

# Vädringsvanor i bostäder

- En studie om hur brukarnas  
vädringsbeteenden kan påverka  
energianvändningen

Ebba Lejonklev



**LUNDS**  
UNIVERSITET



# Vädringsvanor i bostäder

En studie om hur brukares vädringsbeteenden kan påverka energianvändningen

Ebba Lejonklev

Examensarbete

Avdelningen för Installationsteknik  
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi  
Lunds Universitet  
Box 118  
221 00 Lund

© Ebba Lejonklev

ISRN LUTVDG/TVIT—24/5112--SE(69)  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 LUND

# Sammanfattning

- Titel:** Vädring i bostäder – en studie om hur brukares vädringsbeteende kan påverka energianvändningen.
- Författare:** Ebba Lejonklev
- Handledare:** Victor Fransson, biträdande Universitetslektor vid institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för Installationsteknik vid Lunds tekniska högskola.
- Examinator:** Birgitta Nordquist, Universitetslektor vid institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för Installationsteknik vid Lunds tekniska högskola.
- Bakgrund:** Bygg- och fastighetssektorn stod ungefär för 34 procent av Sveriges totala energianvändning år 2021. Energianvändningen inom sektorn är främst energin som går åt till uppvärmning. 2021 stod uppvärmningen för ungefär 73 procent. (Boverket, 2024a)  
Hur brukarna i en byggnad beter sig kan vara en viktig parameter i energianvändningen. Att göra omfattande renoveringar för att förbättra byggnadens energiprestanda kan vara kostsamt. Om en förändring i brukarbeteende kan bidra till en mindre energianvändning kan dessa åtgärder vara mindre kostsamma eller till och med gratis till skillnad mot en teknisk åtgärd. Ett exempel på en brukarvana kan då vara vädringsbeteende. Andra alternativ kan vara varmvattenförbrukning, hushållsel och sänkning av inomhustemperatur till exempel.
- För att kunna få en uppfattning om hur vädring sker kommer brukarnas vädringsvanor undersökas genom enkäter till 19 bostäder där brukarna själva får uppskatta sina vädringsvanor samt genom mätningar på fönster i ett befintligt flerbostadshus i Skåne. Byggnaden, byggd 1977, kommer sedan att modelleras i programmet IDA ICE för att kunna simulera energianvändningen för byggnaden.
- Syfte:** Syftet med examensarbetet är att utreda olika brukares vanor att vädra samt beräkna energianvändningen för att få en större förståelse för hur brukarbeteende påverkar energianvändningen i ett flerbostadshus. Detta görs genom att studera enkätresultat samt mätningar av vädring i en verklig lägenhet för att kunna jämföra uppskattning mot faktiskt beteende. Med utgångspunkt från

enkätsvaren kommer ett flerbostadshus i Lund modelleras och olika vädringsbeteenden simuleras för att undersöka inverkan på årsenergianvändningen. Examensarbetet kommer att utreda om schablon tillägget på 4 kWh/m<sup>2</sup> överensstämmer med beräknade energiförluster genom vädring i flerbostadshus.

**Metod:** Examensarbetet startades genom att en litteraturstudie genomfördes för att få en överblick av ämnet. Teorin, tidigare studier samt lagar och föreskrifter tilldelades varsitt avsnitt i rapporten. Efter litteraturstudien påbörjades fallstudien med att sammanställa enkätsvaren om vädringsbeteenden. Vädringsscenarioer baserade på enkätsvaren togs fram. Därefter genomfördes modelleringen i IDA ICE inklusive modellering av de framtagna vädringsscenarioerna. Det genomfördes även en jämförelse mellan enkät och simulering från mätningvärdena. I IDA ICE testades de olika simuleringsfallen och dess resultat samlades in. Slutligen genomfördes en analys av resultatet.

**Slutsatser:** Resultatet från enkätstudien visar på betydande skillnader i vädringsbeteende. I denna studie påverkar de olika vädringsbeteende energianvändningen markant under ett år. Slutsatsen från denna studie är att schablonvärdet på 4 kWh/m<sup>2</sup> inte är tillräcklig för att korrekt återspegla dessa variationer.

**Nyckelord:** Brukarbeteende, energianvändning, energieffektivitet, vädring och vädringsbeteende.

# Abstract

The construction and real estate sector in Sweden accounted for about 34 percent of the country's total energy usage in 2021. However, within this energy consumption lies a variable influenced not just by building design or technology but by the behavior of its occupants. Behavioral patterns, such as window opening habits, hot water usage, electricity consumption, and temperature adjustments, can significantly impact energy consumption in buildings. Recognizing the potential cost-effectiveness of addressing occupant behavior over extensive building renovations, this study aims to delve into the specific influence of window opening habits on energy usage in a multi-family building context. The study of the energy need will be conducted in Skåne, Sweden, focusing on existing multi-family housing units. 19 different residents have responded to a survey about their window opening habits. The primary objective is to gain insights into how variations in occupants window opening habits affect overall energy consumption. The empirical aspect of the study involves a combination of survey data collection and building modeling. A building will be modeled using advanced simulation software, such as IDA ICE, allowing for the simulation of various ventilation scenarios. By modeling different ventilation behaviors, the study seeks to quantify their impact on the building's annual energy consumption. This modeling process serves as a bridge between theoretical understanding and practical implications, providing valuable insights into the potential energy savings achievable through behavior modifications. In conclusion, this study contributes to the growing body of research on energy efficiency in buildings by highlighting the significant role of occupant behavior. The results from the survey indicate significant differences in window opening behavior. The conclusion drawn is that the default value of 4 kWh/m<sup>2</sup> is not sufficient to accurately reflect these variations in this study.





# Förord

Detta examensarbete avslutar min utbildning på civilingenjörsutbildningen Väg- och Vatten vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet är utfört på avdelning för installationsteknik och omfattar 30 högskolepoäng.

Ett stort tack till min handledare Victor Fransson som har bidragit med sin värdefulla kompetens och som har genom hela processen motiverat mig till att göra ett bra arbete. Vill även rikta ett stort tack till min examinator Birgitta Nordquist som har varit väldigt hjälpsam och stöttande även under arbetets gång. Tackar också alla inom institutionen som har bidragit med sin kompetens och varit öppna för att svara på frågor och stötta. Även lägenhetsinnehavaren som delat med sig av sin information angående värdringsvanor och annan information som varit nödvändig för att kunna modellera byggnaden.

*Lund i maj 2024*

*Ebba Lejonklev*



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	i
Abstract .....	iii
Förord .....	v
Innehållsförteckning .....	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	2
1.2.1 Forskningsprojektet .....	2
1.3 Frågeställningar .....	3
1.4 Avgränsningar.....	3
1.5 Disposition .....	3
2 Teori.....	5
2.1 Energifalans.....	5
2.1.1 Transmissionsförluster .....	6
2.1.2 Ventilationsförluster .....	6
2.1.3 Förluster av luftläckage .....	7
2.1.4 Solinstrålning och internvärme.....	8
2.2 Vädning .....	8
2.2.1 Öppningsgrad .....	8
2.3 Byggnadens energianvändning .....	9
3 Lagar och föreskrifter.....	11
3.1 Inomhusklimat .....	11
3.2 Brukarindata.....	11
4 Tidigare studier .....	13
4.1 Flagghusen .....	13
4.2 Spara och slösa i plusenergihus .....	14
4.3 Brukares påverkan av energianvändningen i miljonprogramhus.....	15
4.4 Sveby .....	16
5 Enkätstudie av vädningssvanor .....	17
5.1 Metod.....	17
5.2 Resultat .....	19
5.3 Diskussion.....	24
6 Beskrivning av indata till energisimulering av fallstudie.....	27
6.1 Metod.....	27
6.2 Byggnadsbeskrivning.....	27
6.2.1 Konstruktion .....	27
6.2.2 Planritning .....	29
6.3 IDA ICE.....	30
6.3.1 Energisimuleringsmodell.....	30
6.3.2 Konstruktion .....	32
6.3.3 Klimatdata och solavskärmning .....	33
6.3.4 Köldbryggor .....	33
6.3.5 Uppvärmning.....	34
6.3.6 Internvärme.....	34
6.3.7 Tappvarmvatten.....	35

6.3.8	Ventilation .....	35
6.3.9	Övriga inställningar .....	35
6.4	Vädring .....	35
6.4.1	Öppningsgrad .....	35
6.4.2	Vädringsfall .....	36
7	Resultat av beräkningar av energianvändningen.....	45
8	Analys av simuleringsresultat .....	47
9	Diskussion .....	49
9.1	Felkällor .....	50
9.2	Fortsatta studier.....	51
10	Slutsatser .....	53
	Referenser.....	55
	Bilagor .....	57

# 1 Inledning

*I detta kapitel får läsaren en inledning av ämnet under bakgrund, syfte och avgränsningar. I detta kapitel redogörs även tillvägagångssätt och metod för rapporten.*

## 1.1 Bakgrund

Bygg- och fastighetssektorn stod ungefär för 34 procent av Sveriges totala energianvändning år 2021. Detta motsvarar ungefär 109 TWh inhemsk och importerad energi. Energianvändningen inom sektorn är främst energin som går åt till uppvärmning av byggnader och är därför något som skiljer sig från år till år eftersom uppvärmningsbehovet utgår från utomhustemperaturen som kan variera. 2021 stod uppvärmningen för ungefär 73 procent. Under perioden 2008–2021 har energianvändningen ökat med totalt 11 procent vilket anses negativt eftersom i miljö kvalitetsmålet ”God bebyggd miljö” ska energianvändningen ske på ett effektivt, resursbesparande och miljöanpassat sätt. Dock har användningen av förnybar energi ökat cirka 20 procent under hela perioden 2008–2021, från 54 procent till 65 procent. (Boverket, 2024a)

Eftersom bygg- och fastighetssektorn står för en betydande del av energianvändningen ställs också specifika krav på denna sektorn. 2006 infördes det lag på att byggnader avsedda för boende året om ska upprätta en energideklaration. I energideklarationen anges det en energiklass för byggnaden som baseras på byggnadens energiprestanda jämfört med en ny byggnad. Denna är giltig i 10 år och det är ägaren av byggnaden som är ansvarig för att det upprättas en ny efter 10 år. (Boverket 2023) I Boverkets byggregler BBR finns det också kravnivåer för byggnadens primärenergital som är ett mått på byggnadens energiprestanda, som verifieras enligt beräkning eller mätning. Primärenergitalet ger också grunden till vilken energiklass en byggnad får i energideklarationen. (Boverket 2023)

Hur brukarna i en byggnad beter sig kan vara en viktig parameter i energianvändningen. Att göra omfattande renoveringar för att förbättra byggnadens energiprestanda kan vara kostsamt. Om en förändring i brukarbeteende kan bidra till en mindre energianvändning kan dessa åtgärder vara mindre kostsamma eller till och med gratis till skillnad mot en teknisk åtgärd. Ett exempel på en brukarvana kan då vara vädringsbeteende. Andra alternativ kan vara varmvattenförbrukning, hushållsel och sänkning av inomhustemperatur till exempel.

En viktig parameter i energianvändningen kan vara brukarnas vädringsvanor eftersom enligt BBR 29 ska rum som är avsedda för daglig samvaro, matlagning, sömn och vila ha forcerad ventilation eller vädring tillgänglig. (Boverket, 2024b) Dock har BBR inte något värde för vädringsindata men rekommenderat schablonpåslag enligt Sveby på energianvändning på grund av vädring är 4 kWh/m<sup>2</sup> år. (Sveby 2009)

För att uppskatta energianvändningen på grund av vädring kan man beskriva vädring som ökad luftomsättning och vädringspåslaget kan uttryckas på tre olika sätt vid beräkning av energianvändningen. Det kan göras genom att lägga till det redan nämnda schablonvärdet på den specifika energianvändningen eller som ökade otätheter i klimatskalet (högre tryckprovresultat). Det kan också göras genom att öka det fläktstyrda luftflödet. (Sveby 2009)

I rapporten ”*Förväntningar och handlingar – vägen mot energieffektivt beteende i bostadshus*” gjord av Mattson, Bernardo, Johansson, Warell & Ekim (2022) vid Lunds universitet syftar de till att skapa en fördjupad förståelse av relation mellan design, byggnad och boende. Detta för att i tidigare forskning är ofta boendes beteende framfört som huvudskälet till varför det skiljer sig mellan den förväntade och faktiskt energianvändning i byggnader. Brukarnas förväntade beteende är svårt att uppskatta då människor är komplexa med olika agerande. Så för att kunna optimera energieffektiviteten i en byggnad är det viktigt att studera och förstå olika brukare. (Mattson et al. 2022)

För att kunna få en uppfattning om hur vädring sker kommer brukarnas vädringsvanor undersökas genom enkäter där brukarna själva får uppskatta sina vädringsvanor och mätningar på fönster i ett befintligt flerbostadshus i Skåne . Byggnaden kommer sedan att modelleras i programmet IDA ICE för att kunna simulera energianvändningen för byggnaden.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utreda olika brukares vanor att vädra samt beräkna energianvändningen för att få en större förståelse för hur brukarbeteende påverkar energianvändningen i ett flerbostadshus. Detta görs genom att studera enkätresultat och mätningar för att kunna jämföra uppskattning mot faktiskt beteende. Med utgångspunkt från enkätsvaren kommer ett flerbostadshus i Lund modelleras och olika vädringsbeteenden simuleras för att undersöka inverkan på årsenergianvändningen. Examensarbetet kommer att utreda om schablontillägget på 4 kWh/m<sup>2</sup> överensstämmer med beräknade energiförluster genom vädring i flerbostadshus.

### 1.2.1 Forskningsprojektet

Projektet som enkäterna har ingått i heter ”Fönstervädring i nya och befintliga flerfamiljshus”. Koordinator är Lunds universitet och ansvarig för projektet är Teknisk Doktor Henrik Davidsson vid Energi och Byggnadsdesign, institutionen för bygg- och miljöteknologi vid Lunds Tekniska Högskola. Projektet började i januari 2022 och förväntas pågå till december 2024. Projektet ska undersöka hur ofta boende i flerbostadshus vädtrar och hur det påverkar inomhusklimatet och energianvändningen. Forskningen är finansierad av energimyndigheten.

Syftet med projektet är att samla in mer kunskap om brukares vädringsvanor, eftersom det idag saknas en del kunskap i ämnet, trots att dessa vanor kan påverka

energianvändningen väsentligt. Projektet ska också, utöver energianvändningen, undersöka hur mycket denna vädring påverkar den termiska komforten och luftkvaliteten.

I projektet ingår att utveckla en mätutrustning som kan mäta graden av öppning för varje fönster, dvs både när, hur länge och hur mycket fönstren är öppna samt loggrar som mäter relativ fuktighet, koldioxid och temperatur. 16 bostäder kommer undersökas och cirka sex fönster eller dörrar kommer ingå i mätningen i varje bostad. Det blir totalt ca 96 fönster som mäts varje minut under ett år.

I projektet har man även lämnat ut en enkät till de boende för att kunna jämföra de faktiska mätningarna gentemot vad de boende svarar på enkäterna om sina vädringsvanor. (E2B2, u.å)

### 1.3 Frågeställningar

- Hur uppger boende att de vädrar?
- Överensstämmer de boendes uppmätta vädring med hur de uppger att de vädrar?
- Hur stor skillnad i beräknad årlig energianvändning ( $\text{kWh/m}^2$ ) är det mellan ett grundfall utan vädring respektive med vädring?
- Hur överensstämmer denna skillnad med schablonen  $4 \text{ kWh/m}^2$ ?
- Hur stor skillnad i årlig energianvändning ( $\text{kWh/m}^2$ ) är det mellan olika vädringsvanor?

### 1.4 Avgränsningar

Avgränsningarna för examensarbetet kommer vara att enkäterna samlas in från totalt 19 boende i bostäder spritt på olika platser i Sverige. Alla dessa 19 brukarna bor inte i den byggnad som kommer att modelleras. Deras beteende är därför inte helt representativt för det flerbostadshuset som modelleras som ligger i Lund, men förväntas kunna ge en inblick på ett ungefärligt spann på brukares vädringsbeteenden i bostäder.

Denna byggnad, byggd 1977 är utrustad med mekanisk frånluft vilket är det enda systemet som kommer att utredas i denna studie.

Examensarbetet kommer inte att utreda vidare om andra brukarbeteenden som kan påverka energianvändningen eller andra uteklimat. Detta för att det finns mycket studier gjort på detta sedan tidigare, samt att examensarbetet inte ska bli för omfattande.

### 1.5 Disposition

Examensarbetet startades genom att en litteraturstudie genomfördes för att få en överblick av ämnet. Teorin, tidigare studier samt lagar och föreskrifter tilldelades varsitt avsnitt i rapporten. De tidigare studierna som presenterades användes både för indata och kunskap om energianvändning och brukares beteende.

Efter litteraturstudien påbörjades fallstudien med att sammanställa enkätsvaren om vädringsbeteenden. Detta tilldelades också ett eget avsnitt med resultat och diskussion.

Arbetet med att samla in information om det specifika flerbostadshuset som skulle modelleras skedde parallellt med enkätarbetet. När tillräcklig information var inhämtad och simuleringsfallen var utformade, påbörjades arbetet med modelleringen i IDA ICE. Detta avsnitt är i två delar, ett där den verkliga byggnaden presenteras och ett där indata och eventuella skillnader från verkligheten till modell presenteras.

Resultatet från alla simuleringsfallen är sammanställt i kapitel 6. Kapitel 7 innehåller analysen och jämförelsen mellan de olika resultaten. Slutligen kommer diskussionsavsnitt där resultatet och analysen diskuteras utifrån frågeställningarna.



## 2 Teori

I detta kapitel presenteras den teori som ger grunden till rapporten. Det presenteras även bakgrunden till vad som ligger till grund för mängden energi som används i byggnader. Relevant fakta om inomhusmiljö samt brukarindata presenteras också i detta kapitel.

Värmeförlusten hos en byggnad påverkas av bland annat värmeöverföring, luftläckage och ventilationsförluster. Betydelsen av dessa kan minskas genom att bygga en välisolerad och lufttät byggnad med effektiv ventilationsvärmeåtervinning. För att kunna få en önskad temperatur, bra luftkvalitet och en komfortabel miljö i byggnader är det viktigt att alla dessa parametrar tas i beaktning vid dimensionering av värme- och ventilationssystem. Genom att veta vilka parametrar som är kritiska kan åtgärder göras.

### 2.1 Energibalans

Enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) kan en byggnads behov av värme delas upp i två kategorier: värmeeffektbehov och värmeenergibehov. Värmeeffektbehovet mäts i Watt och värmeenergibehovet uttrycks i kilowattimmar. Värmeeffektbehovet påverkas av flera faktorer och kan analyseras genom att skapa en effektbalans.

Värme i huset bortförs av:

- Transmissionsförluster  $P_t$
- Ventilation  $P_v$
- Oavsiktlig ventilation eller luftläckage  $P_{ov}$

Värme tillförs genom:

- Solinstrålning  $P_s$
- Intern värme  $P_i$
- Värmesystem  $P_w$

Utifrån dessa faktorer kan värmeeffektbehovet enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) beskrivas som en stationär energibalans enligt ekvation 2.1 nedan:

$$P_t + P_v + P_{ov} = P_w + P_s + P_i \quad [\text{W}] \quad \text{Ekv (2.1)}$$

Detta är den stationära effektbalansen, när hela systemet är i jämvikt. I verkligheten är inte effektbalansen alltid i jämvikt eftersom parametrarna ändras och är dynamiska. Till exempel är internvärmens och solinstrålningens medräknad i byggnadens uppvärmningsbehov. Dessa bör vara positiva under vintersäsongen och negativa under sommarsäsongen, men så är inte fallet i verkligheten alltid. Byggnadens konstruktion kan också lagra eller avge värme, vilket också påverkar uppvärmningsbehovet. Byggnadens energienergibehov kan därför beräknas genom ekvation 2.2, där  $P_{\text{sys}}$  multipliceras med ett valt tidssteg och sedan summeras till den önskade simuleringstiden. (Fransson, 2020) För att kunna hantera dessa dynamiska effekter används programmet IDA ICE.

$$E_{syst} = \sum_{i=1}^N P_{syst,i} \cdot dt_i \quad [\text{kWh/a}] \quad \text{Ekv (2.2)}$$

### 2.1.1 Transmissionsförluster

Transmissionsförluster är enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) det värmeflödet som passerar genom hela klimatskalet, så som golv, väggar, tak, fönster och köldbryggor. I en byggnad beräknas dessa förluster rum för rum genom att först beräkna den specifika värmeförlustfaktorn på grund av transmission  $Q_t$ , se ekvation 2.3 nedan. Därefter kan värmeeffektbehovet på grund av transmission härledas genom ekvation 2.4 nedan. Från värmeeffektbehovet är innetemperaturen en faktor som en eventuell brukare kan påverka och på så sätt minska värmeeffektbehovet med hänsyn till transmissionsförlusterna. (Warfvinge & Dahlblom 2010)

Transmissionsförlusternas specifika värmeförlustfaktorn:

$$Q_t = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{k=1}^m \psi_k \cdot l_k + \sum_{j=1}^p X_j \quad [\text{W/K}] \quad \text{Ekv (2.3)}$$

Där:

$U_i$  = värmegenomgångstal för en byggnadsdel ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )

$A_i$  = byggnadsdelens invändiga area ( $\text{m}^2$ )

$\psi_k$  = bärmegenomgångstal för linjär köldbrygga ( $\text{W/mK}$ )

$l_k$  = linjära köldbryggans längd (m)

$X_j$  = värmegenomgångstal för punktformig köldbrygga ( $\text{W/K}$ )

Värmeeffektbehovet:

$$P_t = Q_t \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad [\text{W}] \quad \text{Ekv (2.4)}$$

Där:

$T_{inne}$  = innelufttemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{ute}$  = utelufttemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 2.1.2 Ventilationsförluster

Ventilationsförlusterna refererar enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) till de förluster som uppstår på grund av temperaturskillnader mellan inomhus- och utomhusluften som tas in i byggnaden genom ventilationssystemet. Uteluft som ska bli ventilationsluft behöver värmas till önskad rumstemperatur och dessa förluster inkluderar både uppvärmning av luften i rummet genom radiatorer samt uppvärmning av luften i luftbehandlingsaggregatet.

Ett frånluftsventilationssystem bygger på att lufttillförseln sker via uteluftsventiler vanligtvis i vardagsrum och sovrum. Sedan suger fläktar ut frånluften genom frånluftsdon vanligtvis placerade i våtutrymme och kök. Tilluften som kommer in i lägenheten är då samma temperatur som uteluften. Frånluftsdonen ska injusteras så att dessa suger ut den mängd luft som är nödvändig för att skapa rätt luftflöde. Det finns även FTX-ventilation som är ett till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. (Warfving & Dahlblom 2010)

För att beräkna effektförlusten med hänsyn till ventilationen börjar man med att beräkna den specifika värmeförlustfaktorn,  $Q_v$ , se ekvation 2.5 nedan. Därefter kan värmeeffektbehovet,  $P_v$ , beräknas genom att använda  $Q_v$  och temperaturskillnaden mellan inomhus- och utomhusluften enligt ekvation 2.6 nedan.

Ventilationens specifika värmeförlustfaktor:

$$Q_v = \rho \cdot c_p \cdot q_v \quad [\text{W/K}] \quad \text{Ekv (2.5)}$$

Där:

$\rho$  = luftens densitet (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  = luftens specifika värmekapacitet (1000 J/kgK)

$q_v$  = styrt ventilationsflöde (m<sup>3</sup>/s)

Värmeeffektbehovet:

$$P_v = Q_v \cdot (T_{inne} - T_{till}) \quad [\text{W}] \quad \text{Ekv (2.6)}$$

Där:

$T_{inne}$  = innelufttemperatur (°C)

$T_{till}$  = tilluftens temperatur (°C)

### 2.1.3 Förluster av luftläckage

Oavsiktlig ventilation är otätheter i klimatskalet som gör att det läcker ut och in luft enligt Warfvinge & Dahlblom (2010). Effektförlusten händer på grund av den inläckande luften har samma temperatur som utomhusluften och måste därför värmas upp för att inte skapa oönskad innetemperatur. För att beräkna effektförlusten med hänsyn till den luftläckaget börjar man med att beräkna den specifika läckageförlusten  $Q_{ov}$ , se ekvation 2.7 nedan. Därefter kan värmeeffektbehovet,  $P_{ov}$ , beräknas enligt ekvation 2.8. Om en brukare till exempel vädrar mer än vad som har beräknats kan denna posten i effektbalansen vara betydelsefull.

Den specifika luftläckageförlusten:

$$Q_{ov} = \rho \cdot c_p \cdot q_{ov} \quad [\text{W/K}] \quad \text{Ekv (2.7)}$$

Där:

$\rho$  = luftens densitet (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  = luftens specifika värmekapacitet (1000 J/kgK)

$q_{ov}$  = oavsiktligt ventilationsflöde (m<sup>3</sup>/s)

Värmeeffektbehovet:

$$P_{ov} = Q_{ov} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad [\text{W}] \quad \text{Ekv (2.8)}$$

Där:

$T_{inne}$  = innelufttemperatur (°C)

$T_{ute}$  = uteluftstemperatur (°C)

## 2.1.4 Solinstrålning och internvärme

Solinstrålning syftar till den solstrålning som transmittas genom fönster enligt Warfvinge & Dahlblom (2010). Internvärme, som även kan benämnas som gratisvärme, syftar till det värmetillskott som tillförs till byggnadens inneklimat genom personer som vistas i byggnaden, elapparater, belysning etc. Dessa faktorer har stor betydelse för husets värmeenergibehov. (Warfvinge & Dahlblom 2010)

## 2.2 Vädring

### 2.2.1 Öppningsgrad

Enligt licentiatavhandlingen ”Vädring i skolor – ett komplement till normal ventilation” av (Nordquist, 1998) sker det ett luftutbyte genom öppningen när ett fönster eller dörr öppnas. Drivkraften till detta luftutbyte är att det är en skillnad i temperatur som ger upphov till en tryckskillnad. Vind påverkar också luftutbytet. Fönsters öppningsvinkel har också betydelse för att kunna kvantifiera till ett flöde. I figur 2.1 nedan presenteras förhållandet mellan öppningsvinkeln och flödet (Nordquist, 1998). Reducering av flödet kopplat till kontraktion och friktion,  $C_d$ , bestäms genom ekvation 2.9. Flödet skapat av temperaturskillanden mellan inomhus och utomhus beräknas genom ekvation 2.10. Vädringsflödet påverkas av både höjd och bredd på öppningen.

$$C_d = 0,4 + 0,0045\Delta T \quad \text{Ekv (2.9)}$$

$$q = J(\theta) \cdot C_d \cdot \frac{B}{3} \sqrt{\frac{\Delta T g H^3}{\bar{T}}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad \text{Ekv (2.10)}$$

Där:

$J(\theta)$  = Funktion av öppningsvinkeln (°)

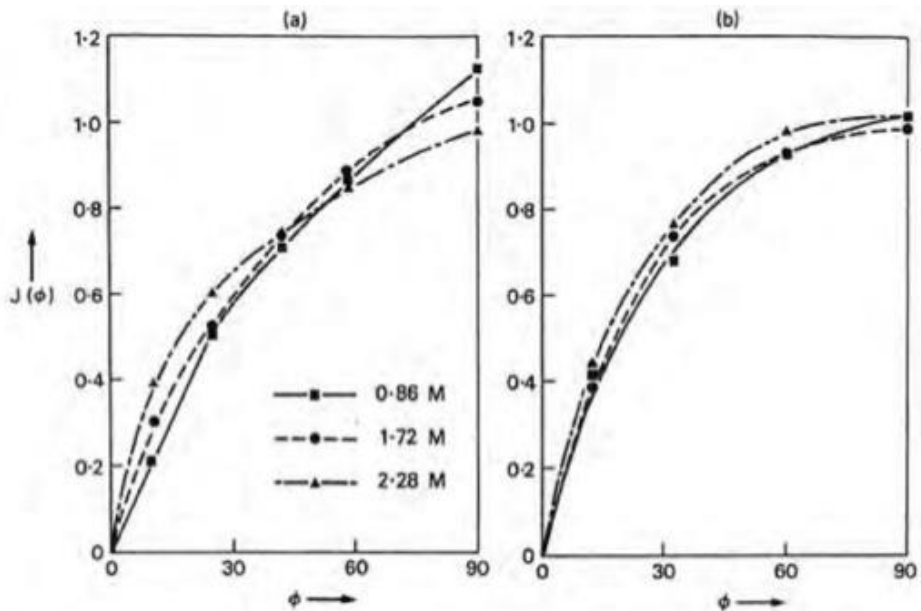
B = Bredd på öppningen (m)

H = Höjd på öppningen (m)

$\Delta T$  = Skillnaden i temperatur mellan ute- och innetemperatur (K)

$\bar{T}$  = Medeltemperaturen (K)

Samtliga ekvationer är hämtade från Nordquist (1998).



Figur 2.1 - Förhållandet mellan öppningsvinkeln och det resulterande flödet. Det vänstra visar ett sidohängt fönster och det högra visar ett pivotfönster. (Nordquist 1998)

## 2.3 Byggnadens energianvändning

Byggnadens totala energianvändning inkluderar den mängd energi som krävs för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel under ett normalår. Detta exkluderar dock hushållsenergi i bostäder och verksamhetsenergi i lokaler. Energileveransen till en byggnad kan komma från olika källor så som el, fjärrvärme eller biobränsle. Vilken energibärare som används för den aktuella byggnaden spelar ingen roll när det gäller byggnadens totala energianvändning. (Boverket, 2022)

För att bestämma en byggnads energianvändning enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN), finns det två huvudsakliga metoder: beräkning och mätning. Dessa föreskrifter definierar vad som anses vara normalt brukande av byggnadens egenskaper. Vidare krävs det att energianvändningen motsvarar ett klimatmässigt normalår, vilket innebär att eventuella mätvärden måste korrigeras för att återspegla förhållanden som liknar ett genomsnittligt klimatår. (Boverket, 2022)



## 3 Lagar och föreskrifter

### 3.1 Inomhusklimat

Folkhälsomyndighetens anger råd för inomhustemperaturer i allmänna råd om temperaturer inomhus. (FoHMFS 2014:17) Där anges råd för normalfall, vilket inte inkluderar extrema väderförhållanden. Den operativa temperaturen rekommenderas vara 20-23°C. Medelhastigheten på luften rekommenderas vara max 0,15 m/s men är inomhustemperaturen över 24°C kan högre lufthastigheter accepteras. I de allmänna råden om temperaturer inomhus (FoHMFS 2014:17) anges också riktvärden som indikerar på vidare utredning om inomhusklimatet. Dessa är om lufttemperaturen är under 20°C eller över 24°C vintertid och över 26°C sommartid. Vidare är också en golvtemperatur på under 18°C ett riktvärde för vidare utredning.

Folkhälsomyndigheten har också en föreskrift som är allmänna råd om ventilation i bostäder och lokaler för allmänna ändamål. (FoHMFS 2014:18) Där anges det att luftomsättningen inte bör understiga 0,5 oms/h och uteluftsflödet inte bör understiga 0,35 l/s per m<sup>2</sup> eller 4 l/s per person.

### 3.2 Brukarindata

I boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BFS 2016:12) anges byggnadens energianvändning vid normalt brukande och för ett normalår. Dessa föreskrifter är grundade på både beräkningar och uppmätt energianvändning. När byggnadens energianvändning per år ska bestämmas används BEN 2 (BFS 2017:6) som är ett ändringstillägg till BFS 2016:12. I tabell 3:1 redovisas brukarindata för flerbostadshus enligt BEN 2.

## Vädringsvanor i bostäder

Tabell 3.1 - Brukarindata från BEN 2 (BFS 2017:6)

Parameter	Kommentar	Värden
Innetemperatur	Uppvärmningssäsong	21°C
Luftflöden	Forcering i kök (avluft)	30 min/dygn
Solavskärmning	Exempelvis markiser, persienner och gardiner	0,71
Tappvarmvatten	$\eta_{\text{tvv}}$ är årsverkningsgraden hos värmekällan för produktion av tappvarmvatten.	$25/\eta_{\text{tvv}}$ kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år
Hushållsenergi	-	30 kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år
Internlast	Möjlig att tillgodogöras under uppvärmningssäsongen	70%
Personvärme	Tid	14/7/52 h/d/v
Personvärme	Effektavgivning	80 W/person
Personvärme	Antal personer	Se tabell 2
Vädring	Påslag på energianvändningen om inte ett annat värde kan motiveras	4 kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år

Tilllägg till tabellen är att energin för tappvarmvatten kan korrigeras om det finns en installationstekniks lösning för besparande av energi. Vädringspåslaget står under allmänna råd. Föreskriften BFS 2017:6 innehåller också värden för beräkning av antal personer i bostäder, dessa redovisas i tabell 3.2.

Tabell 3.2 - Värden för beräkning av antal personer i bostäder från BEN 2 (BFS 2017:6)

Antal rum och kök	1	2	3	4	5+
Antal personer	1,42	1,63	2,18	2,79	3,51



## 4 Tidigare studier

*I detta kapitel presenteras tidigare forskning och vad som har gjorts inom området.*

### 4.1 Flagghusen

Nordquist (2017) har gjort en studie om inomhusklimat, ventilationssystem och vädringsbeteende. Det är en fördjupning av tidigare studie Flagghusen som omfattar ett bostadsområde i Malmö som byggdes 2005–2007. Bostadsområdet Flagghusen består av totalt 630 lägenheter uppdelade i 16 flerbostadshus. De flesta hus är utrustade med ett FTX-system. Två år efter uppförandet upptäcktes det att flera av fastigheterna hade en högre energianvändning än vad som tidigare hade beräknats och förväntats, vilket ledde till att det fanns ett incitament att göra en fördjupad studie av Flagghusen med fokus på inomhusklimat och energianvändning. (Nordquist 2017)

I Nordquist (2017) består studien av en enkätundersökning där brukarna själva har svarat på hur inomhusklimatet upplevs och vanor kring vädring. Syftet med inomhusklimatuppföljningen har varit att undersöka de lägenheter där brukarna vädrar i stor omfattning. Från den fördjupade studien framgick det att 26 procent svarade att de vädrar någon gång i veckan och 12 procent vädrar någon gång i månaden under uppvärmningssäsongen. 55 procent svarade att de vädrar varje dag eller nästan varje dag under uppvärmningssäsongen. Vidare presenterar Nordquist (2017) att 8 procent av brukarna vädrar sällan eller aldrig. Nordquist (2017) undersökte också anledningen till att brukarna vädrar, där den främsta anledningen visade sig vara på grund av vana eller rutin. Det var också några brukare som svarade att de vädrade på grund av upplevelse av instängd dålig luft, dålig luftkvalitet och termiskt klimat. Några svarade annan orsak eller upplevelse av att övrig ventilation inte är tillräcklig.

I Nordquist (2017) undersökning ingick även en enkätfråga där brukarna tillfrågades om anledningen till att de avslutade vädringen. Enligt resultatet svarade 44 procent att de slutade vädra för att de hade tillräckligt med oanvänd luft. 25 procent svarade att det var på grund av för kall uteluft och 20 procent svarade att det var för stark blåst. Vidare angav 16 procent att de avslutade vädringen när inomhustemperaturen hade sjunkit tillräckligt lågt, medan 14 procent angav att de stängde efter en viss tid på grund av vana. Enligt Nordquist (2017) var andra betydande faktorer som påverkade beslutet att avsluta vädringen var regn, buller och drag.

Nordquist (2017) kommer också fram till att när brukaren vädrar är det få som öppnar flera fönster, utan att brukarna endast öppnar ett fönster. Vanligast är att brukarna öppnar ett fönster i sovrum eller vardagsrum. Nordquist (2017) undersökte slutligen också den totala vädringstiden per dag under olika årstider och fann att vädringstiden ökade med ökade utomhustemperatur.

## 4.2 Spara och slösa i plusenergihus

I studien Spara och Slösa (2021) har Alfred Forsberg och Ebba Lind studerat hur brukare kan påverka energianvändningen i plusenergihus. Detta gjordes genom en fallstudie där ett plusenergihus modellerades och simulerades i IDA ICE. Indata grundade sig i att presentera olika brukare och deras vanor. Brukartyperna som simulerades var den sparsamma, den slösaktiga och normalbrukaren. För att skapa dessa olika brukare användes tidigare forskning och regelverk tillsammans med statistik och mätningar i verkliga bostäder.

Forsberg & Lind (2021) kategoriserade den sparsamma brukaren som den 5:e percentilen med uppmätt lägst hushållselanvändning, varmvattenanvändning och temperaturinställning. Den slösaktiga brukaren representerades av den 95:e percentilen med högst användning av hushållsel, varmvatten och temperaturinställning. Normalanvändaren omfattade den 45–55:e percentilen inom användningen. Vädringsvanor klassificerades på liknande sätt för att representera sparsamma, slösaktiga och normala användare. Simuleringsfallen testades med klimatdata från både norra (Kiruna) och södra Sverige (Malmö) för att jämföra olika klimatförhållanden.

För att dra slutsatser om betydelsen av användarbeteende för energianvändningen kombinerades värdena för sparsamma och slösaktiga användare med olika klimatdatafiler. Resultaten visade att energianvändningen ökade vid simulering med klimatdata från norra Sverige, vilket förklarades av ökat behov av uppvärmningsenergi (Forsberg & Lind 2021).

För att möjliggöra en jämförelse mellan parametrar med olika enheter genomfördes en känslighetsanalys. Analysen avslöjade vilka parametrar som varierade mest och minst med slösaktigt och sparsamt beteende. I Malmöfallet var det varmvattenanvändningen och ventilationen som var mest betydelsefulla. En höjning av uteluftsflödet genom ventilationssystemet till  $7 \text{ l/s} + 0,35 \text{ l/s m}^2$  resulterade, på grund av hög återvinningsgrad, endast i en ökning av energianvändningen med 3,1 % i Malmö och 7,2 % i Kiruna. I Kiruna var vädring den parameter som varierade mest och i Malmö var det ventilation som varierade minst.

Forsberg & Lind (2021) rangordnade sedan parametrarna som ökade energianvändningen mest enligt listan nedan:

1. Vädring
2. Varmvattenanvändning
3. Inomhustemperatur
4. Hushållselanvändning
5. Närvarostyrd ventilation

Slutsatsen som Forsberg & Lind (2021) drog utifrån detta var att ett välfungerande ventilationssystem var betydelsefullt för att brukarna inte ska behöva vädra under uppvärmningssäsongen. Forsberg & Lind (2021) skriver också att det inte är verklighetsförankrat att vädringen är detsamma i södra och norra Sverige under uppvärmningssäsongen eftersom det i norra Sverige (Kiruna) är ett mycket kallare

klimat. Därför rekommenderar Forsberg & Lind (2021) att vädringspåslaget  $4 \text{ kWh/m}^2$  som idag är samma schablon för hela landet bör utredas och varieras efter klimatzon. Slutligen visar också Spara och Slösa (Forsberg & Lind 2021) att simuleringarna i IDA ICE visade att medelbrukaren i verkliga bostäder använder 13 procent mer energi än vad BEN-data anger.

### 4.3 Brukares påverkan av energianvändningen i miljonprogramhus

Saffran Rosengarten har 2022 gjort en masteruppsats om hur brukarna i ett frånluftsventilerat flerbostadshus kan påverka energianvändningen genom vädring. Flerbostadshuset är beläget i Lund och är byggt under miljonprogrammet. Studiens syfte är att samla in data gällande brukarnas vanor för att sedan göra simuleringar. Rosengarten (2022) använde sig av indata från forskningsprojektet PEIRE (People, Environment, Indoor, Renovation and Energy) som har samlat in uppmätt data från brukare i de aktuella flerbostadshusen. Rosengarten (2022) sammanställde denna data och gjorde sedan sju olika simuleringssfall i programmet IDA ICE.

Rosengarten (2022) studerade totalt 12 lägenheter och sammanställde lägenheternas totala vädringstid per dygn, vädringsfrekvens och tid för när öppningar gjordes. Rosengarten (2022) presenterade även medelvärden per dygn för de enskilda lägenheterna samt hela byggnaden. Medelvärdena användes sedan för att gruppera lägenheterna och utifrån det skapa vädringsscheman / scenarier för ett helt flerbostadshus. Rosengarten (2022) gjorde också en dygnsuppdelning för att tilldela medelvärdena till en viss tid på dygnet. Dygnsfördelningen var följande:

- Morgon: 06:00-10:00
- Förmiddag: 10:00-12:00
- Eftermiddag: 12:00-18:00
- Kväll: 18:00-22:00
- Natt: 22:00-06:00

Rosengarten (2022) delade upp simuleringssfallen på så sätt att det skulle återspegla den slösaktiga, den sparsamma och den normala brukaren. Ett referensfall, grundfall och en känslighetsanalys genomfördes också. Rosengarten (2022) gjorde även ett kombinerat simuleringssfall där 90 procent representeras av normalt brukande och 10 procent representeras av en fjärde grupp som är ett särfall som vädrar väsentligt mer än de andra brukarna. Detta för att studera hur stor påverkan en liten grupp av brukare kan ha på energianvändningen i ett helt flerbostadshus.

Referensfallet i Rosengartens (2022) studie utgick från de verkliga förutsättningarna, utifrån de faktiska mätningarna i lägenheterna. Rosengarten (2022) antar i sin studie att dessa 12 lägenheterna ska representera de totala antalet lägenheter (25 st) i huset. Detta referensfall jämförs sedan med känslighetsanalysen där öppningsprocenten endast skiljde sig åt. Rosengarten (2022) kom då fram till att det är totalt 20 procent lägre

energianvändning för uppvärmning. Dessa fall jämfördes också med grundfallet där ingen extra vädring förekommer förutom att vädrings- /uteluftsluckorna var öppna 10 procent dygnet runt. Rosengarten (2022) kom fram till att öppningsprocenten hade en stor påverkan på resultatet. Både referensfallet och känslighetsanalysen visar sig ha högre bidrag än Svebys rekommendation på 4 kWh/m<sup>2</sup>. Totala bidraget från fallen var 48,9 respektive 20,1 kWh/m<sup>2</sup> mot grundfallet som hade en energianvändning på 97,3 kWh/m<sup>2</sup>. Dessa skillnader är inte bara vädringspåslaget utan även skillnad i varmvattenanvändning, inomhustemperatur och luftflöde.

### 4.4 Sveby

Sveby är ett utvecklingsprogram som drivs av bygg- och fastighetsbranschen. Sveby står för ”Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader” och består av tre huvuddelar: avtal, beräkningar och mätning/verifiering. Tanken med dessa projekt är att tillsammans ska de täcka in hela processkedjan för byggandet. Syftet är att kunna standardisera för att ta fram och verifiera energiprestanda. Huvudfinansier för Sveby är energimyndigheten. (Sveby u.å)

Sveby har likt BFS 2017:6 tagit fram brukarindata till bostäder. (Sveby 2012) Syftet med den rapporten är att ta fram, sammanställa och förankra brukarrelaterade indata till energiberäkningar. Enligt Sveby är vädring en viktig parameter när det gäller beteenderelaterade indataparametrar. Vädringens inverkar på energianvändningen varierar både med hänsyn till exponeringsgraden för vind samt vad för typ av ventilationssystem. Sveby har i rapporten sammanställt studier inom vädringsbeteenden och dess inverkan för att kunna redovisa förslag på vädringspåslag i energiberäkningar. Vädringspåslaget kan uttryckas genom ett schablonpåslag på framräknad energiprestanda, vilket är rekommenderat till ett värde på 4 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> år. Detta värde gäller för både flerbostadshus och småhus. Sveby poängterar att variationerna och osäkerheterna är stora.

Sveby redovisar några studier som gjorts om vädringsvanor. Exempelvis har det gjorts en enkätundersökning för 393 lägenheter i Stockholmsområdet under vinterhalvåret i MEBY-projektet. Resultatet från undersökningen var att 75 procent vädrar dagligen och 20 procent har fönster eller balkongdörr öppet hela dagen eller natten. En annan enkätstudie som gjordes på 600 lägenheter där resultatet var att cirka 39 procent vädrade dagligen, 37 procent någon gång i veckan och 12 procent några gånger i månaden. 9 procent vädrade aldrig i sina lägenheter.

## 5 Enkätstudie av vädringsvanor

### 5.1 Metod

Totalt samlades 19 enkäter in i olika bostäder i Sverige. Enkätsvaren omfattar bostäder med en geografisk spridning över Sverige från Umeå i norr till Malmö i söder. I enkäterna har de boende fått svara på totalt 48 frågor om vädring och inomhusmiljö. I denna studie tas endast de nio frågorna som behandlade vädringsfrekvens med. Frågorna samt deras svarsalternativ presenteras nedan. Sammanställning av svaren på enkäterna sammanställs under rubriken ”Sammanställning av svar från enkäter”.

- Fråga 11: ”Brukar du öppna något fönster/vädringsfönster vid matlagning?”  
Ja, öppnar i
  - Kök
  - Vardagsrum
  - Sovrum
- Fråga 12: ”Hur ofta vädras det vanligtvis under uppvärmningssäsongen (dvs september-april)?”
  - Dagligen/nästan varje dag
  - Ungefär 1 gång i veckan
  - Någon gång i månaden
  - Vädrar sällan eller aldrig
- Fråga 13: ”När det vädras sker det oftast genom att..?”
  - Ha vädringsfönster/fönster öppet hela dagen/natten
  - Ha vädringsfönster/fönster öppet några timmar
  - Ha korsdrag några minuter
  - Vädrar aldrig
- Fråga 14: ”När du vädrar under uppvärmningssäsongen, brukar du oftast öppna...?”  
Här finns det fyra alternativ för fönster/dörrar i vardagsrum, sovrums och kök.
  - Öppnar 1 fönster
  - Öppnar flera fönster
  - Öppnar balkongdörren
  - Öppnar mindre vädringsfönster

Vidare har även svaren från fråga 17–21 tagits med. För fråga 17–19 är det samma svarsalternativ. Fråga 17 handlar beteende under vintern som definieras november till mars, fråga 18 handlar om vår och höst som definieras som april samt september till oktober och slutligen handlar fråga 19 om sommaren som definieras som maj till augusti. Dessa svarsalternativ redovisas i tabell 5.1 nedan. Fråga 20 och 21 presenteras i tabell 5.2 och tabell 5.3.

## Vädringsvanor i bostäder

Tabell 5.1 - Fråga 17,18 och 19 från enkäter. Samtliga svarsalternativ fanns från vinter, sommar och vår/höst.

Fråga 17, 18 och 19: "Hur ofta vädrar du vanligtvis?"					
	3 gånger eller mer per dag	2 gånger per dag	1 gång per dag	1-3 gånger på vecka	1-3 gånger mer månad
Fönster i sovrum					
Smalt vädringsfönster i sovrum					
Fönster i vardagsrum					
Ytterdörr i vardagsrum					
Fönster i badrum					
Fönster i kök					
Ytterdörr i kök					
Annan öppning..					

Tabell 5.2 - Fråga 20 från enkäter.

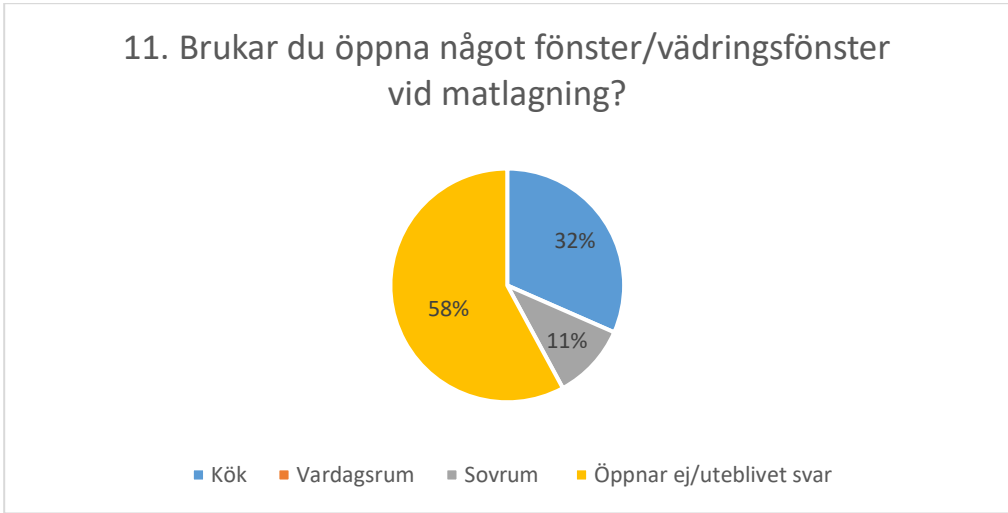
Fråga 20: "Hur lång tid vädrar du vanligtvis per vädring?"			
	Vintern	Vår/höst	Sommar
Fönster i sovrum	... min	... min	... min
Smalt vädringsfönster i sovrum	... min	... min	... min
Fönster i vardagsrum	... min	... min	... min
Dörr i vardagsrum	... min	... min	... min
Fönster i badrum	... min	... min	... min
Fönster i kök	... min	... min	... min
Dörr i kök	... min	... min	... min
Annan öppning..	... min	... min	... min

Tabell 5.3 - Fråga 21 från enkäter.

Fråga 21: "Med hur stor öppningsgrad vädrar du under uppvärmningssäsongen?"			
	På glänt (upp till 10 cm)	Halvöppet (20–50 cm)	Helt öppet (mer än 50 cm)
Fönster i sovrum			
Smalt vädringsfönster sovrum			
Fönster i vardagsrum			
Dörr i vardagsrum			
Fönster i badrum			
Fönster i kök			
Dörr i kök			
Annan öppning...			

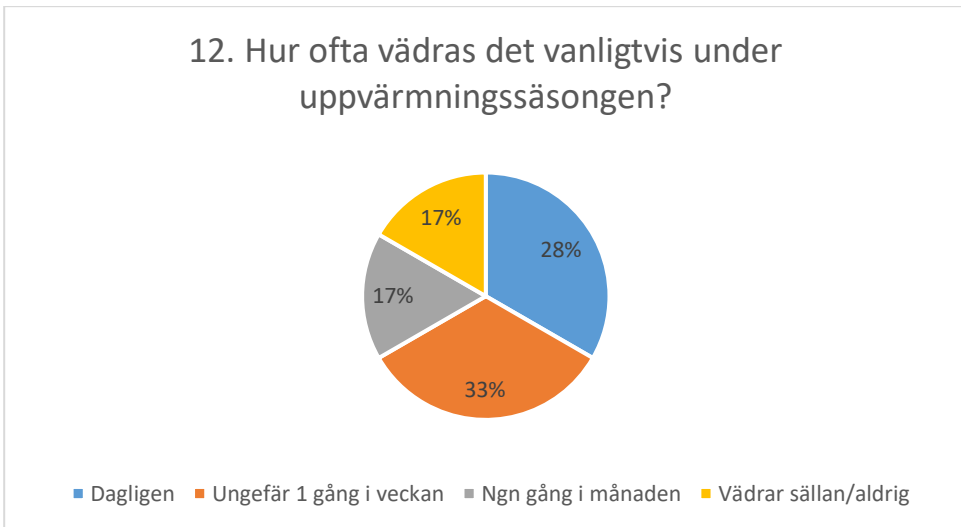
## 5.2 Resultat

För att kunna sammanställa vädringsdata från enkäterna har svarsalternativen sammanställts genom procentuell fördelning. Detta för att kunna identifiera de vanligaste brukarvanorna. Eftersom flera av frågorna har flera svarsalternativ och några har svarat flera svarsalternativ kan den totala procenten bli över 100. Vissa brukare har uteblivet med svar i några frågor och dessa har då inte tagits med om det inte är relevant för resultatet. Nedan presenteras resultaten i figurform. För att få en överskådlig bild visas inte alla svarsalternativ, utan hur mycket man vädrar och inte specifikt vilket fönster eller dörr som öppnas. Detta eftersom enkäterna har samlats in från olika bostäder med olika planlösning och fönster. Eftersom denna studie främst kommer fokusera på vinterhalvåret är det endast vinterfallet som kommer presenteras i rapporten, sommar och vår/höst bifogas i bilaga A.



Figur 5.1 - Resultat från fråga 11 från enkäterna, där noll procent svarat att de öppnar vardagsrumsfönstret vid matlagning. Här har öppnar ej/uteblivet svar redovisats eftersom det är relevant för resultatet. Det finns inget svarsalternativ öppnar ej men vissa har skrivit det bredvid och uteblivet svar har tolkats som öppnar ej. Totalt har 19 svarat på denna fråga.

32% rapporterar att de öppnar fönster i kök vid matlagning och 11% har svarat att de öppnar sovrumsfönstret. Ingen svarade att de öppnade vardagsrumsfönstret.

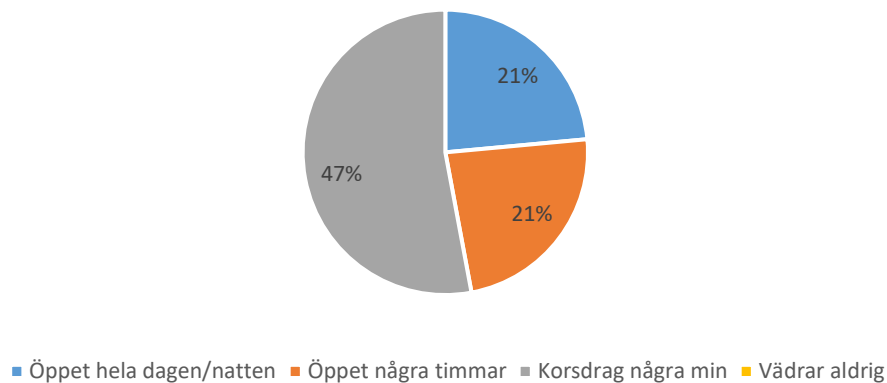


Figur 5.2 – Resultat från fråga 12 från enkäterna. På denna fråga har totalt 18 personer svarat.

På denna fråga svarar 33% att de öppnar ungefär en gång i veckan under uppvärmningssäsongen. 28% har svarat att de öppnat någon gång i månaden respektive dagligen+.



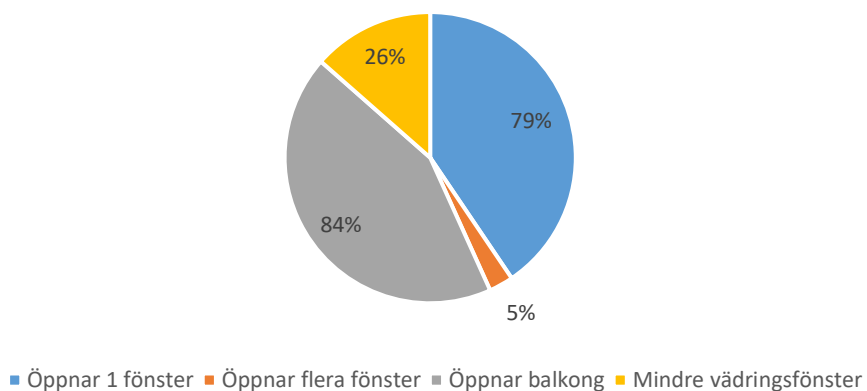
### 13. När det vädras sker det oftast genom att...?



Figur 5.3 - Resultat från fråga 13 från enkäterna. På denna fråga har totalt 17 personer svarat. Ingen svarade att de aldrig vädrade.

42% öppnar minst några timmar (21%) eller längre (hela dagen/natten) (21%). 47% öppnar med korsdrag några minuter.

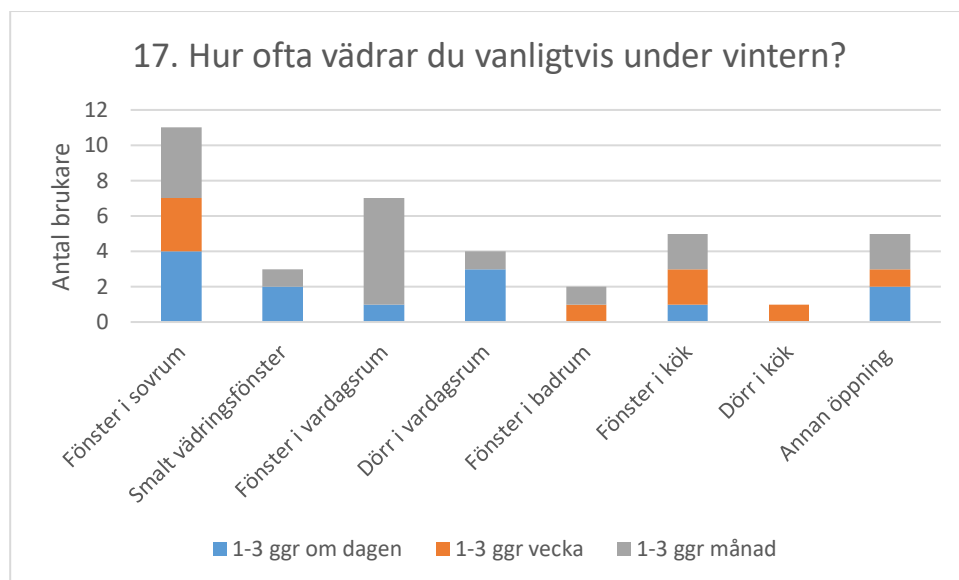
### 14. När du vädrar under uppvärmningssäsongen, brukar du oftast öppna.. ?



Figur 5.4 - Resultat från fråga 14 från enkäterna.

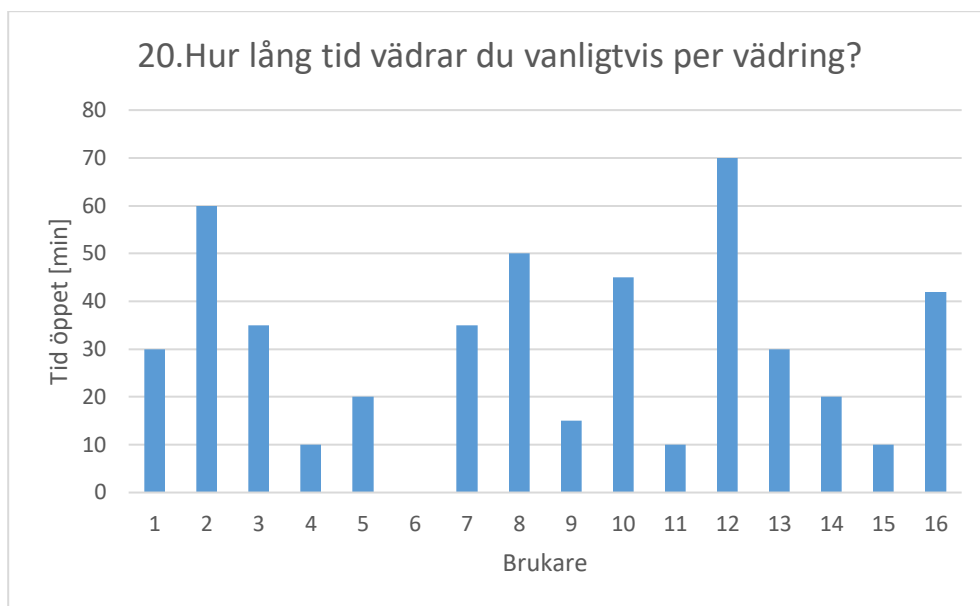
Det är vanligast att man öppnar 1 fönster (79%) eller balkongdörr (84%) under uppvärmningssäsongen.

Nedan presenteras fråga 17, 20 och 21. Fråga 18 och 19 bifogas i bilaga A eftersom de frågorna omfattar sommar och vår/höst. Som tidigare nämnt utelämnas också sommarfallet och vår/höst i fråga 20, bifogas också i bilaga A. Vilka fönster/dörrar som öppnas redovisas inte i fråga 20 utan endast vädringstiden.



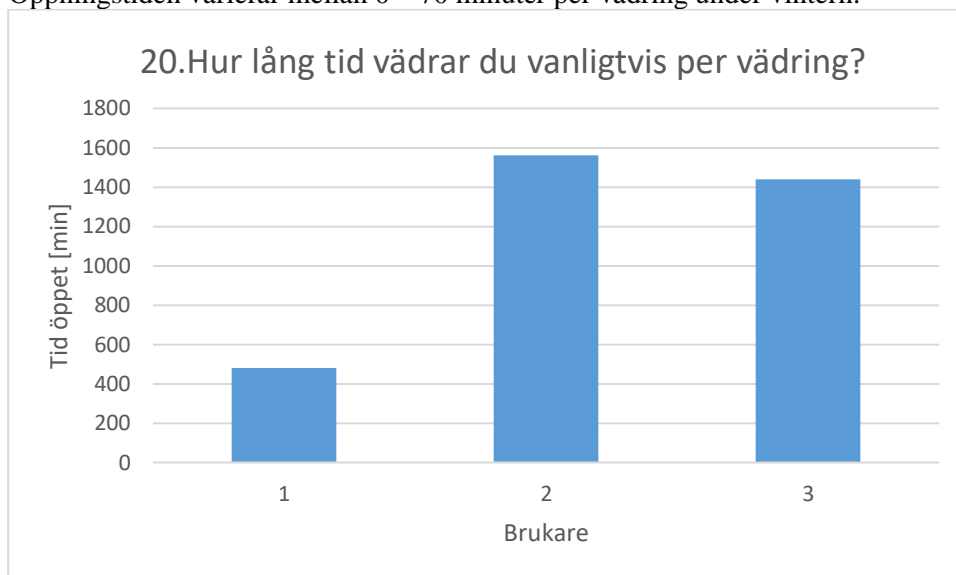
Figur 5.5 - Resultat från fråga 17 från enkäterna.

4 av 11 (36%) öppnar fönster i sovrum 1-3 gånger om dagen under vintern.



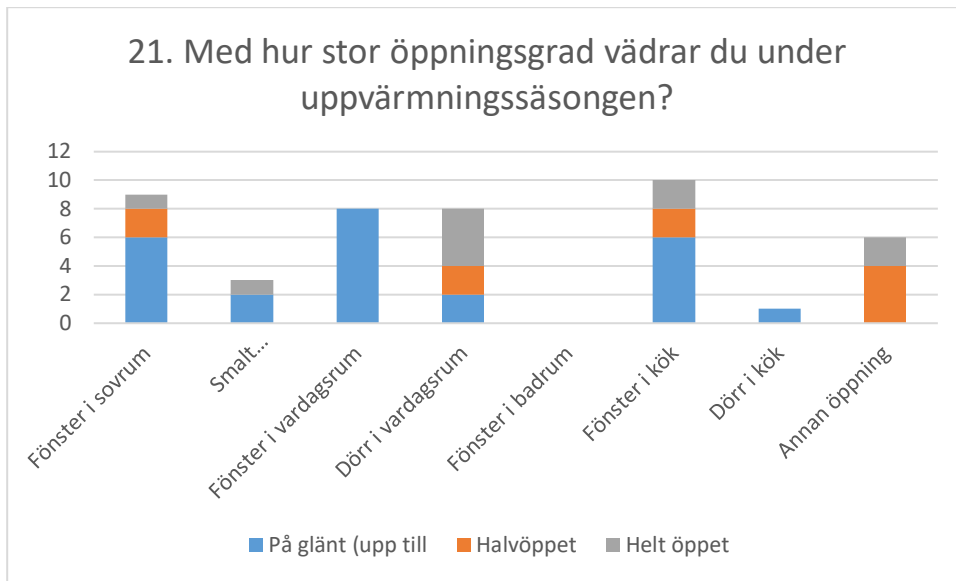
Figur 5.6 - Resultat från vinterfall i fråga 20 från enkäterna. Dessa är resultatet från de 16 brukare som svarade att de vädrade minst.

Öppningstiden varierar mellan 0 – 70 minuter per vädring under vintern.



Figur 5.7 - Resultat från vinterfall i fråga 20 från enkäterna. Dessa är resultat från de tre brukarna som svarade att de vädrade mest.

Fråga 20 delades upp i två diagram eftersom det skiljer sig mycket i storlek. Det var tre brukare som svarade att de vädrade väsentligt mer än vad resterande 16 brukare svarade. Minimivärdet är 0 min, det vill säga att en brukare svarade att den öppnade noll minuter. För att få fram maximivärdet har alla öppningar summerats, det vill säga minuter öppna för varje fönster. Maximivärdet är 1560 min och medelvärdet är 209 minuter.



Figur 5.8 - Resultat från fråga 21 från enkäterna.

4 av 9 (44%) öppnar dörr i vardagsrum helt under uppvärmningssäsongen.

### 5.3 Diskussion

Resultatet från enkätstudien har visat att det skiljer sig mycket mellan de olika brukarna. Både omfattning, frekvens och vädringstid.

Enkätsvaren har även använts till skapande av vädringsscenarier/scheman till energisimuleringen. Att översätta enkätsvaren till praktisk indata visade sig vara en utmaning. Eftersom indata för vädringen dels måste innehålla vilket fönster, hur länge, hur mycket och hur ofta, gör att enkätsvaren hade behövt vara ännu mer detaljerade för att kunna få ett exakt resultat. Dock tror jag inte att enkätsvaren hade kunnat vara mer detaljerade eftersom brukarna antagligen inte hade kunnat svara mer detaljerat, eller inte på den detaljnivån att svaren hade varit hundra procent representativ för verkligheten.

Denna studie har inte undersökt varför man vädrar och när även om detta ingår i den använda enkätstudien. Kan det vara för att man upplever dålig luft eller för hög temperatur, eller helt enkelt att man vädrar som en vana? Anledningen till att man öppnar ett fönster och vädrar skiljer sig nog åt, och hur ofta man vädrar skiljer sig nog åt från dag till dag också. Det är svårt att modellera upp en modell som kräver indata på exakt tid, öppningsgrad och varaktighet på vädringen. Mätningarna som också genomförs i de faktiska bostäderna kommer att ge ett exakt resultat på hur ofta och hur mycket fönsterna öppnas, på de fönsterna som mätutrustningen sitter på.

En viktig sak med enkäterna är också att det är viktigt att brukaren som svarat förstår frågan och förstår svarsalternativen. Men det kan också vara så att svarsalternativen inte är tillräckligt representativa för brukarens upplevelse, och om brukaren då uteblir med

svar eller får sitt svar att överensstämma till svarsalternativen kommer inte svaret stämma överens med verkligheten. Detta ger en osäkerhet hos resultatet.

Enkäternas svar är också insamlade från brukare i olika städer, som har väldigt varierande klimat. Klimatet i Umeå och klimatet i Lund skiljer sig väldigt mycket åt, vilket kanske också kan påverka resultatet. Att brukarna också bor i olika bostäder med olika planlösningar, olika väl fungerande ventilationssystem storlek på lägenheter och fönster kan också spela roll för resultatet.

Utifrån dessa 19 enkätsvaren har det varit möjligt att få en bild över spridningen i vädringsbeteende. Hur väl dessa beteende kan representera alla typer av brukare är svårt att fastställa, eftersom det då hade behövts göra en ännu större enkätundersökning och mätning över fler brukare. Dock visar spridningen att beteende skiljer sig mycket åt redan för de 19 svarande, vilket gör att schablonen om vädringspåslaget kanske inte är representativt för alla typer av brukare. Detta kommer att undersökas vidare i energisimuleringen.



## 6 Beskrivning av indata till energisimulering av fallstudie

*I detta kapitel presenteras den studerade byggnadens egenskaper och hur informationen tagits fram. Det redogörs också hur arbetet i programmet IDA ICE har genomförts och vilka antaganden som har gjorts.*

### 6.1 Metod

En fallstudie utfördes för att kunna studera hur brukarbeteende kan påverka energianvändningen i flerbostadshus. Byggnaden modellerades upp i simuleringsprogrammet IDA ICE som står för IDA Indoor Climate and Energy. Det är ett dynamiskt simuleringsverktyg där man kan analysera en byggnads prestanda. Programmet fokuserar på energianvändningen och den termiska komforten i byggnader.

Indata till byggnaden och simuleringsfallen samt hur dessa har tagits fram sammanställs i detta avsnitt. Det presenteras även hur byggnaden och dess indata hanterats i programmet IDA ICE.

### 6.2 Byggnadsbeskrivning

Byggnaden som studerades är beläget i Lund. Det är ett flerbostadshus byggt 1977 med fyra våningar och tre lägenheter på varje våningsplan. Planritningarna för våningsplanen är identiska, där samtliga lägenheter har två rum och kök. Byggnaden är inte utrustad med hiss utan har endast ett trapphus. Alla våningar förutom bottenplan har balkong i söderläge från vardagsrummet. Uppvärmningssystemet i byggnaden är fjärrvärme med radiatorer.

Ventilationssystemet i byggnaden är mekanisk frånluft där tilluften kommer in genom uteluftsventiler i sovrum och vardagsrum. Frånluftsdon är placerade i kök och badrum.

#### 6.2.1 Konstruktion

Ritningar över byggnaden hämtades från ritningsarkivet på Lunds kommuns hemsida. Där är ritningarna inskannade från när hela området byggdes. Enligt konstruktionsritningarna från byggnaden är väggarna på gavelfasaden våning 1–3 uppbyggda enligt figur 4.1. Våning fyra på gavlarna är samma som övriga väggkonstruktionen längs långsidorna. Denna konstruktion är enligt figur 6.1. Det beräknade U-värdet på betongväggen enligt handberäkningar är  $0,35 \text{ W/m}^2$ , K. Tjockleken på väggen är 0,36 meter.



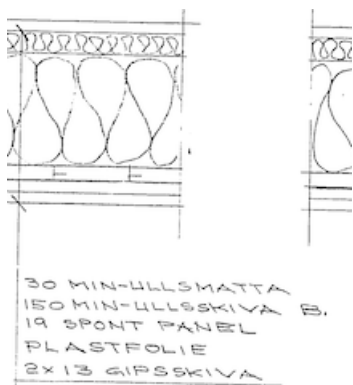
Figur 6.1 - Vägghkonstruktion gavelfasad, våning 1-3

Det beräknade U-värdet på träregelväggen enligt handberäkningar är  $0,34 \text{ W/m}^2, \text{K}$  med en tjocklek på  $0,285$  meter. Denna konstruktion är enligt figur 6.2.



Figur 6.2 - Vägghkonstruktion på långfasad samt våning 4 på gavlarna.

Lägenhetsavskiljande väggarna i byggnaden är konstruerade med gipsskivor och regler med mineralull. Väggarna i lägenheterna är gips med regler mellan. Taket är uppbyggt enligt figur 6.3. Det beräknade U-värdet är  $0,19 \text{ W/m}^2, \text{K}$ .



Figur 6.3 - Takkonstruktion

Eftersom ingen omfattande renovering av fönsterna har skett sedan byggnaden uppfördes 1977 antas fönsterna ha ett U-värde på  $2,6 \text{ W/m}^2, \text{K}$ . Byggnaden har även en källare men den kommer inte att inkluderas i denna modell. Eftersom denna studie kommer att jämföra olika simuleringsfall kommer inte exkluderingen av källaren påverka resultatet. Det som kan skilja sig i simuleringarna är de faktiska mätningarna eftersom dessa är baserade på det verkliga huset, så det får tas i beaktning när resultatet studeras. Huset antas därför i modellen ha en platta på mark av  $0,240$  m betong utan isolering. Sammanfattning av klimatskalets U-värde presenteras i tabell



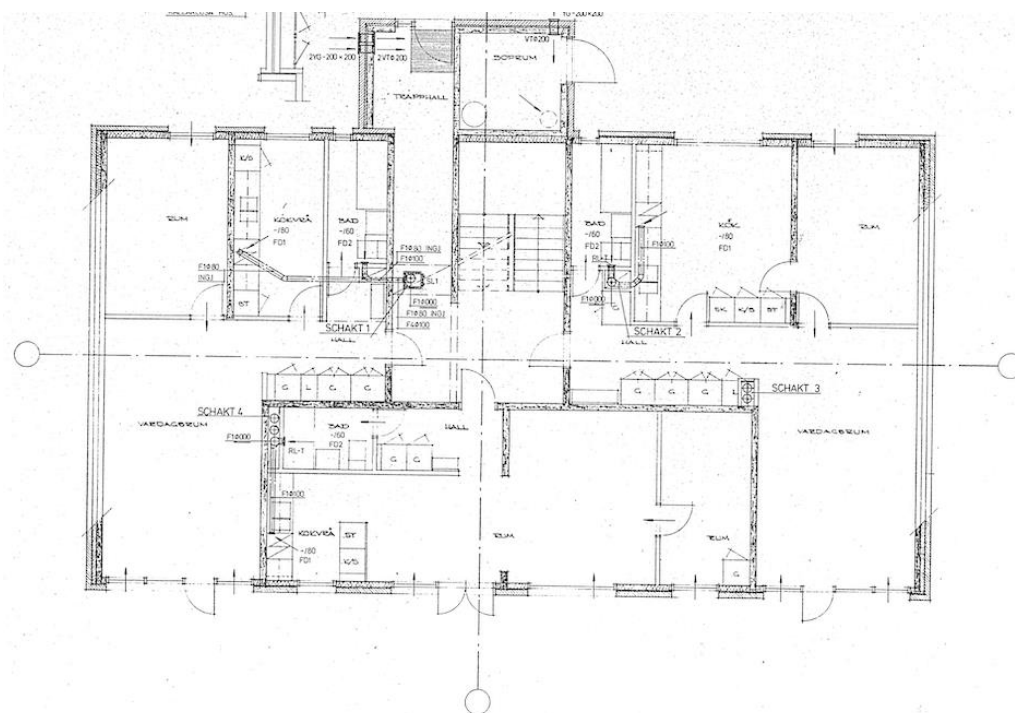
Tabell 6.1 - U-värde på byggnadens klimatskal.

Konstruktion	U-värde [ $W/m^2, K$ ]
Yttervägg Betong	0,33
Yttervägg Träreglar	0,34
Platta på mark	3,2
Tak	0,19
Fönster	2,6

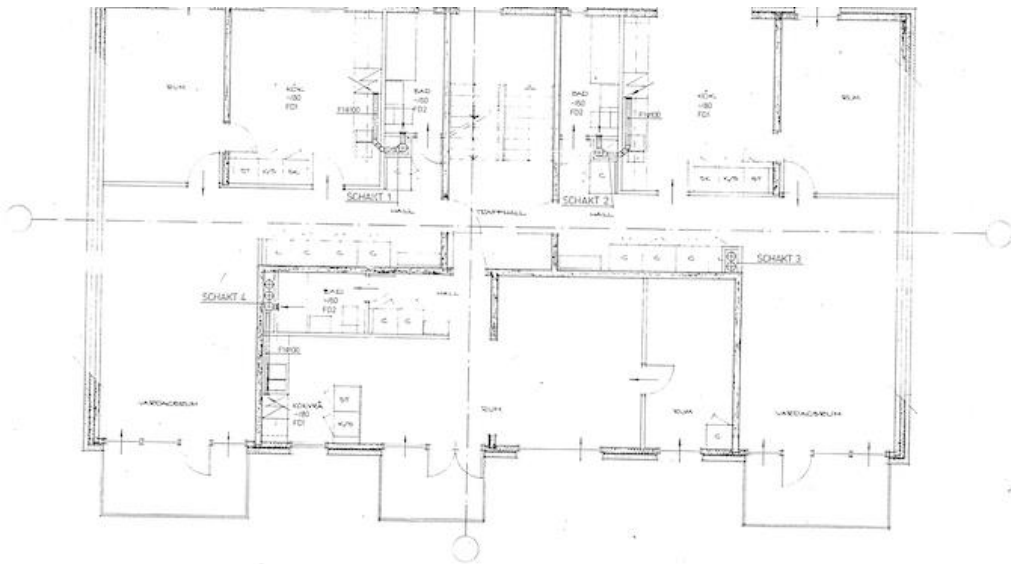
Beräkningen av köldbryggorna har förenklats i denna studie på grund av att det inte ansågs vara nödvändigt att göra utförliga beräkningar av köldbryggorna. Därför gjordes en bedömning om att cirka 20 procent av värmeförlusterna skulle bero på köldbryggor.

## 6.2.2 Planritning

I figur 6.4 visas planlösning för byggnadens bottenplan och i figur 6.5 visas planlösning på övriga våningsplan.



Figur 6.4 – Planlösning för byggnadens bottenplan.



Figur 6.5 - Planlösning för byggnaden övriga våningsplan.

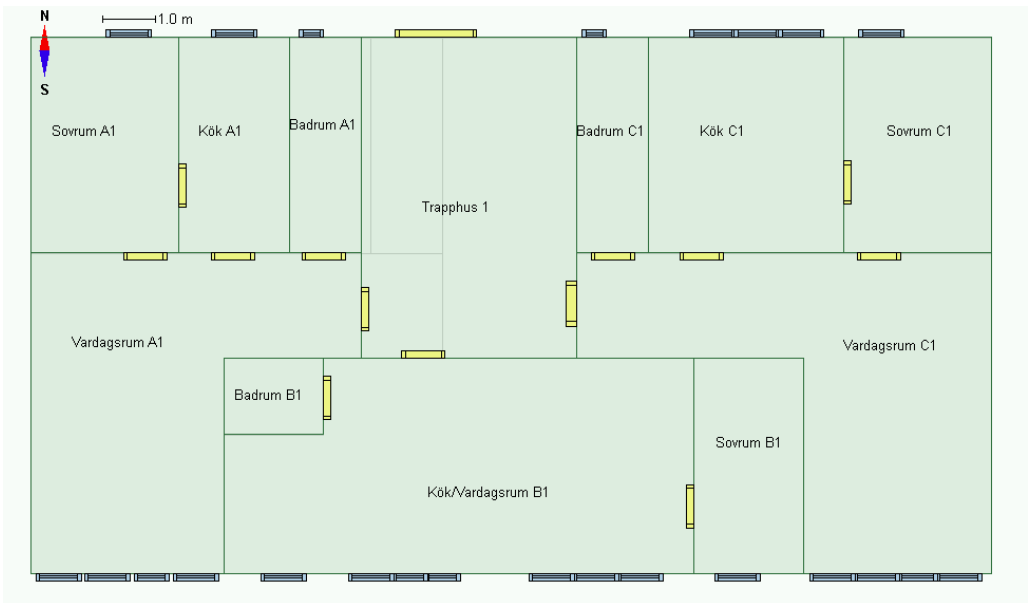
## 6.3 IDA ICE

### 6.3.1 Energisimuleringsmodell

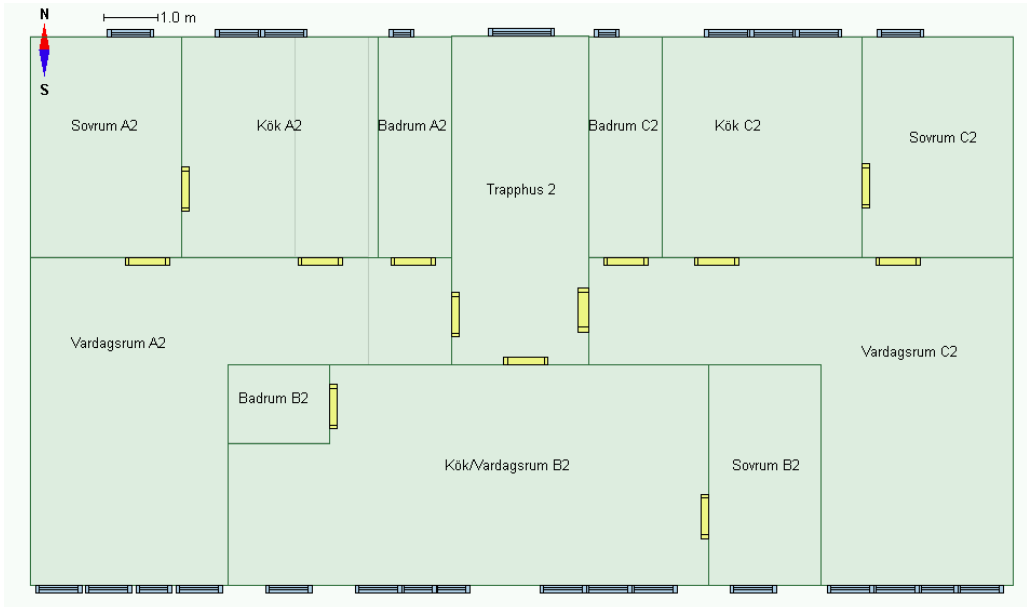
På grund av brist på information, begränsningar i programmet eller för att inte få en allt för omfattande modell krävdes det att vissa förenklingar i modellen gjordes. Eftersom det är vädring som främst ska undersökas delades varje enskild lägenhet upp så att varje rum får en egen zon. Vissa lägenheter hade öppna planlösningar och då utgjorde dessa en sammanhängande zon. Plan ett skiljer sig i planlösning gentemot plan två-fyra så därför modellerades endast ett och två. Plan två kopierades sedan till plan tre och plan fyra. Eftersom den östra gavelsidan är vägg i vägg med en annan byggnad antas denna inte ha kontakt med uteklimatet och modelleras därför utan värmeförlust. Balkongerna inkluderades i modellen eftersom dessa kan utgöra ett visst solskydd. I figur 6.4 visas byggnadens 3D-vy från IDA ICE. I figur 6.5 och 6.6 visas planlösningen för plan ett och resterande plan från modellen. Det utstickande trapphuset och soprum är inte med i modellen då det antas inte ha någon betydelse för resultatet.



Figur 6.6 - Bild från 3D-vy från IDA ICE.



Figur 6.7 - Planlösning för plan 1 i byggnaden och zonindelning i IDA-ICE.



Figur 6.8 - Planlösning för plan 2–4 i byggnaden och zonindelning i IDA-ICE.

Byggnaden har tre lägenheter på alla våningsplan. På plan ett är det endast en lägenhet som skiljer sig från de övriga våningsplanen så därför blir det fyra olika lägenhetstyper. Dessa lägenhetsers  $A_{temp}$  sammanställs i tabell 6.2. Lägenhet A och C är lika stora. Total  $A_{temp}$  för byggnaden är 923,3 m<sup>2</sup>.

Tabell 6.2 - Sammanställning av  $A_{temp}$  från samtliga lägenhetstyper.

Lägenhetstyp	$A_{temp}$ [m <sup>2</sup> ]
Lgh A	62,2
Lgh B	44,9
Lgh C	62,2
Lgh A1	52,9

### 6.3.2 Konstruktion

Vid modellering i IDA ICE valdes konstruktionsmaterial ut för att motsvara lambdavärdet (värmeledningsförmågan) samt värmekapaciteten på de verkliga materialen. Eftersom det inte finns vetskap om materialens verkliga kvalitet och egenskaper så kan verkligheten skilja sig från modellen. I tabell 6.1 sammanfattas klimatskalets U-värde och det är samma som är inmatade i IDA ICE.

Fönsterna sätts i IDA ICE till två-glasfönster med ett U-värde på 2,6 W/m<sup>2</sup>, K och g-värde på 0,73. Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficient för modellen,  $U_m$ , enligt IDA ICE är 0,82 W/m<sup>2</sup>, K.

### 6.3.3 Klimatdata och solavskärmning

Klimatfilen som användes för modellen i IDA ICE avser normalårsperioden 1991-2020 från Svebys klimatdata. Klimatfilen innehåller information om molntäthet, vindhastighet, vindriktning, luftfuktighet, lufttemperatur och solinstrålning. För att återspegla husets verkliga placering valdes vindprofilen till "Suburban" eftersom det inte ligger i Lund Centrum utan lite utanför.

Huset är beläget i ett bostadsområde med flera intilliggande hus. Huset är vägg i vägg till ett annat i öster fasaden. Åt söder och väst ligger det hus som till viss del avskärmar av solen. Detta hanteras genom att i modellen ha solavskärmade skivor med noll procent transparens, se figur 6.9.

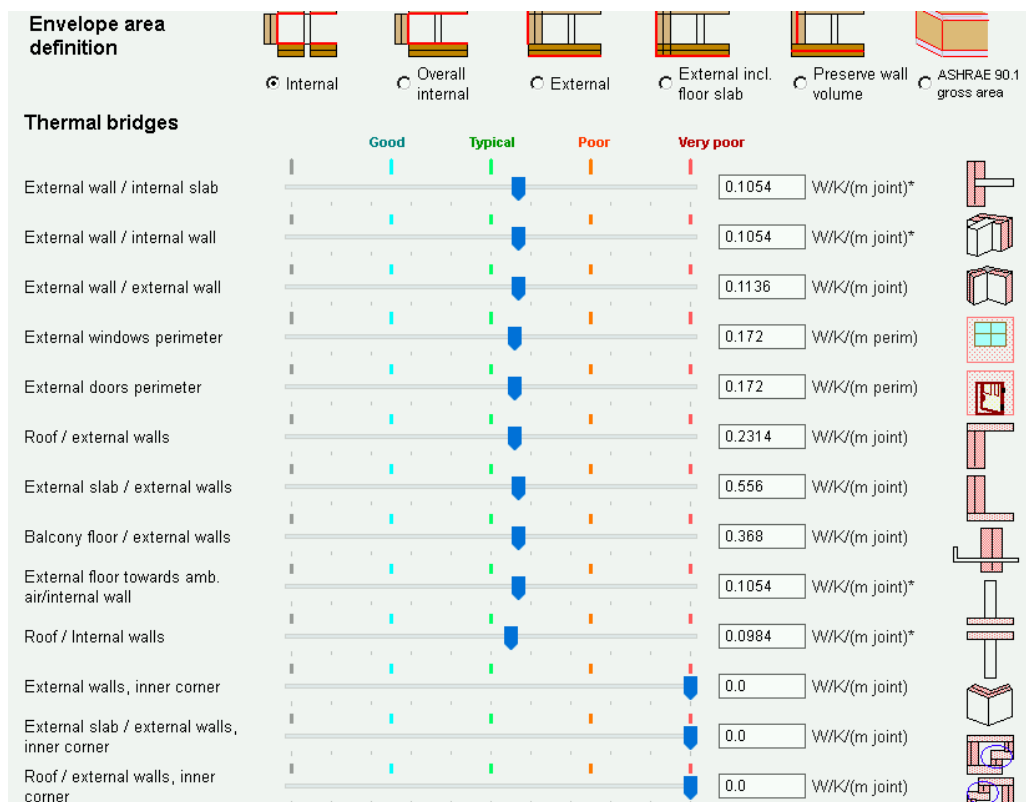


Figur 6.9 - 3D-vy över modellen i IDA ICE med solavskärmade plank.

Solavskärmning i fönsterna sattes till 0,71 enligt BEN 2, se tabell 2.1. Detta eftersom detta värde inte anses ha någon väsentlig betydelse för denna studie.

### 6.3.4 Köldbryggor

Beräkningen av köldbryggorna har förenklats i denna studie på grund av att det inte ansågs vara nödvändigt att göra utförliga beräkningar av köldbryggorna. Därför gjordes en bedömning om att cirka 20 procent av värmeförlusterna skulle bero på köldbryggor. För att uppnå detta gjordes en iterativ process där värdena för beräkningen av köldbryggorna varierades för att komma upp i cirka 20 procent. I figur 6.10 visas resultatet av köldbryggorna när det var 22,7 procent i IDA ICE, vilket anses vara tillräckligt nära 20%.



Figur 6.10 - Inställning för köldbryggorna i IDA ICE.

### 6.3.5 Uppvärmning

Eftersom byggnaden värms upp av radiatorer med fjärrvärme antas de fiktiva ideal värmare i programmet fungera som dessa. Denna radiator skulle sedan uppfylla hela zonens uppvärmningsbehov. Radiatorernas effekt måste regleras för att inte riskera att effekten ökar orimligt vid vädring till exempel. Radiatorerna regleras på sådant sett att de inte kan värma upp rummet mer än till 21 °C, vilket gör att temperaturen kommer sjunka vid vädring. Radiatorerna regleras eftersom det inte finns information om hur systemet i byggnaden ser ut, hur det styrs eller vilka egenskaper radiatorerna i den verkliga byggnaden har. Temperaturen i varje zon sattes till en innetemperatur på 21°C enligt BEN 2, se tabell 3.1.

### 6.3.6 Internvärme

För att kunna få indata till vilken mängd gratis värme som kan tillgodoräknas användes BEN 2. Eftersom varje lägenhet är 2 rum och kök, så antas det totalt bo 1,63 personer i varje. Dessa 1,63 personerna är fördelade efter kvadratmeter i lägenheterna.

Hushållsenergin antas vara 30 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>, år enligt BEN 2, se tabell 3.1. Detta värde fördelas sedan jämt ut över lägenheternas kvadratmeter. Enligt BBR kan endast 70

procent av hushållsenergin tillgodoräknas så i simuleringarna ställs hushållselen endast in till 70 procent. En sammanställning av dessa värden visas i tabell 6.3.

Tabell 6.3 - Internvärme i samtliga lägenheter. Värden tagna från BEN 2 enligt tabell 3.1.

Lägenhetstyp	A <sub>temp</sub> [m <sup>2</sup> ]	Personer per m <sup>2</sup>	Hushållsenergi per m <sup>2</sup>
Lgh A	62,2	0,026	3,425
Lgh B	44,9	0,036	3,425
Lgh C	62,2	0,026	3,425
Lgh A1	52,9	0,031	3,425

Närvarotiden antas vara enligt BEN 2, se tabell 3.1. Detta är 14 timmar per dygn under hela året. Samtliga rum förutom badrum fick detta schema, då badrum inte antas ha lika frekvent närvaro som övriga rum. Badrum sattes därför på ett schema på 1 timme varje dygn under hela året.

### 6.3.7 Tappvarmvatten

Tappvarmvattnet modellerades inte i IDA ICE simuleringarna. Den värmeavgivningen som tappvarmvattnet kan bidra med försummas därför i energisimuleringen.

### 6.3.8 Ventilation

Ventilationen i byggnaden är ett F-system med mekanisk frånluft. För att få en förenklad modell sätts ventilationen som ett FT-system med tilluft utan förvärmning. Luftflödet för till- och frånluft har antagits till BBR:s krav på minst 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarea. Detta innebär att varje rum har samma till- och frånluft hela året men i verkligheten kommer luften in genom uteluftsventilerna på grund av en tryckskillnad mellan ute och inne. Tilluftssidan sker utan förvärmning, dvs utgör uteluft.

### 6.3.9 Övriga inställningar

Enligt BBR:s byggregler är högsta tillåtna luftläckage 0,6 l/s, m<sup>2</sup> vid en tryckskillnad på 50 Pa. Klimatskalets infiltration sattes till 0,5 l/s, m<sup>2</sup> vid en tryckskillnad på 50 Pa. Eftersom det inte fanns någon information om detta från mätningar eller liknande var detta ett antagande med hänsyn till byggnadens ålder och material.

## 6.4 Vädring

### 6.4.1 Öppningsgrad

Fråga 21 från enkäterna handlar om hur mycket brukarna öppnar fönster eller dörrar, öppningsgraden. Alternativerna är ”på glänt” (0-10 cm), ”halvöppet” (20-50 cm) och ”helt öppet” (mer än 50 cm). För att kunna översätta dessa öppningsgrader till IDA ICE krävs det en justering eftersom i IDA ICE definieras öppningsgrad mellan 0-1, där 0 är stängt och 1 är helt öppet. Eftersom enkäterna har delats ut till brukare i flera olika byggnader med olika storlek och typer av fönster måste en förenkling göras av öppningsgraden.

I examensarbetet ”Undersökning av hur brukarbeteende påverkar energianvändningen i flerbostadshus med FTX-ventilation” har Bertilsson och Zandi (2023) gjort en förenkling av öppningsgraderna för att det ska kunna översättas till IDA ICE. Där har Bertilsson och Zandi räknat på sex olika fönsterstorlekar med diagrammet (se figur 6.1) från Nordquist (1998). Utifrån de sex olika beräkningarna har ett medelvärde tagits fram för varje öppningsgrad, dessa redovisas i tabell 6.5 nedan. Dessa öppningsgradsfaktorer anses vara tillräckligt representativa för denna studie och användes därför. Fönstren i byggnaden som modellerats är 50 cm breda och 1,25 meter höga.

Tabell 6.4 - Öppningsgradsfaktor enligt Bertilsson och Zandi (2023)

Enkät – öppningsgrad	IDA ICE - Öppningsgradsfaktor
På glänt	0,1
Halvöppet	0,4
Helt öppet	1,0

### 6.4.2 Vädringsfall

För att kunna översätta svaren från enkäterna har tre brukare valts ut för att representera hela spannet. En brukare som representerar den som vädrar minst, en brukare som vädrar mest och slutligen en medelbrukare som vädrar mitt emellan dessa två. Tidpunkt för vädringarna är inget som enkäten har innefattat, därför utgår tidpunkterna från resultaten i Rosengartens (2022) studie. Fall F är en kombination av fall A,B och C då varje lägenhet på varje våning blir tilldelade varsitt fall. Sedan har även enkätsvaren från en boende valts ut som ett fjärde fall, fall E, då denna bor i det flerbostadshus som ska modelleras, vilket gör att resultatet kan direkt jämföras mot mätningarna. Detta fall genomfördes tre gånger med lite olika indata för att kunna utveckla analysen. Fall G är mätningarna som har gjorts i byggnaden. Sammanställning visas i tabell 6.6 nedan. Fall A är grundfallet där ingen vädring förekommer, för att kunna jämföra den extra energi som går åt när vädring sker i byggnaden.

Från fråga 17, 18 och 19 har brukarna svarat hur ofta de öppnar de olika fönsterna/balkongdörrarna under året. Där har en viss förenkling behövts göras för att kunna bygga upp vädringsscheman. 1-3 gånger i veckan antas till tre gånger i veckan och 1-3 gånger per månad antas till en gång per vecka då det blir enklast i IDA ICE. Svaren på fråga 20 ”Hur lång tid vädrar du vanligtvis per vädring?” har använts för att bestämma vädringstidens längd för de olika fallen med enkätsvar.



Tabell 6.5 - Sammanställning av vad simuleringsfallen kallas och vad de omfattar.

	Simuleringsfall
Grundfall	A
Minst vädring - enkätsvar	B
Mest vädring - enkätsvar	C
Medel vädring - enkätsvar	D
Boendes enkätsvar vädring	E
Boende vädring	E1
Boende vädring utan balkongdörr	E2
Blandad vädring - enkätsvar	F
Mätningar vädring	G

#### 6.4.2.1 Fall B – Minst vädring

Simuleringsfall B, som den brukaren som vädrar minst, har den enkät valts ut som uppgav att de vädrade allra minst under uppvärmningssäsongen. Eftersom byggnaden som modelleras i denna studie inte har vädringsfönster antogs sovrumsfönstret vara på glänt. I tabell 6.7 redovisas en sammanställning av svaren och vanorna. Vinter är november-mars, vår/höst är september-oktober och sommar är maj-augusti.

Tabell 6.6 - Sammanställning av vädringsdata för simuleringsfall B

Fall B	Vinter	Vår och Höst	Sommar	Öppningsgrad (Vinter/Vår&Höst/Sommar)	Tidpunkt i IDA ICE
Balkongdörr	0 min/dag	0 min/dag	60 min/dag	0/0/1,0	18:00-19:00
Smalt vädringsfönster i sovrum	0 min/dag	0 min/dag	60 min/dag	0/0/0,1	17:00-18:00

### 6.4.2.2 Fall C – Mest vädring

Simuleringsfall C, som den brukaren som vädrar mest har den enkät valts ut som uppgav att den vädrade allra mest under uppvärmningssäsongen. Eftersom byggnaden som modelleras i denna studie inte har vädringsfönster antogs sovrumsfönstret vara på glänt. På frågan om brukaren brukar öppna fönster vid matlagning har denne svarat att vädringsfönstret i köket alltid är öppet, samma antagande som med sovrummet gjordes därför där. På sommaren antas balkongdörren vara öppen mellan 07:00-10:00 och 15:00-22:00.

I tabell 6.8 redovisas en sammanställning av svaren och vanorna.

Tabell 6.7 - Sammanställning av vädringsdata för simuleringsfall C

Fall C	Vinter	Vår och Höst	Sommar	Öppningsgrad (Vinter/Vår&Höst /Sommar)	Tidpunkt i IDA ICE
Smalt vädringsfönster i sovrum	Alltid öppet	Alltid öppet	Alltid öppet	0,1/0,1/0,1	Hela dygnet
Balkongdörr	3x120 min/dag	3x120 min/dag	600 min/dag	0,1/0,1/0,1	8:00-10:00, 14:00-16:00, 20:00-22:00.
Smalt vädringsfönster i kök	Alltid öppet	Alltid öppet	Alltid öppet	0,1/0,1/0,1	Hela dygnet

### 6.4.2.3 Fall D – Medel vädring

Simuleringsfall D, har den enkät valts ut som uppgav att de hade vädringsvanor mellan simuleringsfall B och C. Denna anses representera medelbrukare när det kommer till vädringsvanor. I tabell 6.9 redovisas en sammanställning av svaren och vanorna.

## Vädringsvanor i bostäder

Tabell 6.8 - Sammanställning av vädringsdata för simuleringfall D

Fall D	Vinter	Vår och Höst	Sommar	Öppningsgrad (Vinter/Vår&Höst /Sommar)	Tidpunkt i IDA ICE
Balkongdörr	Tomt?		180 min/dag	0/0/1,0	17:00-20:00
Fönster kök	30 min/dag			0,4/0/0	17:00-17:30
Fönster sovrum	120 min/dag	120 min/dag	120 min/dag	0,4/0,4/0,4	18:00-20:00

### 6.4.2.4 Fall E – Boende vädring

Simuleringsfall E är sammanställt i tabell 6.10 nedan. Dessa svar kommer från en boende i det flerbostadshus som ska modelleras. Utluftventiler i sovrum och vardagsrum har brukaren uppgett inte fungerar och har därför fått instruktioner från fastighetsförvaltaren att fönster i vardagsrum eller sovrum ständigt måste vara lite öppna, därför sätts vardagsrumsfönstret till öppningsgrad 0,1 hela dygnet förutom när det är mer öppet. På sommaren utökas tiderna till 06:00-13:30 och 16:00-23.30.

Tabell 6.9 - Sammanställning av vädringsdata för simuleringfall E

Fall E	Vinter	Vår och Höst	Sommar	Öppningsgrad (Vinter/Vår&Höst/Sommar)	Tidpunkt i IDA ICE
Balkongdörr	2x360 min/dag	2x360 min/dag	2x450 min/dag	0,4/0,4/1,0	06:00-12:00, 16:00-22:00
Fönster vardagsrum			100 min/dag	0,1/0,1/0,1	17:00-18:40
Fönster kök			100 min/dag	0/0/0,4	18:00-19:40
Fönster sovrum	2x360 min/dag	2x360 min/dag	2x450 min/dag	0,1/0,1/0,1	06:00-12:00, 16:00-22:00

#### **6.4.2.5 Fall E1 – Boende vädring**

Ett extra simuleringsfall testas för att se hur skillnaden blir när fönster i vardagsrum ständigt är öppet på en öppningsgrad på 0,01 istället för 0,1. Detta för att ventilationen i modellen fungerar som den ska, så denna vädring blir ett tillskott medans det i verkligheten bidrar till ventilationen. Så detta fall är samma vädringsfall som fall E, samma tider och öppningsgrad, förutom vardagsrumsfönstret som är ständigt öppet på 0,01.

#### **6.4.2.6 Fall E2 – Boende vädring**

Mätningarna över balkongdörren under uppvärmningssäsongen saknas så därför testas ett extra vädringsfall där balkongdörrens öppningar försummas under vintern. Detta för att kunna jämföra resultatet med mätningarna bättre. I övrigt är det samma vädringsschema som fall E.

#### **6.4.2.7 Fall F – Blandad vädring**

Fall F är det fallet där de olika lägenheterna har olika vädringsbeteenden. Eftersom det är tre lägenheter på varje våning får en lägenhet vädringsschema fall B, en fall C och en fall D. Detta fall testas eftersom i verkligheten har olika brukare, olika beteenden. Schemat för fall B hittas i tabell 6.7 och schemat för fall C hittas i tabell 6.8. Slutligen hittas vädringsschemat för fall D i tabell 6.9.

#### **6.4.2.8 Fall G – Mätningar vädring**

Mätningar av öppning av fönster och balkongdörrar har genomförts i den studerade lägenheten av Davidsson, Johansson. Magneter har monterats på de fönster och dörrar som öppnas i lägenheten. Dessa mäter öppningsgraden genom att mäta vinkeln mellan sensorn och det jordmagnetiska fältet 1 gång / minut. Mätningarna har för vinterfallet omfattat uppvärmningssäsongen 2023-2024. Utifrån samtliga mätdagar har ett medianvärde på öppningsgraden för varje timme beräknats av Fransson uppdelat för veckodagar respektive helger. En öppningsvinkel på upptill 8 grader har översatts till en öppningsgrad på 0.1. En vädringsprofil över dygnet för respektive fönster/ balkongdörr har tagit fram och redovisas i Diagram 6.1 6.4. Utifrån dessa diagram har även en öppningstid i antal minuter per dygn beräknats baserat på timupplösning. Fall G utgår från mätningar från en lägenhet i flerbostadshuset som har modellerats. Det är en lägenhet som har haft mätutrustning på fönster i kök, vardagsrum, sovrum samt balkongdörr i vardagsrum. Mätningarna ger information om när fönstret har varit öppet och vilken vinkel fönstret är öppet. För att kunna få ett vädringsschema som efterliknar de andra fallen används 50-percentilen för varje timme, det vill säga mittenvärdet på vinkeln för öppningen. Vinklarna som är väldigt små, mindre än 4 grader försummas och antas vara 0 eftersom IDA ICE har svårt att hantera så små vinklar. Vinklar upp till 20 grader antas vara på glänt och vinklar upp till 50 grader antas vara halvöppet.

Mätningarna på balkongdörren har dessvärre blivit fel så värden under uppvärmningssäsongen saknas och antas därför vara stängt. Mätningarna har även delats upp i endast två perioder över året, uppvärmningssäsongen (okt-april) samt sommarhalvåret (maj-sep). Mätningarna är även uppdelade på veckodagar samt helger (lördag och söndag). Vädringsschema visas i diagram 6.1–6.4. En annan avvikelse från enkätsvaren är att fönstret i köket aldrig öppnas och är därför inte med i vädringsschemat. I diagram 6.3 visas vardagsrumsfönster och där är det både vinter och sommar i samma diagram då det under vintern är stängt hela perioden. Detsamma gäller diagram 6.4 för balkongdörren.

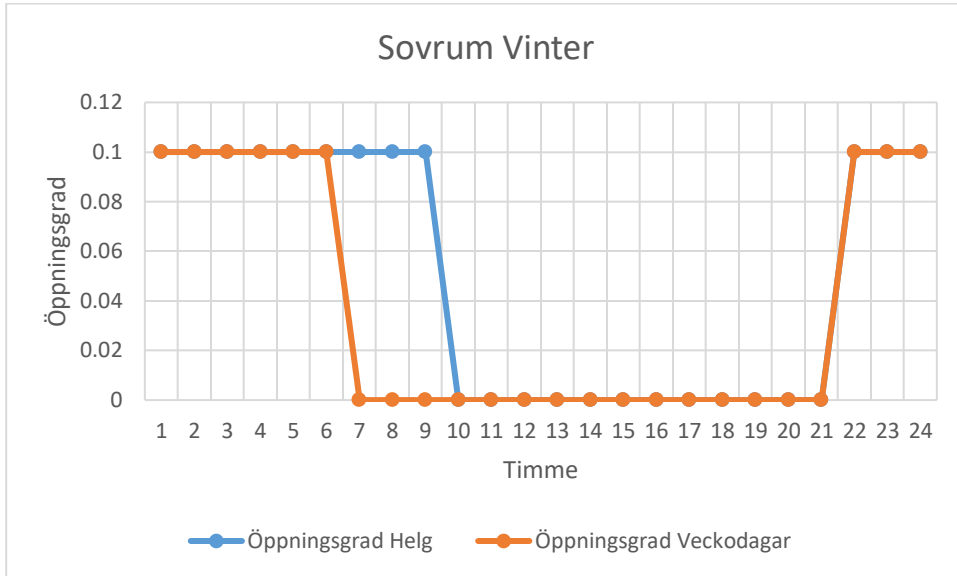


Diagram 6.1 - Vädringsschema för fönster i sovrummet under vintern.

Fönstret i sovrummet är öppet 480 minuter under vintern under veckodagar och 660 minuter under helgen.

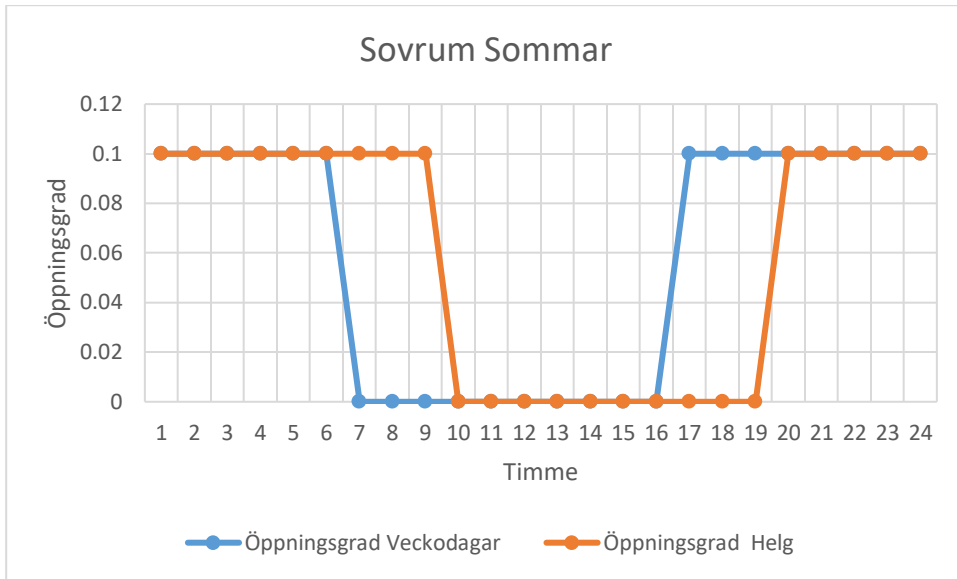


Diagram 6.2 - Vädringsschema för fönster i sovrummet under sommaren.

Fönstret i sovrummet är öppet 780 minuter under sommaren på veckodagar och 780 minuter under helgen förskjutet över dygnet i förhållande till veckodagarna.

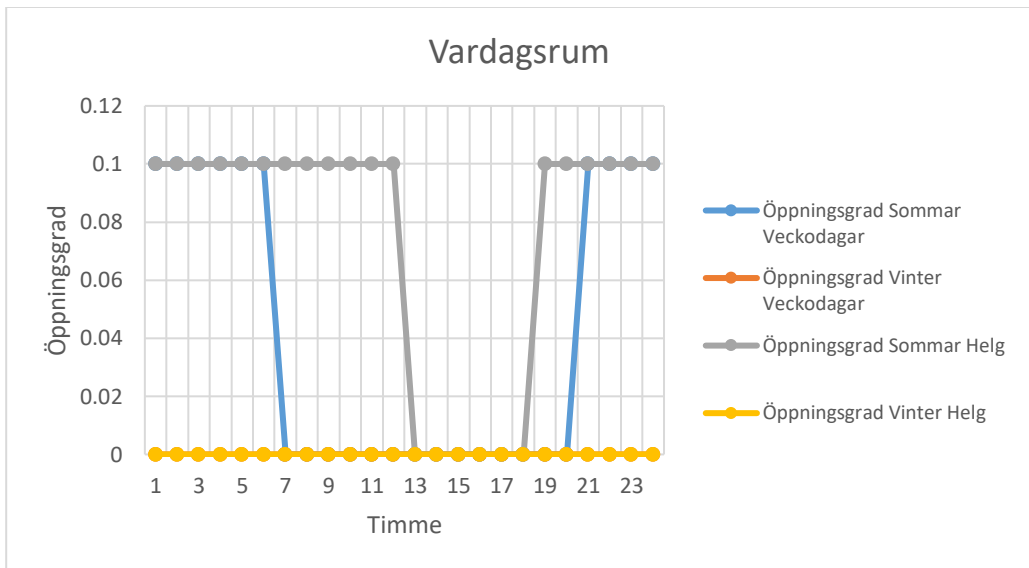


Diagram 6.3 - Vädringsschema för fönster i vardagsrum.

Fönstret i vardagsrummet är stängt under vintern både under veckodagar och helg. Under sommaren är det öppet 480 minuter under veckodagar och 960 minuter under helgen.

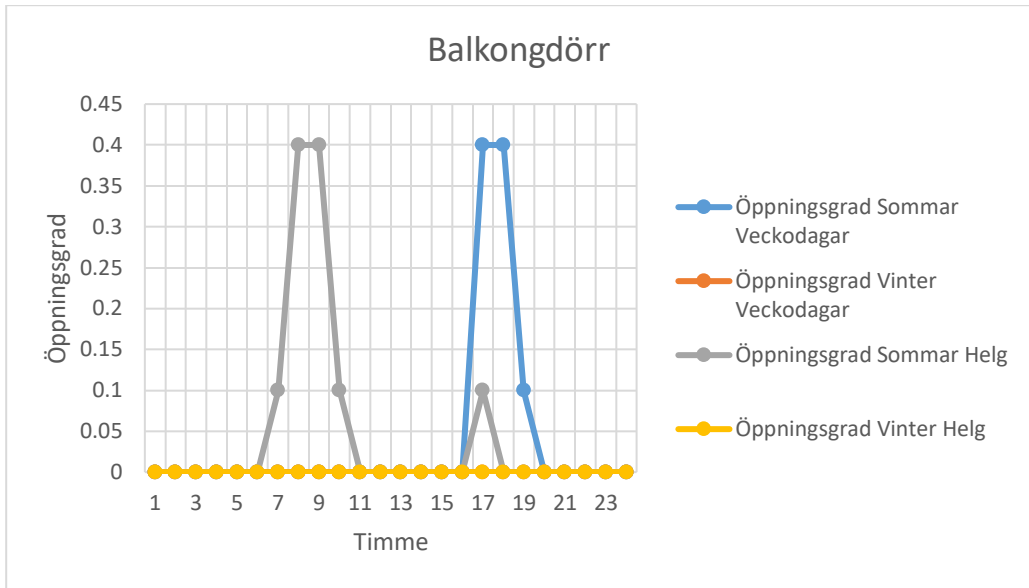


Diagram 6.4 - Vädringsschema för balkongdörren.

Mätdata för balkongdörren saknas under vintern och antas därför konservativt vara stängd i den framtagna vädringsprofilen. Under sommaren har den varit öppen 180 minuter under veckodagarna och 420 minuter under helgen med varierande öppningsgrad.





## 7 Resultat av beräkningar av energianvändningen

I detta kapitel presenteras resultatet utifrån simuleringar i IDA ICE.

Från simuleringen i IDA ICE får man ut värden på den fastighetsel och värmeenergi som byggnaden behöver för uppvärmningen under ett år. I tabell 7.1 presenteras dessa för varje simuleringsfall. I sista kolumnen har summan delats på  $A_{temp}$  för byggnaden. Summan för energianvändningen är utan tappvarmvatten då denna inte anses vara relevant då syftet är att jämföra hur vädringen påverkar energianvändningen. Grundfallet är också utan det rekommenderade vädringspåslaget på  $4 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$ , år.

Tabell 7.1 - Resultat från de olika simuleringsfallen.

Simuleringsfall	Fastighetsel [kWh/år]	Värmeenergi [kWh/år]	Summa [kWh/år]	Summa [kWh/ $A_{temp}$ , år]
A – Grundfall	15 559	82 634	98 193	106
B – Minst vädring	15 559	84 114	99 673	108
C – Mest vädring	15 559	143 276	158 835	172
D – Medel vädring	15 559	94 685	110 244	119
E – Boende vädring	15 559	169 716	185 275	201
E1 - Boende vädring	15 559	145 550	161 109	174
E2 - Boende vädring	15 559	101 382	116 941	127
F – Blandad vädring	15 559	107 344	122 903	133
G – Mätningar	15 559	98 783	114 342	124

För att få fram vilken skillnad i energianvändning de olika vädringarna ger, sammanställs skillnaderna mellan grundfallet (utan vädringspåslag) och de olika simuleringarna i tabell 7.2. Då har grundfallet subtraherats från varje simulering. Den lägsta temperaturen, minimitemperaturen, och vilket rum denna temperatur uppnås redovisas i tabell 7.3. Detta för att kunna diskutera rimligheten i resultatet och enkätsvaren.

Tabell 7.2 - Skillnad i energianvändning mellan de olika simuleringsfallen.

Simuleringsfall	Energianvändning [kWh/ $A_{temp}$ , år ]	Skillnad [kWh/ $A_{temp}$ , år ]
A – Grundfall	106	0
B – Minst vädring	108	2
C – Mest vädring	172	66
D – Medel vädring	119	13
E – Boende vädring	201	94
E1 - Boende vädring	174	68
E2 - Boende vädring	127	20
F – Blandad vädring	133	23

## Vädringsvanor i bostäder

G - Mätning	124	18
-------------	-----	----

' Tabell 7.3 - De lägsta temperaturerna i samtliga simuleringsfall.

Simuleringsfall	Minimitemperatur [C°]	Rum
A – Grundfall	19,46	Trapphus 1
B – Minst vädring	17,9	Vardagsrum B2
C – Mest vädring	7,5	Sovrum C2
D – Medel vädring	11,7	Sovrum B1
E – Boende vädring	5,3	Sovrum B3
E1 - Boende vädring	7,2	Sovrum C2
E2 - Boende vädring	10,6	Sovrum C2
F – Blandad vädring	10,1	Sovrum B1
G – Mätningar	13,8	Sovrum C2

Att det blir så låga temperaturer beror på att radiatorernas effekt max ska klara endast upp till 21 °C. Överlag blir temperaturerna under uppvärmningssäsongen väldigt låg varje dygn under en stor del av dygnet.

## 8 Analys av simuleringsresultat

I detta kapitel analyseras resultaten från simuleringarna.

I samtliga fall har samma hushållsenergi antagits, det vill säga hushållsenergin har inte varierats. Det som varierats i varje simulering är endast vädringsschema på fönster vilket ger ett resultat av hur just vädringen påverkar energianvändningen i detta flerbostadshus. Fall B och Fall C är extremfallen då dessa representerar den brukaren som vädrar minst och den brukaren som vädrar mest. Den totala skillnaden mellan dessa två är 64 kWh/m<sup>2</sup>. Dessa fall visar hur mycket en typ av brukarbeteende av vädring faktiskt kan påverka energianvändningen i en bostad utifrån rapporterad vädring i detta flerbostadshus.

Frekvens och öppningstid är två parametrar som spelar stor roll i de olika vädringsfallen. Fall C som representerar mest vädring har en högre frekvens och en längre öppningstid än vad medelfallet, fall D har. Fall D har större öppningsgrad när det väl vädras. Detta visar på att dessa parametrar påverkar resultatet mest i denna studie.

Skillnaden i energianvändning som presenterades i tabell 8.1 visar på att de olika vädringsbeteenden påverkar energianvändningen mycket i denna studie. I tabell 8.1 finns en sammanställning av skillnaderna om grundfallet har det rekommenderade vädringspåslaget på 4 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>, år.

Tabell 8.1 - Skillnad i energianvändning mellan de olika simuleringsfallen med vädringspåslaget på fall A som är grundfallet.

Simuleringsfall	Energianvändning [kWh/A <sub>temp</sub> , år]	Skillnad [kWh/A <sub>temp</sub> , år]	Procentuell skillnad [%]
A – Grundfall	110	0	0
B – Minst vädring	108	-2	-2
C – Mest vädring	172	62	56
D – Medel vädring	119	9	8
E – Boende vädring	201	90	82
E1 - Boende vädring	174	68	58
E2 - Boende vädring	127	16	15
F – Blandad vädring	133	23	21
G – Mätningar	124	14	12

Grundfallet med vädringspåslag är 110 kWh/A<sub>temp</sub>, år, vilket inte skiljer sig så mycket åt den brukaren som vädrar minst. Skillnaden mellan medel och grundfall är 13 kWh/A<sub>temp</sub>, år vilket är tre gånger så mycket som vädringspåslaget på 4 kWh/A<sub>temp</sub>, år. Dock är skillnaden mellan den brukaren som vädrar mest och grundfallet markant högre vilket visar att boendes beteende kan påverka stort. Fall F som är det simuleringsfall som har tre typer av vädringsbeteende har en skillnad på 23 kWh/A<sub>temp</sub>, år, vilket är en stor skillnad från vädringspåslaget.

Fall E är det fallet som skiljer sig mest från grundfallet. Brukaren från fall E har uppgett att denne vädrar betydligt mer än vad medelbrukaren från enkäterna gör. Balkongdörren

och sovrumsfönstret har både en högre frekvens och öppningstid, vilket gör att dessa står öppna en längre tid vid varje öppning. I fall E är det brukaren som bor i den byggnaden som har modellerats, där fastighetsförvaltaren har meddelat att uteluftsventilerna inte fungerar som de ska och därför ska sovrums alternativ vardagsrumsfönster alltid vara lite på glänt. Detta påverkar resultatet eftersom i modellen fungerar ventilationen som den ska, vilket gör att denna vädring blir extra utöver ventilationen.

Resultatet från simulering G, som hade vädringsschema från mätningarna skiljer sig 74 kWh/A<sub>temp</sub>, år från fall E. Egentligen är det fall E2 som bäst representerar verkligheten eftersom det visade sig att inget fönster var öppet dygnet runt. Fall E2 där balkongdörren är försummad under vintern skiljer sig det endast 3 kWh/A<sub>temp</sub>, år. Detta visar på att skillnaden mellan enkätsvar och mätningar nästan inte skiljer sig alls. Eftersom enkäterna inte hanterar veckodagar och helger separat går det inte att jämföra dessa, men veckodagarna är majoritet så därför utgår analysen från dessa. I enkäten har brukaren svarat att den inte öppnar med än 0,4 vilket stämmer väl överens med mätningarna, eftersom fönsterna eller balkongdörren inte är öppna mer än 0,4 i öppningsgrad. Dock är inget av fönsterna sovrums eller vardagsrum ständigt öppet, utan mitt på dagen både på veckodagarna och helger är samtliga fönster stängda. Detta skiljer sig från enkäten eftersom där har brukaren angett att något fönster ständigt står på glänt. Eftersom det är en liten skillnad mellan mätning och enkätsvar kan det vara det som påverkar den lilla skillnaden.

Brukaren som är boende i det flerbostadshus som har modellerats har också uppgett att köksfönstret öppnas under sommaren men enligt mätningarna öppnas detta fönster aldrig. Sovrumsfönstret är enligt mätningarna öppet 840 min/dag under sommaren och enligt enkäten var sovrumsfönstret öppet 900 min/dag under sommaren vilket stämmer väl överens med varandra. Vardagsrumsfönstret är stängt hela vintern enligt mätningarna, men under sommaren öppet på glänt 600 min/dag. Detta är inte helt överensstämmande med enkätsvaren. Att det inte öppnas under vinter stämmer, om man bortser från uppgiften att ett fönster står på glänt hela tiden. Eftersom brukaren uppgav att ett av fönsterna, i vardagsrum eller sovrums ska vara på glänt hela tiden betyder det att det är mer troligt att det är sovrumsfönstret som öppnas när ventilationen antas vara otillräcklig eftersom det fönstret är öppet både under sommaren och vintern.

Balkongdörrens öppningstid under vintern går inte att analysera eftersom det inte finns mätdata från det. Sommaren skiljer sig dock en del från vad brukaren har uppgett i enkätsvaren. Under sommaren har brukaren uppgett att den vädrar 900 min/dag men enligt mätningarna öppnas balkongdörren bara 180 min/dag. Detta är en stor skillnad, trots det blir inte skillnaden i värmeenergianvändning per år så stor eftersom värmeenergiebehovet endast uppstår under vintern.

## 9 Diskussion

Resultatet av samtliga simuleringar visar att olika vädringsbeteende kan påverka flerbostadshusets energianvändning över ett år väldigt mycket. I denna studie testades både att alla i byggnaden har samma vädringsbeteende och att det var blandade beteenden i olika lägenheter. Simuleringsfallet där alla boende antas ha mest vädring är enligt enkäternas svar inte riktigt en återspeglning av verkligheten att alla boende i alla lägenheter i ett flerbostadshus har ett vädringsbeteende som representerar den som vädrar mest eftersom det är få som uppgett att de vädrar så mycket. Fallet visar dock på hur stor påverkan det kan ha i en bostad för de som vädrar mycket. Dock är gruppen som har svarat som den brukaren som vädrar minst fler, vilket gör att det simuleringsfallet kanske är lite närmre verkligheten. Medelbrukaren är närmare den brukare som vädrar minst än vad den är som vädrar mest, vilket tyder på att den mesta vädringen är en ytterlighet och inte så vanlig i denna målgrupp som har svarat på enkäterna. I simuleringsfallet där de olika brukarna, den mesta, den minsta och medelbrukaren tilldelades varsin lägenhet på varje våning blir kanske därför också inte riktigt en representativ bild av verkligheten eftersom fördelningen i verkligheten istället hade varit att det var flest medelbrukare och få minsta och mesta. Enkätsvaren från de 19 bostäderna visar också på en spridning i vädringsbeteende.

Utifrån resultatet från simuleringarna kan några parametrar diskuteras utifrån modellen i IDA ICE. Eftersom det är en modell fungerar byggnaden optimalt och tar inte hänsyn till eventuella brister i material eller system. Att ha ett fönster konstant öppet på grund av att tilluftsventilerna inte fungerar kanske är en nödvändighet i verkligheten, medan det i programmet blir ett tillskott med luft.

Hur väl en brukare egentligen kan uppskatta sina vädringsvanor i en enkät är något som har undersökts. Utifrån analysen av brukaren som bor i det flerbostadshus som har modellerats så skiljer sig mätningarna lite utifrån enkätsvaren. Vad som ska tas i beaktning är också tolkningen av enkäterna. Både tolkningen av brukarna som har svarat på enkäterna, samt tolkningen av den som tar del av svaren. Att skapa en fast vädringsprofil utifrån enkäterna visade sig vara svårt, eftersom ett schema har fasta tider, öppningsgrad samt vilken dag. Detta är något som i verkligheten kanske skiljer sig åt vecka till vecka. Det har också varit svårt att tolka till exempel frågan från enkäten "Brukar du öppna något fönster/vädringsfönster vid matlagning?" eftersom hur man tolkar ordet brukar är högst individuellt.

I denna studie har det visat sig vara svårt att översätta en verklig öppningsgrad till IDA ICE. Eftersom det i mätningarna visas som öppningsvinkel och i IDA ICE visas som procent av öppningen, det vill säga inte en vinkel utan en luftspringa. Om öppningsvinkeln är liten behöver det inte i verkligheten betyda att det blir ett fritt insläpp av luft, eftersom fönsterkarmen blockerar luften. Detta är svårt att modellera i programmet, och därför blir det kanske mer vädring än vad det är i verkligheten. Det hade man kunnat testa om man undersökte den verkliga energianvändningen på byggnaden och samtliga lägenheter hade utrustats med mätinstrument på sina fönster.

Om man ska svara på en enkät om vädring och kunna skapa ett vädringsschema utifrån det känns det viktigt att ta reda på varför man vädrar. Om det blåser väldigt mycket ute öppnar man kanske inte fönstret. Analysen av minitemperaturerna i lägenheterna visar att de blir orimligt låga i flera av simuleringarna. Vid analys av resultaten visar det sig att temperaturerna i rummen blir väldigt låga, vissa ner till under 10 °C. Att temperaturerna kan bli så låga är för att radiatorerna har satts till en maxeffekt enligt grundfallet. De har dimensionerats vid en max innetemperatur på 21 C. Detta kan vara lite lågt. Ett annat sätt att hantera detta på skulle kunnat vara att höja max effekten. Inomhustemperaturerna hade då inte blivit så låga, vilket troligen hade varit närmre verkligheten. Energianvändningen hade blivit högre, dvs beräkningarna ligger på säkra sidan när det gäller värmebehovet. Att vädringen bidrar till så låga temperaturer kan bero på att programmet hanterar öppningen som en procentuell öppning av höjden och bredden. Det gör att det blir fritt insläpp av luft genom öppningen, vilket det i verkligheten inte blir om det till exempel är ett sidohängt fönster. Detta kan ha påverkat resultatet eftersom det blir mer luftinsläpp än vad det i verkligheten blir.

Att det i fall E vädras så mycket att temperaturen går ner till 5 °C är orimligt eftersom det är en så pass låg temperatur, rekommendationen från Boverket, BEN 2, är 21 °C. Det är temperaturer som ingen bör ha i sin bostad. Om man vädrar så pass mycket kanske det kan bero på att inomhusluften upplevs dålig, eller att ventilationen inte fungerar som den ska. Fungerar inte ventilationen som den ska kan vädringen fungera som ventilation och därför kanske inte ge upphov till så pass låga temperaturer. Kanske är det egentligen orimligt att skapa vädringsprofiler eftersom vädring är något som skiljer sig mycket beroende på andra faktorer. Kanske är vädring kopplat till att ventilationen är otillräckligt eller att innetemperaturen upplevs för hög? Detta är inget som testas i denna studie och denna modell, eftersom denna modell har en fungerande ventilation.

### 9.1 Felkällor

I simuleringsmodellen i IDA ICE har några saker förenklats vilket kan ge upphov till att modellen inte helt stämmer överens med verkligheten och därför inte har samma energianvändning. Om man ska jämföra denna modell med den verkliga byggnaden och anta dess energianvändning utifrån modellen ska man vara medveten om förenklningarna som har gjorts, framgår i avsnitt 6.3. En stor osäkerhet kring IDA ICE är som nämnts öppningsgraden på fönsterna. Eventuella fel i beräkningen från IDA ICE kan vara en felkälla eftersom det har antagits att programmet har gjort korrekta beräkningar.

## 9.2 Fortsatta studier

Ett förslag till fortsatta studier är varför man vädrar. Vad är anledningen till att man öppnar ett fönster eller dörr? Är det på grund av ett dåligt inomhusklimat eller är det bara på grund av vana? Enkäterna som använts i denna studie har några frågor även om det, men det behandlas inte i denna studie. Det hade kunnat vara intressant att jämföra vädringsbeteenden mellan olika årstider och anledningen till varför det är skillnad på det också.

Denna studie behandlar inte vad som egentligen påverkar mest i energianvändning, är det frekvens, öppningstid eller öppningsgrad på vädringen? Det hade varit intressant med en djupare studie på vilken parameter som påverkar energianvändningen mest.





## 10 Slutsatser

Resultatet från enkätstudien visar på att dessa 19 olika brukare uppger att de vädrar väldigt olika. Den brukaren som vädrar minst i enkäterna vädrar väsentligt mycket mindre än vad den brukaren som vädrar mest gör. Det visar på att många brukare kan ha väldigt olika typer av vädringsbeteende. I denna studie jämfördes en brukares enkätsvar med mätningarna, vilket överensstämde rätt så väl i energianvändningen under ett år.

En annan slutsats är att det i denna studie är svårt att bygga rimliga vädringsprofiler utifrån enkäterna. Det har varit svårt att verifiera om tolkningen av enkätsvaren är korrekta utifrån vad brukarna egentligen har menat i sina enkätsvar.

Resultatet från denna studie visar att de olika vädringsbeteenden påverkar energianvändningen i flerbostadshuset som har modellerats. Eftersom inga andra parametrar ändrades i de olika simuleringsfallen är det endast vädringen som påverkat skillnaden i energianvändning. Det visade sig vara väldigt stor skillnad på energianvändningen under ett år mellan brukaren som vädrade mycket och grundfallet med vädringspåslag. Detta indikerar på att om en eller flera brukare betar sig på liknande sätt är vädringspåslaget för litet för att spegla verkligheten i detta flerbostadshus.

Slutligen kan en slutsats i denna studie dras om att olika vädringsbeteende påverkar energianvändningen mycket under ett år. Schablonen på 4 kWh/m<sup>2</sup> i denna studie räcker inte för att kunna representera de olika vädringsbeteenden som rapporterats.



## Referenser

Bertilsson E. & Zandi K. (2023). *Undersökning av hur brukarbeteenden påverkar energianvändningen i flerbostadshus med FTX-ventilation – en studie med särskilt fokus på vådring*. Masteruppsats, avdelningen för installationsteknik, Lunds universitet.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9121122&fileId=9121153>

BFS 2017:6. *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och normalår*. Boverket

Boverket (2022). *Primärenergital och byggnadens energiprestanda*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energiushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energi-prestanda/>

Hämtad [2024-04-17]

Boverket (2023). *Ska din byggnad ha en energideklaration?*

<https://www.boverket.se/sv/energuideklaration/energuideklaration/>

Hämtad [2024-01-23]

Boverket (2024a). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/>

Hämtad [2024-01-23]

Boverket (2024b). *Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR*.

[https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf)

Hämtad [2024-01-16]

E2B2 (u.å). *Bättre inomhusmiljö – vådringsvanor i flerfamiljshus*.

<https://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/varme-och-ventilation/fonstervadring-i-nya-och-befintliga-flerfamiljshus/>

Hämtad [2024-02-26]

Folkhälsomyndigheten 2014:17. *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus*. Folkhälsomyndigheten

Folkhälsomyndigheten 2014:18. *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation*. Folkhälsomyndigheten

Forsberg A. & Lind E. (2021). *Spara och slösa: En studie i hur brukare påverkar energianvändningen i plusenergihus*. Masteruppsats, avdelningen för installationsteknik, Lunds universitet.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9058443&fileId=9062642>

Fransson V. (2020). *Prediction of power and energy use in dwellings: Addressing aspects of thermal mass and occupant behaviour* (1 ed.). Doktorsavhandling, institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lunds universitet.

[https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/79528145/Thesis\\_without\\_Papers\\_VF\\_200511.pdf](https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/79528145/Thesis_without_Papers_VF_200511.pdf)

Mattson P., Bernardo R., Johansson M., Warell A. & Ekim Z. (2022). *Förväntningar och handlingar – vägen mot energieffektivt beteende i bostadshus*.

<https://www.e2b2.se/media/dawmejl/slutrapport-49576-1-förväntningar-och-handlingar.pdf>

Hämtad [2024-01-23]

Nordquist, B. (1998). *Vädring i skolor – ett komplement till normal ventilation?*

(Rapport TABK – 98/1014)

Nordquist, B. (2017). *Fördjupad uppföljning av Flagghusen. En studie av inneklimat, ventilationssystem och vädringsbeteende*

(Rapport TVIT – 17/3009).

Rosengarten S., (2022) *Brukares påverkan av energianvändningen i miljonprogramshus – en fallstudie av flerbostadshus i Linero, Lund*. Masteruppsats, avdelningen för installationsteknik, Lunds universitet.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9110840&fileId=9110841>

Sveby (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*. Sida 12

[https://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/brukarindata\\_bostader.pdf](https://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/brukarindata_bostader.pdf)

Hämtad [2024-01-16]

Sveby (u.å) *Om Sveby*. <https://www.sveby.org/om-sveby/>

Hämtad [2024-02-14]

Warfvinge C. & Dahlblom M. (2010) *Projektering av VVS-installationer*. Upplaga 1:12. Lund: Studentlitteratur AB

Rubriken är onummererad! Även detta kapitel börjar på en udda sida = högersida.

## Bilagor

### Bilaga A

