1,40               | 37,00;9,30;0,00                   | 36,00;9,30;0,00                  |
| Trappa 4-3½                   | 0,62               | 29,39;8,25;8,85                   | 29,39;5,98;7,10                  |
| Trappa 3½-3                   | 0,62               | 30,75;5,97;7,10                   | 30,76;7,67;5,88                  |
| Trappa 3-2½                   | 0,62               | 29,39;8,25;5,88                   | 29,39;5,98;4,13                  |
| Förbi blomkruka plan 2½       | 1,40               | 30,51;5,73;4,13                   | 30,75;5,97;4,13                  |
| Trappa 2½-2                   | 0,62               | 30,75;5,97;4,13                   | 30,76;7,67;2,91                  |
| Trappa 2-1½                   | 0,62               | 9,39;8,25;2,91                    | 29,39;5,97;1,20                  |
| Förbi blomkruka plan 1½       | 1,40               | 30,51;5,73;1,20                   | 30,75;5,97;1,20                  |
| Trappa 1½-1                   | 0,62               | 30,75;5,97;1,20                   | 30,75;8,10;0,00                  |
| Nödtrappa 4-3 *               | 0,68               | 28,66;33,40;8,85                  | 28,66;33,40;5,88                 |
| Nödtrappa 3-2 *               | 0,68               | 28,66;33,40;5,88                  | 28,66;33,40;2,91                 |
| <b>Utgång</b> Nödtrappa 2-1 * | 0,68               | 28,66;33,40;2,91                  | 28,66;36,37;2,91                 |
| <b>Utgång</b> Bientré         | 1,35               | 35,19;12,00;0,00                  | 35,19;15,40;0,00                 |
| <b>Utgång</b> Huvudentré      | 1,35               | 32,84;5,50;0,00                   | 32,84;2,33;0,00                  |

**Indata till Wayout**

**Tabell D6** Definition av de noder som använts till den första simuleringen (de som utrymmer via entréhallen) i Wayout.

| Nod nr            | Dörrbredd<br>[m] | Lutning | Längd<br>[m] | Bredd<br>[m] | Antal anslutna grenar | Ursprungligt antal personer | Reaktions tid<br>[s] |
|-------------------|------------------|---------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1                 | 0,97             | Vågrät  | 2,20         | 1,60         | 1                     | 0                           |                      |
| 11                | 0,93             | Vågrät  | 3,10         | 3,80         | 3                     | 2                           |                      |
| 111               | 0,90             | Vågrät  | 11,80        | 1,60         | 0                     | 1                           | 32                   |
| 112               | 1,60             | Vågrät  | 3,60         | 1,60         | 1                     | 0                           |                      |
| 1121              | 0,90             | Vågrät  | 1,70         | 1,70         | 2                     | 0                           |                      |
| 11211             | 1,10             | Vågrät  | 6,40         | 1,10         | 1                     | 0                           |                      |
| 11211 1           | 1,60             | Vågrät  | 2,70         | 3,00         | 1                     | 3                           |                      |
| 11211 11          | 1,60             | Vågrät  | 5,30         | 1,60         | 0                     | 4                           | 21                   |
| 11212             | 1,60             | Vågrät  | 3,70         | 2,40         | 1                     | 3                           |                      |
| 11212 1           | 1,60             | Vågrät  | 7,10         | 1,90         | 1                     | 5                           |                      |
| 11212 11          | 1,30             | Vågrät  | 7,20         | 1,30         | 0                     | 6                           | 21                   |
| 113               | 1,12             | Vågrät  | 4,90         | 1,12         | 1                     | 0                           |                      |
| 1131              | 0,80             | Nedåt   | 4,80         | 1,12         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311             | 1,12             | Vågrät  | 1,10         | 3,70         | 3                     | 0                           |                      |
| 11311 1           | 0,90             | Vågrät  | 2,70         | 1,50         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 11          | 1,60             | Vågrät  | 3,80         | 2,10         | 1                     | 3                           |                      |
| 11311 111         | 1,60             | Vågrät  | 6,30         | 1,60         | 1                     | 5                           |                      |
| 11311 1111        | 1,60             | Vågrät  | 6,70         | 1,60         | 0                     | 5                           | 35                   |
| 11311 2           | 0,90             | Vågrät  | 2,40         | 1,20         | 2                     | 0                           |                      |
| 11311 21          | 1,10             | Vågrät  | 6,60         | 1,10         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 211         | 1,60             | Vågrät  | 5,20         | 3,00         | 0                     | 4                           | 31                   |
| 11311 22          | 1,60             | Vågrät  | 2,80         | 2,20         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 221         | 1,60             | Vågrät  | 7,40         | 2,30         | 1                     | 5                           |                      |
| 11311 2211        | 1,60             | Vågrät  | 7,60         | 1,60         | 0                     | 2                           | 31                   |
| 11311 3           | 1,12             | Vågrät  | 4,30         | 1,12         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31          | 0,80             | Nedåt   | 4,80         | 1,12         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 311         | 1,12             | Vågrät  | 1,10         | 3,70         | 3                     | 0                           |                      |
| 11311 3111        | 0,90             | Vågrät  | 3,10         | 1,70         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31111       | 1,60             | Vågrät  | 7,20         | 2,40         | 1                     | 4                           |                      |
| 11311 31111 1     | 1,60             | Vågrät  | 8,50         | 1,60         | 0                     | 3                           | 42                   |
| 11311 3112        | 0,90             | Vågrät  | 2,40         | 1,20         | 2                     | 0                           |                      |
| 11311 31121       | 1,10             | Vågrät  | 6,50         | 1,10         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31121 1     | 1,60             | Vågrät  | 3,90         | 3,00         | 0                     | 3                           | 24                   |
| 11311 31122       | 1,60             | Vågrät  | 2,80         | 2,20         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31122 1     | 1,60             | Vågrät  | 6,70         | 2,00         | 1                     | 4                           |                      |
| 11311 31122 11    | 1,60             | Vågrät  | 6,40         | 1,70         | 0                     | 4                           | 24                   |
| 11311 3113        | 1,11             | Vågrät  | 4,20         | 1,11         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31131       | 0,98             | Nedåt   | 4,80         | 1,11         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31131 1     | 1,11             | Vågrät  | 1,10         | 3,70         | 2                     | 0                           |                      |
| 11311 31131 11    | 0,90             | Vågrät  | 2,50         | 1,70         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31131 111   | 2,20             | Vågrät  | 2,50         | 2,60         | 1                     | 2                           |                      |
| 11311 31131 1111  | 1,60             | Vågrät  | 6,60         | 2,40         | 1                     | 6                           |                      |
| 11311 31131 11111 | 1,60             | Vågrät  | 8,10         | 1,60         | 0                     | 4                           | 24                   |
| 11311 31131 12    | 0,90             | Vågrät  | 2,40         | 1,20         | 2                     | 0                           |                      |
| 11311 31131 121   | 1,10             | Vågrät  | 6,20         | 1,10         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31131 1211  | 1,60             | Vågrät  | 2,80         | 3,20         | 1                     | 3                           |                      |
| 11311 31131 12111 | 1,60             | Vågrät  | 7,10         | 1,90         | 0                     | 5                           | 22                   |
| 11311 31131 122   | 1,60             | Vågrät  | 1,60         | 1,60         | 1                     | 0                           |                      |
| 11311 31131 1221  | 1,60             | Vågrät  | 4,90         | 2,60         | 1                     | 3                           |                      |
| 11311 31131 12211 | 1,60             | Vågrät  | 8,50         | 1,60         | 0                     | 4                           | 22                   |

**Tabell D7** Definition av de noder som använts till den andra simuleringen (de som utrymmer via nödrappan) i Wayout.

| Nod nr   | Dörrbredd<br>[m] | Lutning | Längd<br>[m] | Bredd<br>[m] | Antal anslutna grenar | Ursprungligt antal personer | Reaktions tid<br>[s] |
|----------|------------------|---------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1        | 0,9              | Nedåt   | 4,40         | 0,90         | 1                     | 0                           |                      |
| 11       | 0,9              | Vågrät  | 0,80         | 0,90         | 2                     | 0                           |                      |
| 111      | 0,88             | Vågrät  | 3,80         | 1,60         | 0                     | 2                           | 31                   |
| 112      | 0,90             | Nedåt   | 4,40         | 0,90         | 1                     | 0                           |                      |
| 1121     | 0,90             | Vågrät  | 0,80         | 0,90         | 2                     | 0                           |                      |
| 11211    | 0,88             | Vågrät  | 2,10         | 1,60         | 1                     | 1                           |                      |
| 11211 1  | 1,60             | Vågrät  | 3,30         | 1,60         | 1                     | 0                           |                      |
| 11211 11 | 1,60             | Vågrät  | 3,00         | 1,60         | 0                     | 2                           | 24                   |
| 11212    | 0,90             | Nedåt   | 4,40         | 0,90         | 1                     | 0                           |                      |
| 11212 1  | 0,90             | Vågrät  | 0,80         | 0,90         | 1                     | 0                           |                      |
| 11212 11 | 0,88             | Vågrät  | 2,10         | 1,60         | 0                     | 1                           | 22                   |