

# The Shape of Things to Come

– Arkitekturens inverkan på energianvändning



LUNDS  
UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Arkitektur och Byggd Miljö / Energi och ByggnadsDesign**

Examensarbete:  
Fredrik Palm  
Robin Pehrsson

© Copyright Fredrik Palm, Robin Pehrsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2010

## Sammanfattning

Titel	The Shape of Things to Come – Arkitekturens inverkan på energianvändning
Författare	Fredrik Palm, Högskoleingenjörsutbildningen i Byggt teknik med Arkitektur vid LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg. Robin Pehrsson, Högskoleingenjörsutbildningen i Byggt teknik med Arkitektur vid LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg.
Handledare	Helena Bülow-Hübe, Thyréns AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Ulrika Hammargren, Skanska Sverige AB.
Delhandledare	Björn Berggren, Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Mikael Fritzon, Skanska Sverige AB.
Examinator	Maria Wall, Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola.
Språk	Svenska och engelska.
Rapport	Examensarbete vid avdelningen Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete med Skanska AB, utfört vårterminen 2010.
Syfte	Examensarbetets syfte är att undersöka hur byggnaders arkitektur inverkar på deras energianvändning.
Metodik	Arbetet har utförts genom en känslighetsanalys med beräkning av energianvändning som matematisk modell – arkitekturen har varierats och övriga parametrar har hållits konstanta. Beräkningen har skett i energisimuleringsprogrammet <i>VIP-Energy</i> .
Resultat	Examensarbetet har resulterat i en manual med riktlinjer för arkitekturens inverkan på energianvändning.

Slutsats Det är möjligt att ta fram riktlinjer för arkitekturens inverkan på energianvändning, samt att generalisera riktlinjerna till allmänna samband.

Nyckelord Arkitektur, Energianvändning, Byggnader, Skanska AB, SXCR, VIP-Energy.

## Summary

Title	The Shape of Things to Come – The impact of architecture on energy use
Author	Fredrik Palm, Bachelor of Science in Civil Engineering specializing in Architecture, LTH School of Engineering. Robin Pehrsson, Bachelor of Science in Civil Engineering specializing in Architecture, LTH School of Engineering.
Main supervisor	Helena Bülow-Hübe, Thyréns AB and Division of Energy and Building Design, Lunds University. Ulrika Hammargren, Skanska Sverige AB.
Second supervisor	Björn Berggren, Skanska Sverige AB and Division of Energy and Building Design, Lunds University. Mikael Fritzon, Skanska Sverige AB.
Examiner	Maria Wall, Division of Energy and Building Design, Lunds University.
Language	Swedish and English.
Report	Bachelor of Science Thesis at the Division of Energy and Building Design, Lunds University in cooperation with Skanska AB, executed spring term 2010.
Aim	The aim for the thesis is to study the impact of architecture on energy use.
Methods	The work has been executed through a sensitivity analysis with calculation of energy use as the mathematical model – the architecture has been varied and all others parameters have been held constant. The calculations have been performed in the energy simulation software <i>VIP-Energy</i> .
Results	The thesis has resulted in a manual with guidelines of the impact of architecture on energy use.

Conclusion

Guidelines of the impact of architecture can be developed and generalized into common relations.

Key words

Architecture, Energy use, Buildings, Skanska AB, SXCR, VIP-Energy.

## Förord

I detta enfaldens tidevarv, då examensarbeten såväl som utbildning i allmänhet, kvalitetsmässigt präglas av en invariabel depravation, anhåller vi, författarna, att vårt föreliggande arbete om inte bryter trenden så i alla fall är undantaget som bevisar regeln. Ledstjärna för vårt göromål de senaste månaderna har liksom alltid varit aforismen ”Varför göra någonting fel, när det går att göra rätt?”, vilket kan ses som ett unikum, inte bara bland studenter, utan även bland lärare och folk i näringslivet. Rentutav kan denna filosofi sägas representera det diametralt motsatta som västvärlden överlag företräder. Genuinitet har i dag blivit en rar företeelse, i ett samhälle där gemene man i all sin omotiverade målmedvetenhet, städse efter minsta motståndets lag, endast simmar på ytan av det oinskränkta medvetandets bottenlösa hav. Djupare begrundan av alltets befängda beskaffenhet har ingen konkurrenskraft gentemot att negligera det uppenbara och att leva alltigenom utan egentlig tankeverksamhet – en imbecill levnadsstil genererar på en likaledes imbecill nivå helt enkelt störst tillfredsställelse till det egna jaget. Följaktligen är vår strävan efter fulländning inte bara en deviation från normen, utan yttermera en akt av sällspord altruism.

Skenbarligen vet vårt fördomande och vår självgodhet inga gränser. Om arbetet infriar de oförbehållsamma orden är dock upp till dig, kära läsare, att avgöra.

Andemening är att det följande, trots utförande under en till omfattningen oproportionerlig tidsrymd, är ett arbete vi till fullo yvas.

Vidare vill vi förära Björn Berggren, Maria Wall, Ulrika Hammargren och alla andra som väglett oss under arbetets gång, samt de personer som ställt upp på intervjuer, ett stort tack. Ett extra stort tack till Mikael Fritzon, som gav oss möjligheten att göra detta examensarbete.

Fredrik Palm och Robin Pehrsson  
Helsingborg, 2010-06-25





# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Syfte</b> .....	<b>2</b>
1.2.1 Problemställning .....	2
<b>1.3 Förutsättningar och avgränsning</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Metodik</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5 Rapportstruktur</b> .....	<b>5</b>
<b>1.6 Målgrupp</b> .....	<b>6</b>
<b>1.7 Referenssystem</b> .....	<b>6</b>
<b>1.8 Terminologi</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Skanska AB</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Konceptet SXCR</b> .....	<b>9</b>
2.1.1 Projektet <i>Single &amp; Multi – Energy</i> .....	9
2.1.2 Plattformer .....	10
<b>3 Teori</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Energianvändning</b> .....	<b>13</b>
3.1.1 Allmänt om beräkning av energianvändning.....	14
3.1.2 Energisimuleringsprogrammet <i>VIP-Energy</i> .....	14
<b>3.2 Arkitektur</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 Sambandet arkitektur–energianvändning</b> .....	<b>18</b>
3.3.1 Allmänt.....	18
3.3.2 Utformningsverktyget <i>EcoDesigner</i> .....	18
<b>4 Empiri</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 Intervjuer</b> .....	<b>21</b>
4.1.1 Arkitekt Ylva Gunterberg .....	21
4.1.2 Trendexperten Göran Hydbom.....	22
4.1.3 Arkitekt Vesa Laukkanen .....	22
4.1.4 Projektutvecklare Jan Pechan.....	23
4.1.5 Arkitekt Johan Sundberg .....	23
4.1.6 Arkitekt Lars-Erik Ulseth.....	24
4.1.7 Arkitekt Kim Utzon.....	25
4.1.8 Arkitekt Mats White .....	25
<b>4.2 Litteratur</b> .....	<b>27</b>
<b>4.3 Studiebesök</b> .....	<b>28</b>
<b>4.4 Intern kommunikation</b> .....	<b>28</b>
<b>5 Känslighetsanalys</b> .....	<b>29</b>
<b>5.1 Parametrar i <i>VIP-Energy</i></b> .....	<b>29</b>
5.1.1 Byggnadsdelar .....	29
5.1.2 Solskydd .....	30
5.1.3 Köldbryggor.....	30

5.1.4	Formfaktorer.....	31
5.1.5	Driftfall.....	31
5.1.6	Klimat och allmänna indata .....	31
5.1.7	Installationssystem .....	32
5.1.8	Ventilationssystem .....	32
<b>5.2</b>	<b>Single Family House – Platform S1 .....</b>	<b>33</b>
5.2.1	Byggnadsdelar .....	33
5.2.2	Solskydd.....	36
5.2.3	Köldbryggor .....	37
5.2.4	Formfaktorer.....	37
5.2.5	Driftfall.....	37
5.2.6	Klimat och allmänna indata .....	38
5.2.7	Installationssystem .....	39
5.2.8	Ventilationssystem .....	39
<b>5.3</b>	<b>Multi Family House – Platform M2 .....</b>	<b>43</b>
5.3.1	Byggnadsdelar .....	43
5.3.2	Solskydd.....	46
5.3.3	Köldbryggor .....	47
5.3.4	Formfaktorer.....	47
5.3.5	Driftfall.....	47
5.3.6	Klimat och allmänna indata .....	48
5.3.7	Installationssystem .....	49
5.3.8	Ventilationssystem .....	49
<b>6</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>Analys .....</b>	<b>55</b>
7.1	Analys av metodik .....	55
7.2	Analys av empiri .....	55
7.3	Analys av resultat .....	56
7.3.1	Allmänt .....	56
7.3.2	Layout och övergripande innehåll .....	56
7.3.3	Allmänt om arkitektur.....	57
7.3.4	Single Family House – Platform S1 .....	58
7.3.4.1	<i>Single 1 – The Reference House .....</i>	<i>58</i>
7.3.4.2	<i>Orientation .....</i>	<i>58</i>
7.3.4.3	<i>Orientation Thermal Bridges .....</i>	<i>58</i>
7.3.4.4	<i>Window Percentage.....</i>	<i>58</i>
7.3.4.5	<i>Window Dimension .....</i>	<i>59</i>
7.3.4.6	<i>Variation of the Reference House .....</i>	<i>59</i>
7.3.4.7	<i>Duplex.....</i>	<i>59</i>
7.3.4.8	<i>Triplex.....</i>	<i>59</i>
7.3.4.9	<i>Row-house.....</i>	<i>59</i>
7.3.4.10	<i>Building Size .....</i>	<i>60</i>

7.3.4.11 Details .....	60
7.3.4.12 Standard Houses .....	60
7.3.5 Multi Family Houses – Platform M2 .....	61
7.3.5.1 Multi 1 – The Reference House .....	61
7.3.5.2 Orientation .....	61
7.3.5.3 Orientation Thermal Bridges .....	61
7.3.5.4 Window Percentage .....	61
7.3.5.5 Window Dimension .....	61
7.3.5.6 Variation of the Reference House .....	61
7.3.5.7 Length .....	61
7.3.5.8 Width .....	61
7.3.5.9 Height .....	62
7.3.5.10 Building Size .....	62
7.3.5.11 Details .....	62
7.3.5.12 Complex .....	62
7.3.6 Arkitektoniska variationer som inte har beaktats .....	62
<b>8 Slutsats .....</b>	<b>65</b>
<b>8.1 Arkitektens inverkan på energianvändning .....</b>	<b>65</b>
<b>9 Diskussion .....</b>	<b>69</b>
<b>10 Förslag på vidare studier .....</b>	<b>71</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>73</b>
<b>Digitala källor .....</b>	<b>73</b>
<b>Tryckta källor .....</b>	<b>75</b>
<b>Muntliga källor .....</b>	<b>76</b>
<b>Multimediala källor .....</b>	<b>76</b>



# 1 Inledning

*I detta kapitel motiveras examensarbetet genom beskrivning av bakomliggande problem. Bakgrunden mynnar ut i arbetets syfte, som följs av dess förutsättningar, avgränsning och metodik. Vidare presenteras formalia såsom målgrupp, rapportstruktur och referenssystem, samt terminologi.*

## 1.1 Bakgrund

“Of all the things I value most of all  
I look upon my earth and feel the warmth”<sup>1</sup>

Mången är de som försökt sätta ord på vad som är av värde i livet. Frågan är dock om någon lyckats bättre än Black Sabbath, när de på låten ”Spiral Architect” från 1973 myntade de två raderna citerade ovan. Innebörden av dessa kan såklart diskuteras, men fritt tolkat skulle den gouterade värme som besjungs kunna symbolisera mänsklighetens och också övrig naturs möjlighet att tillgodose sina behov; en värme utav välmående.

Med denna värdering i åtanke, samt världen betraktad ur ett om inte profant så åtminstone objektivt perspektiv där tid och rum antas existera – vår totala ovetskap om allting alltjämt accepterad – och ödet förkastas, det vill säga att tron på en påverkbar framtid anammas, får bibehållandet av nämnda värme anses angelägen. Detta bibehållande, eller, beroende på vilken världsåskådning betraktaren har, kanske rentav upprättande/återupprättande, kan ses synonymt med begreppet hållbar utveckling.

Stick i stäv med denna utveckling går nutidens förhållningssätt gentemot energi. Jordens befolkning av i dag använder, exkluderat direkt upptag ifrån mat, solstrålning och andra ej människoskapade källor, årligen omkring 500 exajoule – en siffra, för saken att sätta i storleksordning, motsvarande energin alstrad vid förbränning av 11,9 miljarder ton råolja. Av denna mängd framställs endast 2 % från förnyelsebara källor, en de senaste åren positiv trend till trots.<sup>2</sup> Därav följer att resterande 98 % härstammar från icke förnyelsebara källor såsom förbränning av olja, kol och naturgas, samt generering genom vatten- och kärnkraft. Förstnämnda trio, vars förbränning bildar den växthuseffektfrämjande gasen koldioxid, står ibland dessa för den övervägande majoriteten.<sup>3</sup>

Den myckna energin som används görs så primärt vid transport och framställning av diverse ting, vid nöjesföreteelser, samt vid uppförande och

---

<sup>1</sup> Iommi, Tony; Osbourne, Ozzy; Butler, Geezer; Ward, Bill. (1973). *Sabbath Bloody Sabbath*. Multimedial källa.

<sup>2</sup> REN21. (2009). *Renewables, Global Status Report 2009*.

<sup>3</sup> BP. (2010). *Statistical Review of World Energy 2009*.

drift av byggnader. Sistnämnda post, ergo byggsektorn, står för runt omkring hälften av användningen<sup>1</sup>.

Givetvis har hållbar utveckling en myriad av andra aspekter, men med ovanstående intaget samt med en viss känsla för ekologi förstås det lätt att energifrågan, huvudsakligen avseende byggnader, är en av de mest kritiska. WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) konkretiserar problemet genom att i en recent studie klargöra att byggsektorn till år 2050 behöver minska sin energianvändning med 60 % för att möta målen avseende global klimatförändring<sup>2</sup>.

Med en förhoppning att kunna bidra till denna progress, samt med ett intresse för ingenjörskonst och arkitektur i allmänhet, och följaktligen för ekologi och hållbar utveckling i synnerhet, valde vi, författarna, båda för drygt tre år sedan vid dags dato att studera till byggnadsingenjörer med inriktning mot arkitektur.

Skanska AB, ett av världens ledande byggbolag, är i stor utsträckning involverade i den hållbara utvecklingen. Inom organisationen sker hållbart arbete på flera plan, och genom bland annat miljöcertifieringar och samarbete med flertalet gröna organisationer har de ställt sig ledande även inom detta gebit.

En av deras senaste miljöåtgärder är projektet *Singel & Multi – Energy*. Kortfattat så inbegriper det utveckling av två befintliga plattformar, med målsättning att möjliggöra reduktion av energianvändningen hos byggnader uppförda inom dessa med cirka 45 % (mer om både Skanska AB och *Singel & Multi – Energy* i kapitel 2 *Skanska AB*). Ett delprojekt inom *Singel & Multi – Energy* är en känslighetsanalys avseende arkitekturens inverkan på energianvändning. Detta delprojekt – sammanfallande med till oss hörande utbildning såväl som intresse – utgör vårt föreliggande examensarbete.

## 1.2 Syfte

Examensarbetets direkta syfte är att undersöka hur byggnaders arkitektur inverkar på deras energianvändning. Arbetet ska utföras genom relativt enkla metoder, samt resultera i övergripande, adekvata riktlinjer. Resultatet ska vara anpassat för att i förlängningen kunna användas för energimedveten utformning i projekteringsskedet av byggnader.

### 1.2.1 Problemställning

Hur vida det är möjligt att genom avancerade studier ta fram riktlinjer för arkitekturens inverkan på energianvändning, tvistar de lärda förmodligen föga om. För ändamålet finns komplexa datorprogram med stor precision, och även

---

<sup>1</sup> WBCSD. (2009). *Manifesto for Energy Efficiency in Buildings*.

<sup>2</sup> WBCSD. (2009). *Transforming the Market: Energy Efficiency in Buildings*.

möjligheten att göra tester på befintliga byggnader. Nackdelen med dessa metoder är att de är mycket tidskrävande och således ofta blir begränsade vad gäller resultatets spektrum. Förhoppning med detta arbete är att genom enklare metoder kunna beakta ett större antal objekt och att därmed inte bara åstadkomma resultat för dessa, utan även kunna generalisera resultaten till allmänna samband. Följaktligen ställer vi oss frågorna:

- Är det möjligt att genom relativt enkla metoder dra upp övergripande, adekvata riktlinjer – anpassade för att i förlängningen kunna beaktas för energimedveten utformning i projekteringsskedet av byggnader – för hur byggnaders arkitektur inverkar på deras energianvändning?
- Om ovanstående utfaller jakande; är det möjligt att se mönster i resultaten och därmed generalisera riktlinjerna till mer allmänna samband för dito huvudfråga?

### **1.3 Förutsättningar och avgränsning**

Examensarbetet avser 22,5 nya högskolepoäng, motsvarande 15 veckors heltidsstudier, och klassas som en C-uppsats. Arbetet skrivs vid LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg i samarbete med Skanska AB.

Som nämnts i kapitel *1.1 Bakgrund* omfattar arbetet en känslighetsanalys avseende arkitekturens inverkan på energianvändning, som görs för Skanska AB:s projekt *Singel & Multi – Energy*. Avgränsande för analysen är således aktuella ramar för de två plattformarna, *S1* och *M2*, som detta projekt inbegriper; vilket bland annat medför att arbetet enbart beaktar en- och flerfamiljshus i Sverige, Norge och Finland.

Inom dessa ramar fokuserar arbetet på arkitekturen i stort. Klimatskalets geometri, samt balkonger, fönster och dörrar tas i beaktande; mindre detaljer bortses ifrån.

Presentation av resultatet, det vill säga känslighetsanalysens utfall, sker i form av en manual med riktlinjer för arkitekturens inverkan på energianvändning. Denna ska vara anpassad för att kunna användas av arkitekter och projektutvecklare i projekteringsskedet av bostadshus i Sverige, Norge och Finland.

Vidare specificering av förutsättningar och avgränsning sker av nämnda plattformsramar i kapitel *2.1.2 Plattformer*.

## 1.4 Metodik

Summariskt kan examensarbetets arbetsgång förenklas till tre steg: Inledande fas, Empiri och Konkret åstadkommande. För att ge så mycket tid som möjligt till det faktiska arbetet under dessa steg, och därmed öka chanserna för ett positivt utfall på problemformuleringen, läggs stor tillit till befintlig kunskap. Följaktligen minimeras umbärligt ifrågasättning och utredning av såväl alternativa som nyttjade teorier och metoder. Detta ifrågasättande och utredande har, för de områden arbetet behandlar, dessutom redan gjorts och redovisats i ett otal tidigare rapporter, och får därmed anses obehövt att upprepa.

Den inledande fasen avser att ge närmare kännedom för det aktuella ämnet. Ramar för de två plattformarna, *S1* och *M2*, studeras, samt teori om energianvändning, arkitektur och sambandet mellan dessa två.

Empirin avser att befästa kriterierna för i kapitel 1.2 *Syfte* nämnda riktlinjer. ”Övergripande” ger att känslighetsanalysen behöver spegla hela spektrumet av arkitektur inom de områden vi beaktar; ”adekvata” avgränsar det till endast de fall som kan vara plausibelt önskliga att bygga. Båda dessa kriterier är, när en så dynamisk konstform som arkitektur behandlas, naturligtvis färskvaror. Empirin beaktar således, för att göra riktlinjernas relevans så långlivad som möjligt, inte enbart samtidens arkitektoniska klimat, utan även trender och utvecklingsriktningar för att då förhoppningsvis percipiera den närmsta framtidens dito. Likaledes utgör empirin grund för kriteriet om riktlinjernas anpassning till bruk i projekteringsskede.

Praktiskt tillvägagångssätt för empirin inbegriper intervjuer, litteraturstudier och studiebesök. Var tonvikten dessa tre emellan läggs avgörs under arbetets gång med hänsyn till hur tillfredställande de inbördes resultaten visar sig bli. Övriga möjliga tillvägagångssätt, såsom statistiska och mer psykologiska undersökningar, förkastas då de antingen faller utanför vårt, författarnas, utbildningsområde eller skulle vara alltför tidskrävande.

Det konkreta åstadkommandet avser att just konkret åstadkomma i kapitel 1.3 *Förutsättningar och avgränsning* nämnda manual. Innehållet i denna, det vill säga riktlinjerna, tas fram genom en känslighetsanalys med beräkning av energianvändning<sup>1</sup> som matematisk modell – arkitekturen varieras, övriga parametrar hålls konstanta och resultatet är arkitekturens inverkan på energianvändning. Vilka arkitektoniska variationer som beaktas väljs ut med teori och empiri som underlag, de appliceras på bostadshus med obrutet klimatskal, och energianvändning för bostadshuset beräknas.

Praktiskt tillvägagångssätt för denna beräkning inbegriper två tänkbara alternativ: manuell beräkning och beräkning medelst energisimuleringsprogram. Då det förstnämnda alternativet av tidsskäl är uteslutet, snävas

---

<sup>1</sup> Se kapitel 3.1.1 *Allmänt om beräkning av energianvändning* för teori om beräkning av energianvändning.



valmöjligheterna ner till de av Skanska Sverige AB godkända energisimuleringsprogrammen *VIP-Energy*, *VIP+* och *IDA ICE*. Av dessa väljs *VIP-Energy*<sup>1</sup> då det är anpassat för beräkning av bostadshus och väl lämpar sig för föreliggande arbete.<sup>2</sup>

I manualen sker redovisning av känslighetsanalysens resultat dels grafiskt genom skisser av bostadshusen gjorda i datorprogrammet *SketchUp*, ett självklart val då det är ett program, modell enklare, väl anpassat för att snabbt gestalta till exempel grov utformning av en byggnad; dels typografiskt genom beskrivande text samt parametrar för energianvändning och arkitektur. Vilka parametrar som redovisas, samt layout för manualen specificeras närmare med empirin som grund.

Parallellt med de tre stegen skrives rapporten.

Epistemologiskt sett närmas arbetet, då vi analogt drar slutsatser och utgår ifrån tidigare kunskap, med en lätt positivistisk syn.

## 1.5 Rapportstruktur

Rapporten inleds med ett motiverande och definierande kapitel där bakgrund, syfte, avgränsning och dylikt presenteras. Efterföljande kapitel, 2 *Skanska AB*, specificerar närmare vilka förutsättningar och avgränsningar som gäller för examensarbetet. I kapitel 3 *Teori* och 4 *Empiri* redovisas precis vad rubrikerna insinuerar: teori för de aktuella områdena respektive arbetets undersökning. Kapitel 5 *Känslighetsanalys* skulle, då det behandlar utförandet av i kapitel 1.4 *Metodik* nämnda känslighetsanalys, delvis passa som ett underkapitel i kapitel 4 *Empiri*. Dock inbegriper kapitlet även motiveringar och antaganden, och har därför placerats fristående.

I kapitel 6 *Resultat* redovisas i kapitel 1.3 *Förutsättningar och avgränsning* nämnda manual, arbetets huvudsakliga resultat, och kapitlet kan därmed ses som en förlängning av empirin och känslighetsanalysen. Kapitel 7 *Analys* redovisar analys av metodik, empiri och resultat, samt förankring av resultatet till teori. De avslutande kapitlen 8 *Slutsats* och 9 *Diskussion* inbegriper svar på problemformuleringen respektive allmän diskussion kring arbetet. Sist i rapporten ligger förslag på vidare studier, referenser och bilagor.

Rapporten skrives på svenska; manualen på engelska.

---

<sup>1</sup> Se kapitel 3.1.2 *Energisimuleringsprogrammet VIP-Energy* för beskrivning av *VIP-Energy*.

<sup>2</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

## 1.6 Målgrupp

Rapporten skrives för att till fullo förstås av personer med grundläggande byggteknisk kompetens, samtidigt som även lekmän ska kunna urskönja kontentan.

Manualen, som är arbetets huvudsakliga resultat, utformas för Skanska AB:s projekt *Singel & Multi – Energy* efter överenskommen målsättning (se kapitel 1.3 *Förutsättningar och avgränsningar*).

## 1.7 Referenssystem

Referering i rapporten sker enligt Oxfordsystemet: notsiffror markerar var referenser görs i den löpande texten, motsvarande not i sidans sidfot anger källan och fullständig information om källan redovisas sist i rapporten. Likaledes nyttjas notsiffror stundom till mindre utvik och preciseringar. Notsiffrornas placering i den löpande texten avgör vad referensen gäller: not placerad efter ett ord eller citat avser föregående ord eller citat; not placerad efter en mening, före punkt, avser föregående mening; not placerad efter en mening, efter punkt, avser två eller flera föregående meningarna i det aktuella stycket; not placerad i rubrik avser all text fram till nästa rubrik med samma eller högre rubriknivå.

## 1.8 Terminologi

*Nedan följer definition och/eller förklaring av centrala termer och begrepp som förekommer i rapporten.*

**Energianvändning** Den mängd energi som behöver tillföras en byggnad under ett bestämt tidsintervall för att bibehålla önskat temperaturintervall i byggnaden; mäts ofta i enheten [kWh/m<sup>2</sup>, år]. Vilken energi som räknas till denna användning skiljer sig dock avsevärt mellan både regioner och sammanhang. I denna rapport inbegriper energianvändning följande: värmeförsörjning inkluderande ventilationsaggregat, värmesystem och tappvarmvatten; elförsörjning inkluderande ventilationsfläktar och cirkulationspump för värmesystemet; samt extern fastighetsenergi<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Extern fastighetsenergi är energi för allmänna funktioner i flerbostadshus såsom den för hissar och belysning i trappuppgångar.

Klimatskal	De värmeisolerande, vind- och fuktskyddande byggnadsdelar som omsluter en byggnad och skiljer inomhusklimatet ifrån utomhusklimatet. Brukligt är att klimatskalet utgörs av tak, väggar, fönster, dörrar och grundläggning.
Känslighetsanalys	En metod att systematiskt variera parametrar i en matematisk modell för att undersöka utfallet av variationen.
Plattform	Ett fördefinierat byggnadssystem; i denna rapport avseende uppförande av byggnader. Förenklat inbegriper en plattform ett begränsat antal lösningar för arkitektur, konstruktions- och installationsteknik.
U-värde	Värmegenomgångskoefficient för en godtycklig byggnadsdel; mäts i enheten [W/m <sup>2</sup> K]. Definieras något ofullständigt som ”den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av väggen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor om väggen är en grad” <sup>1</sup> .
VIP-Energy	Ett energisimuleringsprogram, vidare presenterat i kapitel 3.1.2 <i>Energisimuleringsprogrammet VIP-Energy</i> .
Ψ-värde	Värmegenomgångskoefficient för en linjär köldbrygga; mäts i enheten [W/mK]. <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Sandin, Kenneth. (1996). *Värme och fukt*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Isolerguiden 06:1. (2007). *Beräkning av värmegenomgångskoefficient, U<sub>m</sub>*.



## 2 Skanska AB

Skanska AB bildades, under namnet Aktiebolaget Skånska Cementgjuteriet, 1887. Till en början drevs verksamheten enbart nationellt, men redan 1897 togs det första uppdraget utanför rikets gränser. I dag är Skanska AB ett multinationellt byggbolag, noterat på Fortune 500-listan, med cirka 53 000 anställda. Genom miljöcertifieringar, samarbetet med gröna organisationer och ett generellt hållbart engagemang har de, i första hand avseende miljömedvetenhet, även ställt sig ledande inom hållbar utveckling.<sup>12</sup>

Koncernen Skanska AB är indelad i ett flertal bolag avseende huvudsakligen fyra områden: konstruktion, bostadsutveckling, kommersiell utveckling och infrastrukturell utveckling. Förstnämnt område inbegriper den verksamhet som konkret sysslar med byggnation och är indelat i bolag efter region, som till exempel Skanska Sverige och Skanska Latin America. Bostadsutveckling består av ett bolag, Skanska RDN, som avser Sverige, Norge och Finland. Kommersiell utveckling är indelad i två bolag: Skanska CDN avseende Sverige, Norge och Finland samt Skanska CDE avseende Polen och Republiken Tjeckien. Infrastrukturell utveckling, slutligen, består av ett bolag, Skanska ID, avseende alla länder där Skanska AB är verksamma.

### 2.1 Konceptet *SXCR*

*SXCR*, Skanska Xchange Center Residential, är ett koncept inbegripande konstruktionsbolagen Skanska Sverige, Skanska Norge och Skanska Finland, samt bolaget för bostadsutveckling, Skanska RDN. Sistnämnda bolags verksamhet utgörs av att finna och köpa upp lukrativa fastigheter, utveckla dem till nya bostadsområden och sälja dem vidare. För de nya bostadsområden kan de välja att nyttja konceptet *SXCR*, vilket står till förfogande med två stycken plattformar (se kapitel 2.1.2 *Plattformar*). Projektering, och därefter byggnation utförd av konstruktionsbolagen, sker då efter plattformarna.

Bakomliggande idé för konceptet är att identifiera och dela med sig av bästa praxis mellan de tre länderna, att genom standardisering av byggtekniska lösningar och ge stora möjligheter till prefabricering, och att med det effektivisera byggprocessen både vad gäller tid, kostnad och miljöpåverkan.

#### 2.1.1 Projektet *Single & Multi – Energy*

*Single & Multi – Energy* är ett projekt sprunget ur att Skanska RDN ställt upp nya interna energikrav för *SXCR* – bostäder uppförda inom konceptet efter mitten av år 2010 ska ha en energianvändning 20–25 % under respektive lands

---

<sup>1</sup> Skanska AB. (2010). *Our Green Initiative*.

<sup>2</sup> Skanska AB. (2010). *Sustainability*.

maximikrav, vilket motsvarar en reduktion av befintliga normer inom *SXCR* med 40–50 %. Målsättning för projektet är att utveckla existerande plattformar inom *SXCR* så att dessa krav uppfylls.

Arbetsgången inleds med en undersökning inbegripande fyra huvudsakliga delprojekt: kartläggning av krav och standarder för bostäder i de föreliggande länderna; definiering av vad de nya kraven från Skanska RDN i realiteten innebär; en parameterstudie avseende identifiering av hur möjliga byggnadstekniska utvecklingar reducerar energianvändning; samt denna rapports spörsmål och kvintessens – en känslighetsanalys avseende arkitekturens inverkan på energianvändning. Därefter analyseras resultatet av undersökningen, beslut tas om vilka energianvändningsreducerande förfaranden som ska implementeras, och utifrån besluten sker avslutningsvis uppdatering av plattformarna.

### 2.1.2 Plattformar

*SXCR* inbegriper två stycken plattformar: en vardera för en- respektive flerfamiljshus. Tillsammans kan de liknas vid en verktygslåda innehållande ett fördefinierat urval av kostnadseffektiva och kvalitetssäkrade byggtkniska lösningar. Dessa lösningar inbegriper byggnadsdelar, anslutningar dessa emellan och installationer, såväl som mer övergripande regler och rekommendationer. Vid projektering av nya bostadsområden används således verktygslådan och för projektet lämpliga lösningar plockas därur.

Nedan presenteras plattformarnas individuella lösningar berörande arkitektur (av känslighetsanalysen<sup>1</sup> erfordrade konstruktions- och installationstekniska lösningar, som inte berör arkitekturen i stort men inverkar på energianvändning, presenteras i kapitel 5 *Känslighetsanalys*). På grund av sekretesskäl från Skanska AB:s sida är presentationen till viss del förenklad.

#### *Single Family House – Plattform S1<sup>2</sup>*

Bostadshus uppförda inom *Single Family House – Plattform S1*:

- Måste utgöra 1–3 våningar.
- Måste vara friliggande hus, radhus eller duplex-/triplex-hus.
- Måste ha en höjd från våning till våning på 2 800 mm.
- Måste ha en bröstningshöjd på minst 300 mm.
- Måste ha en taklutning på 2–45°.
- Bör ha fönster lika med eller understigande måtten 1 800 x 2 100 mm.
- Bör minst ha 100 mm avstånd mellan fönster.

---

<sup>1</sup> Se kapitel 1.4 *Metodik* för beskrivning av känslighetsanalysen.

<sup>2</sup> Skanska AB. (2009). *Plattform Manual: Single Family House – Plattform S1, Version 1.0*. Tryckt källa.

### ***Multi Family House – Plattform M2<sup>1</sup>***

Bostadshus uppförda inom *Multi Family House – Plattform M2*:

- Måste utgöra 3–8 våningar, exklusive källare.
- Bör vara lamell- eller punkthus.
- Måste ha en höjd från våning till våning på 3 000 mm.
- Måste ha en bröstningshöjd på minst 300 mm.
- Måste ha en taklutning på 2–55°.
- Bör ha fönster lika med eller understigande måtten 2 000 x 2 100 mm.
- Bör minst ha 300 mm avstånd mellan fönster.
- Bör ha klimatskal, exkluderat tak, med endast räta vinklar.
- Bör inte ha mer än åtta vertikala, utvändiga hörn.
- Måste ha en invändig byggnadsbredd på minst 12,5 m.

---

<sup>1</sup> Skanska AB. (2009). *Plattform Manual: Multi Family House – Plattform M2, Version 1.0*. Tryckt källa.



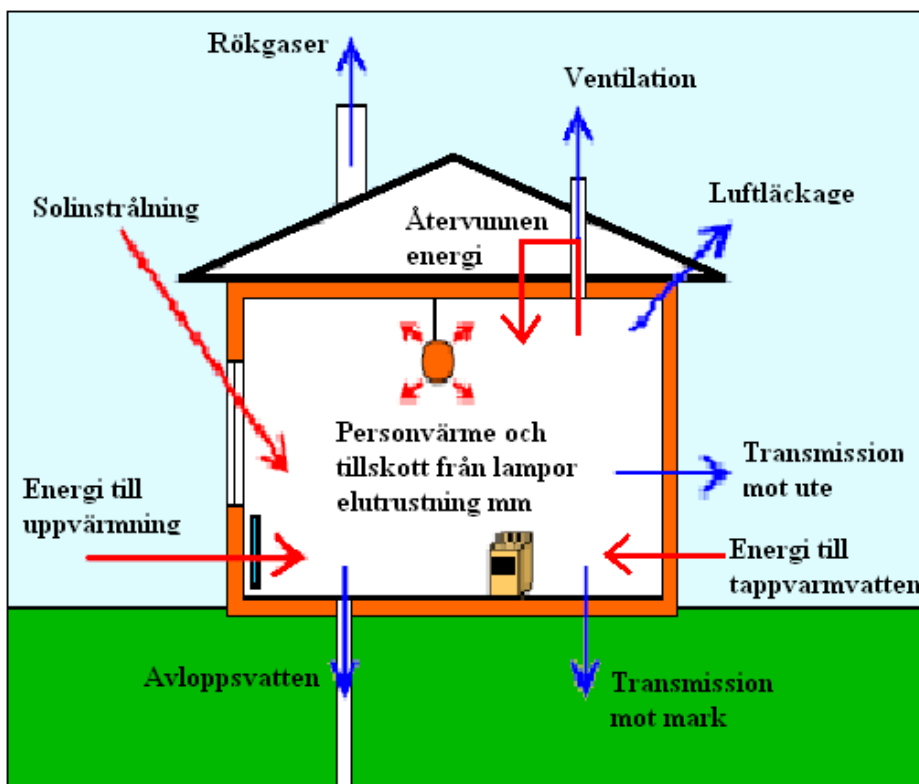


### 3 Teori

I detta kapitel redogörs för teori om energianvändning, arkitektur samt sambandet mellan arkitektur och energianvändning.

#### 3.1 Energianvändning

I ett reguljärt bostadshus med obrutet klimatskal kan energiutbytet med omgivningen förenklas till ett antal flöden där värme antingen tillförs eller avges (se *Figur 3.1*). För att upprätthålla godtycklig konstant temperatur i ett sådant hus krävs att tillförd värmeenergi (de röda pilarna) är ekvivalent med avgiven värmeenergi (de blå pilarna) – det vill säga att energibalans förefinns. En del av mängden tillförd värmeenergi, företrädesvis den som tillförs på ”konstgjord” väg, under ett bestämt tidsintervall räknas till energianvändning<sup>1</sup>. Detta dels för att det vad uppvärmning anbelangar är den energin som primärt betalas för, och dels för att det främst är den som kvantitativt fluktuerar bland de tillförande energiflödena i energibalansen när de avgivande flödena förändras.<sup>2</sup>



*Figur 3.1. De huvudsakliga energiflödena avseende värme i ett reguljärt bostadshus.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Se kapitel 1.8 Terminologi för definition av energianvändning.

<sup>2</sup> Warfvinge, Catarina. (2007). *Installationsteknik AK för V*. Tryckt källa.

<sup>3</sup> Hägerstedt, S. Olof. (2007). *Energieffektiviserande åtgärder i trähus*. Tryckt källa.

### 3.1.1 Allmänt om beräkning av energianvändning

För att beräkna energianvändning för ett bostadshus behöver initialt de energiflöden som inverkar i föreliggande energibalans tas hänsyn till. Ur detta summeras därefter de energiflöden som inkluderas i husets energianvändning, och beräkning är fullbordad. Beräkningen kan utföras genom ett antal vedertagna metoder, varav de två vanligast förekommande presenteras nedan.

#### ***Gradtimmessmetoden***

Gradtimmessmetoden, också känd som graddagsmetoden, är en handberäkningsmodell som genom framräknade gradtimmar eller -dagar<sup>1</sup> uppskattar energianvändning. Metoden tar enbart hänsyn till transmissions- och ventilationsförluster, och får därmed, utan kompletterande beräkningar, anses en aning knapphändig.<sup>2</sup>

#### ***Beräkning efter fysikalisk modell***

Beräkning efter fysikalisk modell är den metod som bör begagnas ifall precision eftersträvas. Beräkningsmodellen är relativt komplex och brukligt är därför att den utförs genom datorverktyg. Likt gradtimmessmetoden tar metoden hänsyn till transmissions- och ventilationsförluster, men även till värmekapacitet och, beroende på programvara, oftast ett flertal energiflöden därutöver. Således kan beräkning efter fysikalisk modell, medelst ett alltomfattande energisimuleringsprogram, ta hänsyn till samtliga energiflöden som inverkar i föreliggande energibalans.<sup>3</sup>

### 3.1.2 Energisimuleringsprogrammet *VIP-Energy*<sup>4</sup>

*VIP-Energy* är ett energisimuleringsprogram för datorer, baserat på beräkning efter fysikalisk modell. Programmet är specialiserat på beräkning av energianvändning för bostadshus och har för detta en uppskattad noggrannhet på cirka 3–5 %<sup>3</sup>. Beräkningsmodellen utgår ifrån ett angivet bostadshus med definierade konstruktions- och installationstekniska lösningar, samt klimatdata, och gör därmedelst en dynamisk<sup>5</sup> beräkning av husets energibalans. *Figur 3.2* nedan redogör för de energiflöden som *VIP-Energy* tar hänsyn till, av vilka samtliga redovisas vid utförd beräkning.

Den huvudsakliga beräkningsmodellen kan förenklat sägas vara indelad i ett antal subordinerade modeller; en för varje energiflöde som *VIP-Energy* tar hänsyn till. För synkronisering dessa modeller emellan nyttjar programmet två knutpunkter där de inbördes parametrarna möts. Den ena utgörs av det

---

<sup>1</sup> Gradtimmar eller -dagar (där gradtimmar analogt är mest akkurat) definieras som summan av temperaturskillnaden mellan inne- och uteluft multiplicerat med den tid under vilken skillnaden råder.

<sup>2</sup> Warfvinge, Catarina. (2007). *Installationsteknik AK för V*. Tryckt källa.

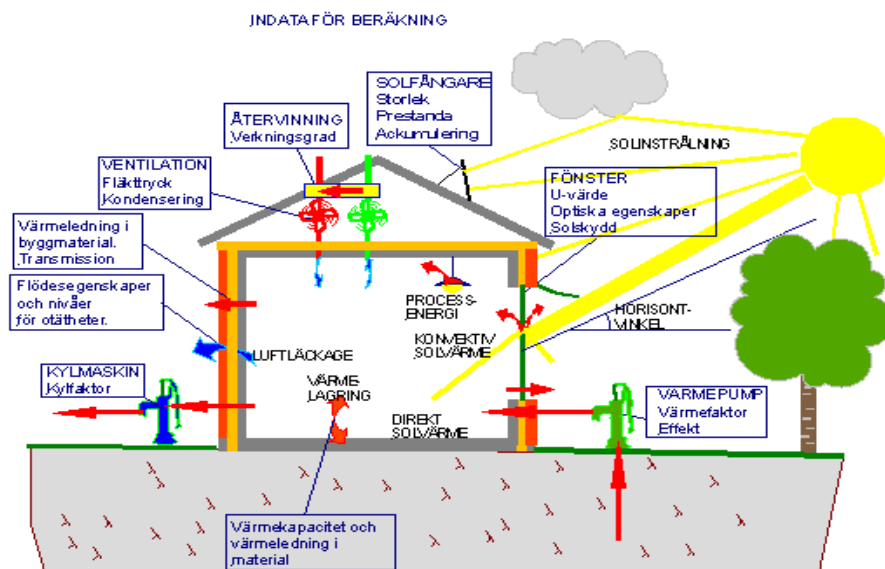
<sup>3</sup> Strusoft AB. (-). *Om Energiberäkningar*.

<sup>4</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>5</sup> Dynamisk i detta sammanhang innebär att beräkningen upprepas timme för timme under ett bestämt tidsintervall, hela tiden med hänsyn till föregående beräknings utgående data.

invändiga lufttrycket där vindtryck, termik, luftläckage och ventilationsflöden sammanbinds till ett luftsystem med balans mellan till- och bortförd luft. Den andra verkar efter samma princip men utgörs av byggnadsstommens temperatur där solinstrålning, processenergi, luftomsättning, transmission och liknande sammanbinds till ett energisystem med balans mellan tillförd, avgiven och lagrad värmeenergi.

Vidare genomgång av ingående parametrar i *VIP-Energy* görs i kapitel 5.1 *Parametrar i VIP-Energy*.



Figur 3.2. Energiflöden avseende värme som *VIP-Energy* tar hänsyn till.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Strusoft AB. (-). *Beskrivning av VIP+*.

## 3.2 Arkitektur

*Nedan beskrivs de arkitektoniska begrepp som berörs i rapporten.*

### ***Kubism<sup>1</sup>***

Kubismen uppstod i 1910-talets Europa som en förlängning av expressionismen, vilken vid tiden var en arkitektonisk stil på stark frammarsch. I kontrast till sin proveniens fokuserade kubismen på överskådliga och klart strukturerade byggnadskroppar, snarare än småskaliga och figurativa ornament. Bland annat influerades stilen av bildkonst, och då främst det gebit som den samtida Pablo Picasso representerade. Fäblessen för att lyfta objekt ur sin kontext, reducera dem till geometriska grundformer och återigen sammanfoga dem avspeglades i arkitekturen som byggnads-konstruktioner huvudsakligen bestående av kuber, koner och klot.

Arkitekturen sågs som ett plastiskt formuttryck; byggnaden som en bebodd skulptur.

### ***Modernism***

Som en reaktion mot industrialismens genombrott med stereotyp massproduktion av byggnader uppstod i skarven mellan 1800- och 1900-talet den arkitektoniska stilen Art Nouveau. Stilen karakteriserades till en början av medeltida arkitektur med linjeornamentik och andra för tidsepoken aparta inslag, men blev successivt mer avmätt för att efter första världskrigets slut emana i den sparsmakade och rationellt betonade rörelsen modernism.<sup>2</sup>

Modernismen dominerade därefter det arkitektoniska klimatet under större delen av 1900-talet, och kom efter hand att inbegripa ett flertal arkitektoniska stilar såsom funktionalismen, brutalismen och high tech-arkitekturen. Gemensamt för rörelsen var en avskalad arkitektur med enkel geometri, där byggnaders form och konstruktion, snarare än applicerade ornament, står för det arkitektoniska värdet.<sup>1</sup>

### ***Funktionalism<sup>1</sup>***

Funktionalismen, främst rådande under 1920- och 1930-talet, var en av de första och mest betydelsefulla stilarna inom modernismen. Prägad av efterkrigstidens allmänna misär, samt tidevarvets nya byggnadsteknik med glas, betong och stål, förlöpte den arkitektoniskt i en dittills obeprövad riktning. Mer än någonsin sågs byggnaden som en social komponent, vilket föranledde rationella och kostnadseffektiva byggnadsmetoder för att snabbt fjärma rådande bostadsbrist. Utmärkande för stilen blev ändamålsenliga byggnader med enkla, av rätblock uppbyggda volymer; med släta, ljusa fasader; samt med ett formspråk förordande skarpa konturer.

---

<sup>1</sup> Tietz, Jürgen. (2000). *Arkitekturens historia under 1900-talet*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Valmarana, Mario. (1964). *Arkitektur*. Tryckt källa.

”Form follows function”, myntat av den amerikanske arkitekten Louis Sullivan, blev devis för funktionalismen som lät just funktionen stå i centrum för arkitekturen.

### *Nymodernism<sup>1</sup>*

Under 1970-talet inträdde den arkitektoniska stilen postmodernismen som en reaktion mot en lång tid av modernism. Istället för det avskalade dominerades arkitekturen ånyo av dekorativa former och utsmyckning. Trenden ebbade dock ut och under 1990-talets början uppstod nymodernismen. Stilen var en rigorös tillbakagång till modernismens avskalade och enkla formspråk. Därtill ansågs nu omgivningen diminutiv, vilket föranledde filosofin att åstadkomma en globalt homogen arkitektur.

Byggnaden hade blivit en neutral, självständig skapelse.

### *Hållbar utformning<sup>23</sup>*

Hållbar utveckling har sedan urminnes tid, uttalat eller ej, varit en springande punkt. Dock var det först under 2000-talets begynnelse som människosläktet i större skala började rikta sina selektivt seende blickar åt ämnet. Analogt kom således arkitekturen denna sida millennieskiftet, huvudsakligen avseende den ekologiska aspekten, att präglas av hållbarhet. Byggnader uppfördes med miljövänliga material och former, där hela livscykeln hade i åtanke.

Hållbar utformning är i sig ingen vedertagen arkitektonisk stil; i detta sammanhang är det en försvenskning av de tre inbördes snarlika arkitektoniska stilarna/byggnadsmetoderna Sustainable Architecture, Green Building, och Natural Building.

---

<sup>1</sup> Ibelings, Hans. (2002). *Supermodernism: Architecture in the Age of Globalization*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Habitat. (-). *Sustainable Architecture*.

<sup>3</sup> U.S. Environmental Protection Agency. (-). *Basic Information*.

### 3.3 Sambandet arkitektur–energianvändning

*Nedan redogörs för teori avseende sambandet mellan arkitektur och energianvändning.*

#### 3.3.1 Allmänt

*I det följande presenteras bevisade teorier rörande arkitekturens inverkan på energianvändning.*

##### **Övergripande arkitektur**

En byggnads övergripande arkitektur står i direkt relation till dess energianvändning. Mer omslutande area, liksom ökat antal hörn ger båda större transmissionsförluster och därmed högre energianvändning.<sup>1</sup>

##### **Orientering**

För en byggnad i Norden där en fasad är dominerande vad gäller glasad yta, är energianvändningen lägst när denna fasad är orienterad emot syd.<sup>2</sup>

Kommentar: Detta för att byggnaden vid denna orientering får som störst solinstrålning.

##### **Fönsterstorlek**

Totalt U-värde, inklusive karm, för ett fönster står i direkt relation till fönstrets storlek. Om fönsterkonstruktionen är den samma, ökar U-värdet med minskad fönsterstorlek.<sup>1</sup>

Kommentar: Detta för att karm har högre U-värde än det glasade partiet i ett fönster, och minskad fönsterstorlek således ger ökad andel karm.

#### 3.3.2 Utformningsverktyget *EcoDesigner*<sup>34</sup>

*EcoDesigner* är ett utformningsverktyg integrerat i Graphisofts ritprogram för datorer *ArchiCAD*, framtaget för att i programmet uppskatta energianvändning för uppritade byggnader. Verktöget baseras på *VIP-Energy*<sup>5</sup> men är, på bekostnad av beräkningarnas noggrannhet, till viss del förenklat för att vara mer användarvänligt.

*EcoDesigner* fungerar på så vis att det utifrån ritningar i *ArchiCAD* mängdar byggnadsdelar, varefter grundläggande konstruktions- och installationstekniska lösningar, tillsammans med brukar- och klimatdata,

---

<sup>1</sup> Sveriges Byggindustrier. (2008). *Undvik fel och fällor som ökar energianvändningen i byggnader*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Adamson, Bo; Hidemark, Bengt. (1986). *Sol • Energi • Form*. Tryckt källa.

<sup>3</sup> Strusoft AB. (-). *Modules*.

<sup>4</sup> Graphisoft. (-). *Graphisoft EcoDesigner*.

<sup>5</sup> Se kapitel 3.1.2 *Energisimuleringsprogrammet VIP-Energy* för beskrivning av *VIP-Energy*.

definieras manuellt. Beräkning görs sedan och uppskattad energianvändning presenteras.





## 4 Empiri

*I detta kapitel redogörs för den undersökning som gjorts angående sam- och framtidens arkitektur, samt i intervjuer och intern kommunikation även angående anpassning av resultatet till användning i projekteringsskede.*

### 4.1 Intervjuer

Arkitekter har intervjuats främst för att undersöka arkitekturen, men också för att samla in önskemål och tips till resultatets anpassning. Även en projektutvecklare har intervjuats för sammalunda ändamål. Trendexperten har huvudsakligen intervjuats för att ge underlag till antecipation av framtidens arkitektur.

För att inte påverka de intervjuade personernas svar har det under intervjuerna berättats väldigt lite om vårt, författarnas, arbete och dess avgränsningar. Arkitektur och hjälpmedel för energimedveten utformning har således diskuterats på en generell nivå inom personernas föreliggande specialområde och land. Då arkitektur till stor del samspelar, har diskussion förts även kring andra byggnadstyper än bostadshus.

Intervjuerna har gjorts på semistrukturerat manér, och har många gånger emanerat i långa, givande samtal. I kapitlen nedan presenteras dock endast essensen av det de intervjuade personerna förtäljt.

#### 4.1.1 Arkitekt Ylva Gunterberg

*Telefonintervju, 2010-04-07.*

Ylva Gunterberg är före detta arkitekt för Skanska Nya Hem, ett svenskt bolag i koncernen specialiserat på bostäder, numer chef för *LINK Arkitekturs* kontor i Stockholm. Hon är verksam i Sverige med fokus på både en- och flerfamiljshus.

Då intervjun genomförs är Ylva, passande nog, precis i tagen att hålla i en föreläsning angående arkitektoniska trender. I detta ämne nämner hon att stilen i dag kan ses som nymodernistisk, då den i hög grad relaterar till modernismen. Exteriör utformning går mot det enkla, och istället uttrycker sig komplexitet genom interiör med till exempel oregelbundna lägenheter. För att ge den spartanska exteriören en modern twist appliceras ofta stora glasade partier eller burspråk. Då fastigheter, framförallt i anslutning till städer, alltmer blir en bristvara, går utvecklingen också emot att på ett storskaligt plan bygga tätare.

Ylva påpekar även komplexiteten i att utforma bostäder. I Sverige är vi väldigt inriktade på mätbara ting – kvalitativa aspekter åsidosätts ofta. Utöver detaljplan, krav på energianvändning och dylikt behöver även den mänskliga faktorn tas hänsyn till. Det ultimata är när arkitektonisk och byggteknisk

utveckling går hand i hand – inte när den ena utvecklas på bekostnad av den andra.

Lämpligt för vårt arbete skulle vara beräknade fall med bilagda nyckeltal som till exempel fasadarea i relation till boarea.

Länder som inspirerar Sveriges, Norges och Finlands arkitektur är huvudsakligen Schweiz, Tyskland, Japan och Danmark. För vidare undersökning av arkitektoniska trender rekommenderar Ylva den svenska arkitekturtidskriften *Arkitektur*.

#### 4.1.2 Trendexperten Göran Hydbom

*Intervju på Modern Management Networks kontor i Malmö, 2010-04-13.*

Göran Hydbom är utbildad civilingenjör och jobbar som trendexpert inom egna företaget *Modern Management Network*. Han är främst verksam i Sverige, med fokus på det mesta i större delen av världen.

Enligt Göran behöver inledningsvis tre faktorer fastställas när en trend ska evalueras: tidsintervall, system och position. Utifrån det bör sedan, för att göra resultatet så precist som möjligt, statistik tas fram för i genomsnitt tio utvecklingsriktningar som påverkar den aktuella trenden. Statistiken extrapoleras, och resultatet kommer med största sannolikhet att stämma överens med framtiden, ty det är mycket sällan rådande utvecklingsriktningar bryts. Extrapoleringen står därefter som grund för evalueringen.

Angående rådande trender ser Göran att miljömedvetenheten, som en längre tid dominerat, kommer att hålla i sig. Även trenden att bygga monumentlika bostadshus, för att identifiera föreliggande ort, verkar fortsätta.

För att ge vårt arbete maximal genomslagskraft bör det förmedlas kravlöst. Helt fritt att använda, inget måste.

Det land som trendmässigt föregår Norden är främst USA. Vare sig vi gillar trenderna eller ej så kommer de obevekligen hit efter ungefär tio år, avslutar Göran.

#### 4.1.3 Arkitekt Vesa Laukkanen

*Telefonintervju, 2010-04-07.*

Vesa Laukkanen är före detta arkitekt för Skanska AB, numer externt anställd som det samma. Han är verksam i Finland med fokus på både en- och flerfamiljshus.

Inför intervjun har Vesa skickat över material via e-post med en- och flerfamiljshus som anses spegla aktuell och kommande arkitektur i Finland. Genomgående för materialet är byggnader med enkla, släta klimatskal, där ouppvärmade byggnadsdelar, såsom balkonger, står som huvudsakligt arkitektoniskt uttryck. Även byggnader med organiska former, så kallad blobitecture, är med i materialet.

Vesa nämner vidare att bostadshus med terrasser är eftertraktat, samt att bygga på höjden. Miljömedvetenhet i form av energisnåla bostadshus är inte så utbrett.

Intressanta aspekter att beakta i vårt arbete är variation av höjd, bredd, och volym hos ett bostadshus. För vidare undersökning av arkitektoniska trender rekommenderar Vesa den tyska arkitekturtidskriften *Detail*.

#### 4.1.4 Projektutvecklare Jan Pechan

*Telefonintervju, 2010-04-07.*

Jan Pechan är projektutvecklare för Skanska RDN, vilka ansvarar för konceptet *SXCR*<sup>1</sup>. Han är verksam i Sverige, Norge och Finland med fokus på både en- och flerfamiljshus.

Jan menar att arkitekturen går mot renare former. In- och utskjutande byggnadsdelar såsom burspråk och indragna balkonger skapar energiförluster och blir därför, till följd av miljömedvetenhet, allt ovanligare.

Intressanta tester för vårt arbete vore redovisning av ett bostadshus utan kontra ett bostadshus med till exempel ett applicerat burspråk, samt tester av hur fönsterorientering inverkar på energianvändning. Konkreta exempel är att föredra.

Jan tror till stor del på vårt arbete, och tillägger vid förfrågan att det ultimata hjälpmedlet för energimedveten utformning i förlängningen skulle vara ett ritprogram till datorer där inte bara energianvändning beräknas utan även byggnadstider och kostnad för byggnation.

#### 4.1.5 Arkitekt Johan Sundberg

*Intervju på Johan Sundbergs kontor i Malmö, 2010-03-23.*

Johan Sundberg jobbar som arkitekt för egna företaget *Johan Sundberg – Arkitektur och Grafisk Form*, samt som lärare för Arkitektskolan på Lunds Tekniska Högskola. Han är verksam i Sverige med fokus på både en- och flerfamiljshus.

Enligt Johan går arkitekturen i dag emot ett minimalistiskt, ultra-modernistiskt uttryck. Bostadshus utgörs av lådor med platta tak – ”boxism” kallar han stilen. Ifall trenden bryts genom till exempel 1½-plansvillor eller applicerande av burspråk är det företrädesvis till följd av föreliggande detaljplan.

Vidare poängterar Johan komplexiteten i att utforma hållbart. Utöver energianvändning spelar ytterligare ett antal faktorer in, såsom byggnadens livslängd och den mänskliga faktorn. Ett exempel på misslyckad hållbarhet är bostäderna uppförda inom miljonprogrammet<sup>2</sup>. Bostäderna var ändamålsenliga i det avseendet att kostnaden för byggnation var överkomlig samt att de

---

<sup>1</sup> Se kapitel 2.1 *Konceptet SXCR* för beskrivning av konceptet *SXCR*.

<sup>2</sup> Miljonprogrammet inbegrep omfattande byggnation av bostäder i Sverige under åren 1965 till 1975.

avhjälpade rådande bostadsbrist, men kom på grund av undermålig arkitektur i alltför många fall att stå tomma.

För vårt arbete nämner Johan att det skulle vara intressant att se jämförelser mellan friliggande hus och radhus, samt tester avseende hur fönsters orientering inverkar på energianvändning. Ett nyckeltal som ofta används av arkitekter, och därmed är relevant att redovisa i vårt arbete, är fönsterarea i relation till boarea.

När frågan om vad som i förlängningen skulle vara det ultimata hjälpmedlet för energimedveten utformning tas upp, påpekar Johan vikten av att beakta byggnadens livscykel. Byggnadens livslängd, driftskostnad inkluderat underhåll, pris för byggnation och totala miljöpåverkan bör ha i åtanke. Ett datorprogram som tar hänsyn till det, samt redovisar kostnad inte bara för energianvändning, utan även för byggnation, skulle vara till stor hjälp. Detta för att översiktligt visa på hur energisparande åtgärder lönar sig efter ett visst tidsintervall.

För vidare undersökning av arkitektoniska trender rekommenderar Johan den internationella arkitekturtidskriften *Mark* – ”trendigaste arkitekturtidningen i dag” – samt den tyska *Detail*.

#### 4.1.6 Arkitekt Lars-Erik Ulseth

*Telefonintervju, 2010-04-08.*

Lars-Erik Ulseth jobbar som arkitekt för Skanska Bolig, ett norskt bolag i koncernen specialiserat på bostäder, och är även externt anställt som det samma. Han är verksam i Norge med fokus på både en- och flerfamiljshus.

Angående arkitektur nämner Erik att det i Norge, som en följd av miljömedvetenhet, överlag går emot enklare former. Bostadshus har enkel geometri med platta tak och släta ytor, vilket relaterar till modernismen. Även industrialiseringen ligger bakom denna utveckling, då geometriskt enkla byggnadselement går att prefabricera och därmed blir förhållandevis billiga. För att uttrycka arkitektur används balkonger och andra ouppvärmade byggnadsdelar som sticker ut från de släta fasaderna.

Populärt i Norge är att bygga radhus, ofta i flera våningar. Även i flerbostadshus är det attraktivt att bygga på höjden.

Tester avseende hur energianvändning påverkas av att dra fönster in respektive ut i fasaden, samt avseende orientering av fönster, tycker Erik vore relevant för vårt arbete.

#### 4.1.7 Arkitekt Kim Utzon

*Telefonintervju, 2010-04-13.*

Kim Utzon jobbar som arkitekt för det egna företaget *Kim Utzon Arkitekter*. Han är verksam i Danmark med omnejd, med fokus på de flesta byggnadstyper.

I Danmark är det enligt Kim till stor del moral som styr arkitekturen. Arkitekter och byggare känner ansvar för sin omvärld, och miljömedvetenheten är därmed ett faktum. Även samhället i övrigt korresponderar till denna uppfattning, och marknaden för gröna byggnader är således stor. Som arkitekt utan denna miljömedvetenhet är du helt utan konkurrenskraft – en dinosaurie i sammanhanget, som Kim uttrycker det.

Utöver nämnda medvetenhet domineras arkitekturen av kantig utformning med skarpa konturer. Den nymodernistiska stil som bland annat ses i Norra Hamnen i Helsingborg och i Västra Hamnen i Malmö förefaller även fortsättningsvis att vidmakthålla det arkitektoniska klimatet.

Vidare ser Kim att fokus mer och mer flyttas ifrån den individuella byggnaden, och snarare läggs på områdesnivå där samspelet mellan byggnader och deras anslutande enklav beaktas.

För vårt arbete tror Kim att speciellt radhus och tvåplansvillor är lämpligt att ha med. Likaledes tror han på tester avseende olika köldbryggors inverkan på energianvändning. Kim föreslår att resultatet presenteras som en checklista.

Likt vår varseblivning säger Kim att Danmark arkitektoniskt är ett föregångsland i Norden. Även Tyskland och USA är stora influenser. För vidare undersökning av arkitektoniska trender rekommenderar han den svenska arkitekturtidskriften *Arkitektur*, samt den danska *Arkitektur DK*.

#### 4.1.8 Arkitekt Mats White

*Intervju på Henrik Jais-Nielsen & Mats White Arkitekter AB:s kontor i Helsingborg, 2010-04-07.*

Mats White jobbar som arkitekt för egna företaget *Henrik Jais-Nielsen & Mats White Arkitekter AB*. Han är verksam i Sverige med fokus på de flesta byggnadstyper.

En av de trender som Mats ser i dag är att en helhetssyn anammas – byggnader ska vara en del av staden, en del av något större. Hänsyn tas då också till miljön, vilket främst tar sig uttryck i byggnader med låg energianvändning.

Att uppföra monumentlika bostadshus är en annan trend som dominerat de senaste åren, liksom att bygga med mycket glas. Överlag ser Mats att arkitekturen på det sättet blir allt friare. Ett tips han ger oss är att lita på sig själv – vad du tycker och tänker skiljer sig oftast inte så mycket ifrån andra.

Mats påpekar även vikten av människosyn när byggnader utformas. För att en byggnad ska vara genuint hållbar behöver samtliga aspekter beaktas – energianvändning måste alltid vägas mot den mänskliga faktorn.

För vårt arbete vore det intressant att se tester avseende variation av total fönsterarea på ett bostadshus. Fönsterarea i relation till fasadarea är ett nyckeltal som arkitekter ofta använder, och kan därför vara lämpligt att bilägga de beräknade fallen i vårt arbete.

För vidare undersökning av arkitektoniska trender rekommenderar Mats den svenska arkitekturtidskriften *Arkitektur*, samt den internationella *Architecture Review*.

## 4.2 Litteratur

Som ses i intervjuerna ovan är det enbart tidskrifter som rekommenderas för vidare undersökning av arkitektoniska trender. Tryckta böcker är i sammanhanget ett för långsamt medium för att spegla det senaste inom arkitektur. Den litterära undersökningen innefattar således endast tidskrifter.

De tidskrifter som studerats är sentida nummer av de rekommenderade *Arkitektur*, *Mark*, *Detail* och *Architecture Review*. Förstnämnda speglar främst arkitektur i Norden, med fokus på Sverige; resterande speglar arkitektur globalt. Gemensamt för innehållet i de fyra tidskrifterna är att de i majoriteten av sina artiklar behandlar det senaste inom arkitektur.

Det som vid en första anblick i tidskrifterna står uppenbart är den boxism som Johan Sundberg nämnde när han intervjuades – de flesta byggnader är geometriskt enkla och på ett eller annat sätt uppbyggda av rätblock. Dessa byggnader har genomgående släta klimatskal, men ofta utstickande uppvärmda byggnadsdelar.

Även byggnader uppbyggda av polyeder avvikandes från rätblocket förekommer, men är allt ovanligare. Dessa är ofta väldigt ekivoka och utgör snarare innovativa experiment än realistiska byggnader, även om avvikelser såklart förekommer. Exempel på de mer realistiska är monumentlika bostadshus i samma anda som Malmös Turning Torso.

Överlag förhåller sig bostadshus dock till den förstnämnda boxistiska kategorin. Hos dessa syns det i flertalet fall en stor miljömedvetenhet, med energianvändning i fokus, vilket förklarar den enkla, rätblocksdominerade utformningen (se *Övergripande arkitektur* kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

### 4.3 Studiebesök

Några regelrätta studiebesök har inte gjorts. Dock har vi, författarna, under arbetets gång, så fort tillfälle givits, likt österländska turister studerat byggnader i vår omgivning. Städer vars arkitektur studerats är bland annat Malmö, Lund, Helsingborg, Stockholm, Uppsala, Köpenhamn och Oslo.

Två byggnader som ger intryck av att vara arkitektoniskt i framkant såväl som stilbildande är de nya operahusen i Köpenhamn och Oslo. Gemensamt för de två är en avskalad arkitektur med släta ytor och enkel geometri – båda husen är i grunden uppbyggda kring ett större rätblock. Dock har det förstnämnda kompletterats med ett större, organiskt format glasparti, och det sistnämnda med volymer avvikande från rätblocket.

Norra Hamnen i Helsingborg och i Västra Hamnen i Malmö har också, enligt rekommendation från Kim Utzon, studerats. Arkitekturen där förhåller sig till nymodernism hos i princip samtliga byggnader. Vita, av rätblock uppbyggda bostäder där endast ouppvärmda byggnadsdelar bryter de släta fasaderna, är dominerande.

En relativt ny, arkitektoniskt hyllad byggnad i anslutning till Västra Hamnen är Turning Torso. Här är dock arkitekturen mer organisk, med en byggnadskropp som är vriden kring sin egen lodräta axel. Turning Torso kan ses som representant för de monumentlika byggnader, ofta med avancerad geometri, som setts i de flesta av de besökta städerna.

Generellt för de nyuppförda bostadshus som studerats är att de i majoriteten av fallen, arkitektoniskt, sällar sig till nymodernismen. Volymer utgjorda av rätblock, skarpa konturer, släta fasader där endast ouppvärmda byggnadsdelar sticker ut, samt penthouse med takterrasser på flerbostadshus är allestädes rådande.

### 4.4 Intern kommunikation

Examensarbetet är utfört på Skanska AB:s kontor i Malmö. Således har en mycken intern kommunikation förefunnits, framför allt med personer inom konceptet *SXCR*. Bland annat har vi, författarna, medverkat vid ett antal möten och även en workshop på Skanska AB:s kontor i Oslo rörande projektet *Singel & Multi – Energy*. Vid dessa tillfällen har vårt arbete i många fall diskuterats, vilket utmynnat i tips och önskemål för arbetets resultat. Även värden till de parametrar som känslighetsanalysen berör har rådgjorts om.

I de fall vi har använt oss av tips, önskemål eller värden som diskuterats fram, snarare än nämnts av en enskild person, refereras det till som ”Intern kommunikation”. Den interna kommunikationen redovisas alltså inte i sin helhet, och får högst periferiskt räknas till empirin.



## 5 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen, nämnd i kapitel 1.3 *Förutsättningar och avgränsning*, har utförts med beräkning av energianvändning i energisimuleringsprogrammet *VIP-Energy, version 1.0.0*<sup>1</sup> som matematisk modell – arkitekturen har varierats och övriga parametrar har hållits konstanta.

I detta kapitel beskrivs och redovisas de konstanta parametrarna. Plattformarna *S1* och *M2*<sup>2</sup> inbegriper olika konstruktions- och installationstekniska lösningar, och följaktligen har konstanta parametrar tagits fram individuellt för de två plattformarna.

De konstanta parametrarna är framtagna genom intern kommunikation och i samråd med Björn Berggren för att representera ett gemensamt standardvärde av i dag för konceptet *SXCR* i Sverige, Norge och Finland. ”Gemensamt” för att känslighetsanalysen ska vara tillämpbar i samtliga av de tre länderna, ”standardvärde av i dag” för att göra resultatets relevans så långlivad som möjligt. Sistnämnda utgår ifrån antagandet att när bostadshus i framtiden får lägre värmeförluster, vilket de ständigt får, är det troligaste att samtliga energiflöden som avger värme reduceras likvärdigt. Analogt blir således förhållandet dessa flöden emellan det samma, vilket gör att arkitekturens inverkan på energianvändning kommer att stå oförändrad.

Värt att poängtera är också att de specifika värdena för energianvändning, som känslighetsanalysen har resulterat i, i sig inte är det väsentliga. Vad arbetet vill belysa är *skillnaden* i energianvändning mellan de beräknade fallen. Således har vikt lagts vid att ta fram värden för de konstanta parametrarna som väl speglar arkitekturens inverkan på energianvändning, snarare än värden som optimalt speglar energianvändning.

Redovisning av vad som beräknats, samt beräkningarnas resultat, sker i kapitel 6 *Resultat*.

### 5.1 Parametrar i *VIP-Energy*<sup>3</sup>

*Nedan följer beskrivning av ingående parametrar i VIP-Energy. Rubrikerna representerar sammalunda indelning av parametrar som den i programmet.*

#### 5.1.1 Byggnadsdelar

Under denna rubrik definieras parametrar för samtliga byggnadsdelar; de i klimatskalet såväl som de invändiga. Var byggnadsdelarna används är självförklarande. Även markegenskaper definieras, där till byggnaden angränsande typ av berg- eller jordart anges.

---

<sup>1</sup> Se kapitel 3.1.2 *Energisimuleringsprogrammet VIP-Energy* för beskrivning av *VIP-Energy*.

<sup>2</sup> Se kapitel 2.1.2 *Plattformar* för beskrivning av plattformarna.

<sup>3</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

Vad byggnadsdelar anbelangar definieras inledningsvis, förutom för fönster och dörrar, materialsammansättning för de enskilda byggnadsdelarna, utifrån vilket U-värde för föreliggande byggnadsdel räknas fram. U-värdet kan därefter genom funktionen *Delta U-värde* justeras – detta utan att materialsammansättning, och därmed värmekapacitet för byggnadsdelen ändras.

För byggnadsdelar i klimatskalet, återigen undantaget fönster och dörrar, definieras även solabsorption. Den parametern avser byggnadsdelarnas utvändiga färg och ytstruktur. Ett värde mellan 0 och 100 % anges, vilket motsvarar en totalt reflekterande respektive en totalt absorberande yta.

Fönster och dörrar definieras på ett lite annorlunda sätt. För dessa anges ingen materialsammansättning, och programmet räknar därför inte fram något U-värde. Detta anges istället manuellt, tillsammans med glasandel, total och direkt soltransmittans, samt läckflöde.

Glasandel, som varierar med fönsterstorlek och således även med arkitekturen, anger förhållandet mellan horisontell glas- och karmarea hos fönstren. Total och direkt soltransmittans anger hur stor andel solvärme respektive hur stor andel solstrålning som passerar genom föreliggande fönster.

Läckflöde, vilket definieras för samtliga byggnadsdelar i klimatskalet, avser byggnadsdelens lufttäthet. Parametern anges i [ $l/sm^2$ ] för en tryckskillnad på 50 Pa mellan föreliggande byggnadsdels sidor.

Invändiga byggnadsdelar påverkar endast genom sin värmekapacitet, varför enbart materialsammansättning definieras för dessa.

För samtliga byggnadsdelar definieras slutligen orientering, area, samt högsta och lägsta nivå. Dessa parametrar varierar med arkitekturen.

Orientering anger en byggnadsdels placering i föreliggande byggnad. Bland annat anges ifall byggnadsdelen tillhör klimatskalet eller är invändig. För byggnadsdelar tillhörande klimatskalet anges vilket väderstreck deras ytterarea är riktad mot. Area är självförklarande och nivå anger hur byggnadsdelen är placerad i höjdd. Sistnämnda anges för att ta hänsyn till höjddes skillnader i lufttryck, vilket inverkar på byggnadsdelens läckflöde.

### 5.1.2 Solskydd

Under rubriken solskydd definieras invändiga och utvändiga solskydd. Dessa kan därefter appliceras på fönster.

### 5.1.3 Köldbryggor

I *VIP-Energy* kan köldbryggor tas hänsyn till genom att de byggs upp som 2- eller 3-dimensionella modeller. Detta är dock relativt invecklat och tidskrävande, varför vi i våra beräkningar, efter samråd med Björn Berggren, istället har använt oss av  $\Psi$ -värde för att ta hänsyn till de huvudsakliga

köldbryggorna. Dessa har således mängdats, varvid längderna multiplicerats med föreliggande  $\Psi$ -värde. En byggnadsdel utan värmekapacitet och läckflöde har därefter lagts till aktuell byggnad, med ett U-värde som ger samma transmissionsförluster som köldbryggorna sammanlagt.

#### 5.1.4 Formfaktorer

Formfaktorer anges för att ta hänsyn till lokala vindförhållanden som avviker ifrån föreliggande klimatfil (se kapitel 5.1.7 *Klimat och allmänna indata*).

#### 5.1.5 Driftfall

Under denna rubrik definieras driftfall avseende processenergi<sup>1</sup>, personvärme, tappvarmvatten och rumstemperaturer.

Processenergi är uppdelad i en kategori för verksamhetsenergi och en för fastighetsenergi. I dessa anges respektive energi som värmeenergi till rumsluft och som externt<sup>2</sup> avgiven energi.

Personvärme anger hur mycket personenergi som tillförs byggnaden, och tappvarmvatten anger mängden energi som går till värmning av varmvatten.

Rumstemperaturer definieras som ett intervall med högsta och lägsta tillåtna temperatur, vilket anger när kyla och värme ska tillföras föreliggande byggnad.

Driftfall läggs därefter in i ett tidschema där det anges vilka timmar under året som det är verksamt.

#### 5.1.6 Klimat och allmänna indata

Under klimat och allmänna indata definieras klimatort, horisontalvinkel, vindhastighet, lufttryck, solreflektion från mark, ventilationsvolym och golvarea.

Klimatort anges utifrån en klimatfil som representerar det klimat föreliggande byggnad ska simuleras i.

Horisontalvinkel är vinkeln mellan horisonten och det horisontella planet som skär byggnadens höjdlades mittpunkt. För klimatfilerna är horisontalvinkeln vanligtvis noll i alla vädersträck. Således anges horisontalvinkel för att ta hänsyn till lokala förhållanden, såsom till exempel närliggande byggnader. En högre horisontalvinkel ger lägre solexponering.

Vindhastighet är en parameter där vindhastigheten ifrån föreliggande klimatfil kan modifieras. Lufttryck anger utvändigt lufttryck för föreliggande byggnad.

---

<sup>1</sup> Processenergi är energi som tillförs till en byggnad efter verksamhetens behov, oberoende av uppvärmnings- och/eller kylbehov.

<sup>2</sup> Externt i detta sammanhang innebär att energin som avges inte är värmeenergi, och således inte påverkar bostadshusets energibalans (se kapitel 3.1 *Energianvändning* för beskrivning av energibalans).

Solreflektion från mark, ventilationsvolym och golvarea är självförklarande. Förstnämnda anges på samma vis som solabsorption beskriven i kapitel 5.1.1 *Byggnadsdelar*. De två sista inverkar på ventilationsflöde respektive processenergi.

#### 5.1.7 Installationssystem

Under installationssystem definieras solvärme, uppvärmning, tappvarmvatten, värmepump, komfortkyla och dimensionerande utetemperatur.

Under solvärme anges parametrar för solfångare, ifall det nyttjas.

Uppvärmning anger hur stor andelen av uppvärmning för rum som går till cirkulationspumpar i värmesystemet, och tappvarmvatten anger temperaturer anges kall- och tappvarmvatten, samt eventuell grad för återvinning av värmeenergi till tappvarmvatten från spillvatten.

Värmepump avser parametrar för värmepump, som anges ifall det nyttjas.

Komfortkyla anger vilken typ av kylutrustning som nyttjas: passiv kyla, kylmaskin eller fjärrkyla. Passiv kyla innebär kylning genom öppnande av fönster och/eller dörrar; kylmaskin och fjärrkyla är installationer för luftkonditionering.

Dimensionerande utetemperatur anger ett temperaturintervall, utanför vilket värme- och kylsystem får reducerad drift.

#### 5.1.8 Ventilationssystem

Under ventilationssystem definieras ventilationsaggregat, samt deras luftomsättning och vilka timmar under året de är verksamma.

För varje aggregat definieras tillufts- och frånluftsfläkt, verkningsgrad på återvinning, lägsta tilluftstemperatur, samt flödesreduktion via utetemperatur.

För tillufts- och frånluftsfläkt anges fläktryck och verkningsgrad, vilket påverkar föreliggande fläkts effekt respektive elförbrukning.

Verkningsgrad på återvinning anger hur stor värmeåtervinningen är för frånluft, och lägsta tilluftstemperatur anger minimitemperatur för tilluft.

Under flödesreduktion via utetemperatur anges ett temperaturintervall för utetemperatur, utanför vilket tilluftsflödet reduceras med angiven procentsats.

## 5.2 Single Family House – Platform S1

Nedan följer redovisning av de parametrar som hållits konstanta i beräkningarna för enfamiljshus.

### 5.2.1 Byggnadsdelar<sup>1</sup>

Då lufttäthet anges för sig, redovisas i detta kapitel endast de material som är värmeisolerande. Alla byggnadsdelar och dess inbördes parametrar är standard för plattformen. Materialen i byggnadsdelarna anges utifrån och in.

Läckflöde: 0,55 [l/s m<sup>2</sup>], för samtliga byggnadsdelar.

Area för byggnadsdelar i klimatskalet har angivits som invändig area vettande mot uppvärmd rumsluft, förutom för väggar där area angivits med hela den invändiga höjden, inklusive mellanbjälklag. Area för mellanbjälklag har angivits som invändig area vettande mot ovanliggande uppvärmd rumsluft, och area för innerväggar har angivits som 114 % av föreliggande boarea.

Kommentar: Av arean för byggnadsdelar i klimatskalet följer att  $\Psi$ -värdet för köldbryggan *Mellanbjälklag–Yttervägg* är angiven efter den norska modellen, och övriga köldbryggor efter den svenska. Resultatmässigt skiljer sig modellerna inte åt. Procentsatsen för innerväggar är framräknad efter ritningar till plattformens referenshus<sup>2</sup>.

*Markegenskaper:* Lera, dränerad sand, dränerad grus vlt 1,4.<sup>3</sup>

### Grund

Platta på mark.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Dränerad grus	200	1 000
Cellplast	300	1 400
Betong	100	800

*U-värde:* 0,100 [W/m<sup>2</sup>K].

---

<sup>1</sup> Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Single Family House – Platform S1, Version 1.0*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Se kapitel 7.3.4.1 *Single 1 – The Reference House* för beskrivning av referenshuset.

<sup>3</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

## Ytterväggar

Bärande isolerad yttervägg med träregelstomme.

Material	Tjocklek [mm]	Värmekapacitet [Ws/kgK]
Cellplast	45	1 400
Gipsskiva	13	1 100
Regl/isol*	145	964
Gipsskiva	13	1 100

\*Skiktet är inmatat i *VIP-Energy* som ett sammansatt skikt bestående av 100 mm mineralull/träreolar 45 x 100 cc 600, 45 mm mineralull/träreolar 45 x 45 cc 600.

*U*-värde: 0,207 [W/m<sup>2</sup>K].

*Solabsorptionsvärde*: 70 %.

Kommentar: Normalvärde för solabsorption på väggar är 50–70 %, där 70 % motsvarar en relativt mörk vägg.<sup>1</sup>

## Innerväggar

Icke bärande ljudisolerad innervägg med träregelstomme.

Material	Tjocklek [mm]	Värmekapacitet [Ws/kgK]
Gipsskiva	13	1 100
Regl/isol 45 x 95 cc 600 mm	95	962
Gipsskiva	13	1 100

## Fönster<sup>2</sup>

*U*-värde: 0,94 [W/m<sup>2</sup>K].

Kommentar: *U*-värdet gäller för ett standardfönster med ytterkarmmått 1 200 x 1 200 mm. Minskad area ger högre *U*-värde, och vice versa. En tabell framtagen av fönstertillverkaren har givit exakta *U*-värden.

För beräkning av *Glasandel* har karmtjockleken 101,5 mm använts.

*Total soltransmittans*: 49 %.<sup>34</sup>

*Direkt soltransmittans*: 41 %.<sup>34</sup>

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> SP. (2007). *U-värdesberäkning*. Tryckt källa.

<sup>3</sup> Pilkington. (2009). *Glasfakta 2009 – Värmeisolering*.

<sup>4</sup> Helena Bülow-Hübe. Thyréns AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig Källa.

## Dörrar<sup>1</sup>

### *Dörrar med stort glasparti*

*U-värde:* 1,30 [W/m<sup>2</sup>K].

Kommentar: U-värdet gäller för en dörr med ytterkarmmått 1 000 x 2 100 mm och glasmått 800 x 1 600 mm. Då utformningen inom *Dörrar med stort glasparti* varierats högs marginellt, gäller U-värdet för samtliga dörrar i denna kategori.

*Total soltransmittans:* 69 %.<sup>2</sup>

*Direkt soltransmittans:* 58 %.<sup>2</sup>

### *Dörrar med litet glasparti*

*U-värde:* 1,20 [W/m<sup>2</sup>K].

Kommentar: U-värdet gäller för en dörr med ytterkarmmått 1 000 x 2 100 mm och glasmått 300 x 1 300 mm. Då utformningen inom *Dörrar med litet glasparti* varierats högs marginellt, gäller U-värdet för samtliga dörrar i denna kategori.

*Total soltransmittans:* 69 %.<sup>2</sup>

*Direkt soltransmittans:* 58 %.<sup>2</sup>

### *Dörrar utan glasparti*

*U-värde:* 1,20 [W/m<sup>2</sup>K].

Kommentar: U-värdet gäller för en dörr med ytterkarmmått 1 000 x 2 100 mm.

## Mellanbjälklag

Ljudisolerat mellanbjälklag med träregelstomme.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Regl/isol 45 x 220 cc 1 200 mm	220	901
Gipsskiva	13	1 100

<sup>1</sup> Swedoor. (2010). *Mått & Fakta 2010*.

<sup>2</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

### Tak med uppvärmt vindsutrymme

Isolerat tak med uppvärmt vindsutrymme och träregelstomme.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Regl/isol 45 x 400 cc 1 200 mm	400	885
Gipsskiva	13	1 100

*U-värde:* 0,097 [W/m<sup>2</sup>K].

*Solabsorptionsvärde:* 90 %.

Kommentar: Värdet motsvarar svart takpapp.<sup>1</sup>

### Tak med ouppvärt vindsutrymme

Isolerat tak med ouppvärt vindsutrymme och träregelstomme.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Lösull	180	750
Regl/isol 45 x 220 cc 1 200 mm	220	964
Gipsskiva	13	1 100

*U-värde:* 0,087 [W/m<sup>2</sup>K].

*Solabsorptionsvärde:* 90 %.

Kommentar: Värdet motsvarar svart takpapp.<sup>1</sup>

### 5.2.2 Solskydd

Solskydd har bortsetts från då det inte är standard för plattformen.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Single Family House – Plattform S1, Version 1.0*. Tryckt källa.



### 5.2.3 Köldbryggor<sup>1</sup>

<i>Köldbrygga</i>	<i>Ψ-värde [W/mK]</i>
Grund–Yttervägg	0,175 <sup>2</sup>
Yttervägg–Yttervägg	0,010
Yttervägg–Fönster-/Dörrkarm	0,090
Mellanbjälklag–Yttervägg	0,020
Yttervägg–Tak	0,020

Kommentar: Ψ-värdet för köldbryggan *Mellanbjälklag–Yttervägg* är angiven efter den norska modellen, övriga efter den svenska (se kapitel

*5.2.1 Byggnadsdelar*).

### 5.2.4 Formfaktorer

Formfaktorer har bortsetts från.

### 5.2.5 Driftfall<sup>3</sup>

För enfamiljshus har endast ett driftfall använts, vilket presenteras nedan.

## **Processenergi**

### *Verksamhetsenergi*

*Rumsluft:* 2,40 [W/m<sup>2</sup>].

*Extern:* 1,03 [W/m<sup>2</sup>].

Kommentar: Värdet representerar 30,0 [kWh/m<sup>2</sup>] processenergi, där 70 % går till rumsluft och 30 % avges externt.

### *Fastighetsenergi*

*Rumsluft:* 0,0 [W/m<sup>2</sup>]

*Extern:* 0,0 [W/m<sup>2</sup>].

Kommentar: Parametrarna är satta till noll då fastighetsenergi vanligtvis inte förekommer i enfamiljshus. <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Laursen, Tobias; Tapper, Christofer. (2009). *Energi- och fuktanalys av ett träbyggnadssystem för flerbostadshus*. Tryckt källa

<sup>2</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>3</sup> SVEBY. (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*.

### **Personvärme**

1,46 [W/m<sup>2</sup>].

Kommentar: Värdet representerar schablonvärdet 1,0 [W/m<sup>2</sup>] för personvärme adderat med 20 % av värdet för tappvarmvatten (se nedan i detta kapitel).

Detta för att *VIP-Energy* annars inte tillgodoräknar värmeenergi ifrån tappvarmvatten (denna avges till fullt genom spillvatten), vilket inte stämmer överens med verkligheten.<sup>1</sup>

### **Tappvarmvatten**

2,28 [W/m<sup>2</sup>].

Kommentar: Värdet representerar 20,0 [kWh/m<sup>2</sup>], årsschablonvärdet för enfamiljshus.

### **Rumstemperatur**

*Högsta temperatur:* 26° C.

*Lägsta temperatur:* 21° C.<sup>2</sup>

### **Tidsschema för driftfall**

Ovan beskrivna driftfall är verksamt alla timmar om året.<sup>2</sup>

## 5.2.6 Klimat och allmänna indata

### **Klimatort**

Stockholm-2007.

### **Horisontalvinkel<sup>3</sup>**

20°, för samtliga väderstreck.

Kommentar: Värdet motsvarar måttlig omkringliggande innerstadsbebyggelse.

### **Vindhastighet<sup>1</sup>**

50 %, för samtliga väderstreck.

Kommentar: Värdet motsvarar måttlig omkringliggande innerstadsbebyggelse.

Normalvärdet ligger mellan 45 och 70 %, vilket motsvarar innerstadsbebyggelse respektive något skyddad bebyggelse.

### **Lufttryck**

1 000 hPa.<sup>1</sup>

Kommentar: Värdet representerar 1 atm, normalt lufttryck.

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>3</sup> Forum för energieffektiva byggnader. (2009). *Metodrapport – Underlag för kriteriedokument*.

## **Solreflektion från mark<sup>1</sup>**

35 %.

Kommentar: Värdet representerar medelvärdet av normala värden för solreflektion, som ligger på 20–50 %.

## **5.2.7 Installationssystem<sup>2</sup>**

### **Solvärme**

Solvärme har bortsetts från då det inte är standard för plattformen.<sup>3</sup>

### **Uppvärmning**

1 %.

### **Tappvarmvatten**

*Temperatur kallvatten:* 8° C.

*Temperatur varmvatten:* 55° C.

*Återvinning till tappvarmvatten:* 0 %.

### **Värmepump**

Värmepump har bortsetts från då det inte påverkar energianvändning.

### **Komfortkyla**

Passiv kyla.<sup>3</sup>

### **Dimensionerande utetemperatur**

*Högsta temperatur:* 100° C.

*Lägsta temperatur:* -100° C.

Kommentar: Värdena medför att drift inte har reducerats.

## **5.2.8 Ventilationssystem**

### **Primärt fläktsystem**

*Tilluft:* 0,50 oms/h.<sup>4</sup>

*Frånluft:* 0,50 oms/h.<sup>4</sup>

*Verksamhet:* Det primära fläktsystemet är verksamt alla timmar om året.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>3</sup> Skanska AB. (2009). *Plattform Manual: Single Family House – Plattform S1, Version 1.0*. Tryckt källa.

<sup>4</sup> Intern kommunikation. Muntlig källa.

### ***Tilluftsfläkt<sup>1</sup>***

*Fläkttryck:* 600 Pa.

Kommentar: Värdet motsvarar normalvärdet för tilluftsfläkttryck med återvinning.

*Verkningsgrad:* 55 %.

Kommentar: Värdet motsvarar medelvärdet av normala värden för verkningsgrad, som ligger på 50–60 %.

### ***Frånluftsfläkt<sup>1</sup>***

*Fläkttryck:* 500 Pa.

Kommentar: Värdet motsvarar normalvärdet för frånluftsfläkttryck med återvinning.

*Verkningsgrad:* 55 %.

Kommentar: Värdet motsvarar medelvärdet av normala värden för verkningsgrad, som ligger på 50–60 %.

### ***Verkningsgrad återvinning***

85 %.<sup>2</sup>

### ***Lägsta tilluftstemperatur***

18° C.<sup>3</sup>

### ***Flödesreduktion via utetemperatur<sup>3</sup>***

*Högsta temperatur:* +20° C.

*Lägsta temperatur:* -20° C.

*Tilluftsflöde:* 100 %.

Kommentar: Genom att ange tilluftsflödet som 100 % nyttjas inte flödesreduktion.

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Single Family House – Platform S1, Version 1.0*. Tryckt källa.

<sup>3</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

## **Köksfläkt**

*Tilluft:* 0,00 oms/h.

*Frånluft:* 1,30 oms/h.

Kommentar: Värdena är framtagna genom beräkning av luftomsättning för en standard köksfläkt<sup>1</sup> i plattformens referenshus<sup>2</sup>, verksam i en halvtimme om dagen på full effekt. Då det i programmet endast går att lägga in fläktars verksamhet timme för timme, har omsättning för en halvtimme räknats om till en hel timme, och därefter angivits (se *Verksamhet* nedan).

*Verksamhet:* Köksfläkten är verksam en timme om dagen, alla dagar om året.

Kommentar: Den timme om dagen som köksfläkten är verksam adderas luftomsättningarna för denna till det primära fläktsystemet, vilket innebär att den totala luftomsättningen då blir 0,50 oms/h för tilluft och 1,80 oms/h för frånluft.

## **Tilluftsfläkt**

*Fläkttryck:* 0 Pa.

*Verkningsgrad:* 0 %.

## **Frånluftsfläkt<sup>3</sup>**

*Fläkttryck:* 200 Pa.

Kommentar: Värdet motsvarar normalvärdet för frånluftsfläkttryck utan återvinning.

*Verkningsgrad:* 55 %.

Kommentar: Värdet motsvarar medelvärdet av normala värden för verkningsgrad, som ligger på 50–60 %.

## **Verkningsgrad återvinning**

0 %.

## **Lägsta tilluftstemperatur**

Ingen tilluft.

---

<sup>1</sup> Tretti.se. (-). *Decor 785 – Decor-Line*.

<sup>2</sup> Se kapitel 7.3.4.1 *Single 1 – The Reference House* för beskrivning av referenshuset.

<sup>3</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

***Flödesreduktion via utetemperatur<sup>1</sup>***

*Högsta temperatur: +20° C.*

*Lägsta temperatur: -20° C.*

*Tilluftsflöde: 100 %.*

Kommentar: Genom att ange tilluftsflödet som 100 % nyttjas inte flödesreduktion.

---

<sup>1</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

## 5.3 Multi Family House – Platform M2

Nedan följer redovisning av de parametrar som hållits konstanta i beräkningarna för flerfamiljshus.

### 5.3.1 Byggnadsdelar<sup>1</sup>

Då lufttäthet anges för sig, redovisas i detta kapitel endast de material som är värmeisolerande. Alla byggnadsdelar och dess inbördes parametrar är standard för plattformen. Materialen i byggnadsdelarna anges utifrån och in.

Läckflöde: 0,50 [l/s m<sup>2</sup>], för samtliga byggnadsdelar.

Area för byggnadsdelar i klimatskalet har angivits som invändig area vettande mot uppvärmd rumsluft, förutom för väggar där area angivits med hela den invändiga höjden, inklusive mellanbjälklag. Area för mellanbjälklag har angivits som invändig area vettande mot ovanliggande uppvärmd rumsluft, och area för innerväggar har angivits som 78 % av föreliggande boarea.

Kommentar: Av arean för byggnadsdelar i klimatskalet följer att  $\Psi$ -värdet för köldbryggan *Mellanbjälklag–Yttervägg* är angiven efter den norska modellen, och övriga köldbryggor efter den svenska. Resultatmässigt skiljer sig modellerna inte åt. Procentsatsen för innerväggar är framräknad efter ritningar till plattformens referenshus<sup>2</sup>.

Markegenskaper: Lera, dränerad sand, dränerad grus vlt 1,4.<sup>3</sup>

### Källargrund

Källargrund av betong.

Material	Tjocklek [mm]	Värmekapacitet [Ws/kgK]
Dränerad grus	200	1 000
Cellplast	150	1 400
Betong	150	800

U-värde: 0,240 [W/m<sup>2</sup>K].

---

<sup>1</sup> Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Multi Family House – Platform M2, Version 1.0*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Se kapitel 7.3.5.1 *Multi 1 – The Reference House* för beskrivning av referenshuset.

<sup>3</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

## Källarväggar

Bärande källarvägg av betong.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Dränerad grus	200	1 000
Isodrän	150	1 000
Betong	150	800

*U-värde:* 0,262 [W/m<sup>2</sup>K].

## Grund

Platta på mark.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Dränerad grus	200	1 000
Cellplast	250	1 400
Betong	150	800

*U-värde:* 0,153 [W/m<sup>2</sup>K].

## Ytterväggar

Ytterväggen för flerfamiljshus representerar ett mellanting av en bärande sandwichvägg av betong och cellplast, och en icke bärande utfackningsvägg.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Betong	45	800
Cellplast	200	1 400
Betong	45	800

*U-värde:* 0,190 [W/m<sup>2</sup>K].

*Solabsorptionsvärde:* 70 %.

Kommentar: Normalvärde för solabsorption på väggar är 50–70 %, där 70 % motsvarar en relativt mörk vägg.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.



## Innerväggar

Innerväggen för flerbostadshus representerar ett mellanting av en bärande betongvägg och en icke bärande träregelvägg.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Gips	13	1 100
Regl/isol cc 600 mm	45	962
Betong	100	800

## Fönster<sup>1</sup>

*U-värde:* 0,94 [W/m<sup>2</sup>K].

Kommentar: U-värdet gäller för ett standardfönster med ytterkarmmått 1 200 x 1 200 mm. Minskad area ger högre U-värde, och vice versa. En tabell framtagen av fönstertillverkaren har givit exakta U-värden.

För beräkning av *Glasandel* har karmtjockleken 101,5 mm använts.

*Total soltransmittans:* 49 %.<sup>23</sup>

*Direkt soltransmittans:* 41 %.<sup>23</sup>

## Dörrar

### *Entrédörrar*

*U-värde:* 1,00 [W/m<sup>2</sup>K].<sup>4</sup>

Kommentar: U-värdet gäller för en dörr med ytterkarmmått 1 300 x 2 300 mm och glasmått 800 x 2 100 mm. Då utformningen inom *Entrédörrar* varierats högs marginellt, gäller U-värdet för samtliga dörrar i denna kategori.

*Total soltransmittans:* 69 %.<sup>5</sup>

*Direkt soltransmittans:* 58 %.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> SP. (2007). *U-värdesberäkning*. Tryckt källa.

<sup>2</sup> Pilkington. (2009). *Glasfakta 2009 – Värmeisolering*.

<sup>3</sup> Helena Bülow-Hübe. Thyréns AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig Källa.

<sup>4</sup> Intern kommunikation. Muntlig källa.

<sup>5</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

### **Balkongdörrar**

*U-värde:* 1,00 [W/m<sup>2</sup>K].<sup>1</sup>

Kommentar: U-värdet gäller för en dörr med ytterkarmmått 1 000 x 2 300 mm och glasmått 800 x 2 100 mm.

*Total soltransmittans:* 69 %.<sup>2</sup>

*Direkt soltransmittans:* 58 %.<sup>2</sup>

### **Mellanbjälklag**

Mellanbjälklag av betong.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Betong	280	800

### **Tak**

Tak av betong och cellplast.

<i>Material</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Värmekapacitet [Ws/kgK]</i>
Cellplast	400	1 400
Betong	300	800

*U-värde:* 0,105 [W/m<sup>2</sup>K].

*Solabsorptionsvärde:* 90 %.

Kommentar: Värdet motsvarar svart takpapp.<sup>2</sup>

### **5.3.2 Solskydd**

Solskydd har bortsetts från då det inte är standard för plattformen.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Intern kommunikation. Muntlig källa.

<sup>2</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>3</sup> Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Multi Family House – Platform M2, Version 1.0*. Tryckt källa.

### 5.3.3 Köldbryggor<sup>1</sup>

<i>Köldbrygga</i>	<i>Ψ-värde [W/mK]</i>
Grund–Yttervägg	0,150
Yttervägg–Yttervägg	0,030
Yttervägg–Fönster-/Dörrkarm	0,030
Mellanbjälklag–Yttervägg	0,175
Yttervägg–Balkong	0,200
Yttervägg–Tak	0,030

Kommentar: Ψ-värdet för köldbryggan *Mellanbjälklag–Yttervägg* är angiven efter den norska modellen, övriga efter den svenska (se kapitel 5.3.1 *Byggnadsdelar*).

### 5.3.4 Formfaktorer

Formfaktorer har bortsetts från.

### 5.3.5 Driftfall<sup>2</sup>

För enfamiljshus har endast ett driftfall använts, vilket presenteras nedan.

#### **Processenergi**

##### *Verksamhetsenergi*

*Rumsluft:* 2,40 [W/m<sup>2</sup>].

*Extern:* 1,03 [W/m<sup>2</sup>].

Kommentar: Värdet representerar 30,0 [kWh/m<sup>2</sup>] processenergi, där 70 % går till rumsluft och 30 % avges externt.

##### *Fastighetsenergi*

*Rumsluft:* 0,0 [W/m<sup>2</sup>]

*Extern:* 0,60 [W/m<sup>2</sup>].

#### **Personenergi**

1,68 W/m<sup>2</sup>.

Kommentar: Värdet representerar schablonvärdet 1,0 [W/m<sup>2</sup>] för personvärme adderat med 20 % av värdet för tappvarmvatten (se nedan i detta kapitel).

Detta för att *VIP-Energy* annars inte tillgodoräknar värmeenergi ifrån tappvarmvatten (denna avges till fullo genom spillvatten), vilket inte stämmer överens med verkligheten.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>2</sup> SVEBY. (2009). *Brucarindata för energiberäkningar i bostäder*.

<sup>3</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

### **Tappvarmvatten**

3,42 [W/m<sup>2</sup>].

Kommentar: Värdet representerar 30,0 [kWh/m<sup>2</sup>], årsschablonvärdet för flerfamiljshus.

### **Rumstemperatur**

*Högsta temperatur: 26° C.*

*Lägsta temperatur: 21° C.<sup>1</sup>*

### **Tidsschema för driftfall**

Ovan beskrivna driftfall är verksamt alla timmar om året. <sup>1</sup>

## 5.3.6 Klimat och allmänna indata

### **Klimatort**

Stockholm-2007.

### **Horisontalvinkel<sup>2</sup>**

20°, för samtliga väderstreck.

Kommentar: Värdet motsvarar måttlig omkringliggande innerstadsbebyggelse.

### **Vindhastighet<sup>3</sup>**

50 %, för samtliga väderstreck.

Kommentar: Värdet motsvarar måttlig omkringliggande innerstadsbebyggelse.

Normalvärdet ligger mellan 45 och 70 %, vilket motsvarar innerstadsbebyggelse respektive något skyddad bebyggelse.

### **Lufttryck**

1 000 hPa.<sup>3</sup>

Kommentar: Värdet representerar 1 atm, normalt lufttryck.

### **Solreflektion från mark<sup>3</sup>**

35 %.

Kommentar: Värdet representerar medelvärdet av normala värden för solreflektion, som ligger på 20–50 %.

---

<sup>1</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>2</sup> Forum för energieffektiva byggnader. (2009). *Metodrapport – Underlag för kriteriedokument*.

<sup>3</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

### 5.3.7 Installationssystem<sup>1</sup>

#### **Solvärme**

Solvärme har bortsetts från då det inte är standard för plattformen.<sup>2</sup>

#### **Uppvärmning**

1 %.

#### **Tappvarmvatten**

*Temperatur kallvatten: 8° C.*

*Temperatur varmvatten: 55° C.*

*Återvinning till tappvarmvatten: 0 %.*

#### **Värmepump**

Värmepump har bortsetts från då det inte påverkar energianvändning.

#### **Komfortkyla**

Passiv kyla.<sup>2</sup>

#### **Dimensionerande utetemperatur**

*Högsta temperatur: 100° C.*

*Lägsta temperatur: -100° C.*

Kommentar: Värdena medför att drift inte har reducerats.

### 5.3.8 Ventilationssystem

#### **Primärt fläktsystem**

*Tilluft: 0,70 oms/h.<sup>3</sup>*

*Frånluft: 0,70 oms/h.<sup>3</sup>*

*Verksamhet:* Det primära fläktsystemet är verksamt alla timmar om året.<sup>1</sup>

#### **Tilluftsfläkt<sup>4</sup>**

*Fläkttryck: 600 Pa.*

Kommentar: Värdet motsvarar normalvärdet för tilluftsfläkttryck med återvinning.

*Verkningsgrad: 55 %.*

Kommentar: Värdet motsvarar medelvärdet av normala värden för verkningsgrad, som ligger på 50–60 %.

---

<sup>1</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>2</sup> Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Multi Family House – Platform M2, Version 1.0.* Tryckt källa.

<sup>3</sup> Intern kommunikation. Muntlig källa.

<sup>4</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk.*

### ***Frånluftsfläkt<sup>1</sup>***

*Fläkttryck:* 500 Pa.

Kommentar: Värdet motsvarar normalvärdet för frånluftsfläkttryck med återvinning.

*Verkningsgrad:* 55 %.

Kommentar: Värdet motsvarar medelvärdet av normala värden för verkningsgrad, som ligger på 50–60 %.

### ***Verkningsgrad återvinning***

85 %.<sup>2</sup>

### ***Lägsta tilluftstemperatur***

18° C.<sup>3</sup>

### ***Flödesreduktion via utetemperatur<sup>3</sup>***

*Högsta temperatur:* +20° C.

*Lägsta temperatur:* -20° C.

*Tilluftsflöde:* 100 %.

Kommentar: Genom att ange tilluftsflödet som 100 % nyttjas inte flödesreduktion.

### **Köksfläkt**

*Tilluft:* 0,00 oms/h.

*Frånluft:* 1,59 oms/h.

Kommentar: Värdena är framtagna genom beräkning av luftomsättning för en styck standard köksfläkt<sup>4</sup> i var och en av lägenheterna i plattformens referenshus<sup>5</sup>, verksamma i en halvtimme om dagen på full effekt. Då det i programmet endast går att lägga in fläktars verksamhet timme för timme, har omsättning för en halvtimme räknats om till en hel timme, och därefter angivits (se *Verksamhet* nedan).

*Verksamhet:* Köksfläkten är verksam en timme om dagen, alla dagar om året.

Kommentar: Den timme om dagen som köksfläkten är verksam adderas luftomsättningarna för denna till det primära fläktsystemet, vilket innebär att den totala luftomsättningen då blir 0,70 oms/h för tilluft och 2,29 oms/h för frånluft.

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> Skanska AB. (2009). *Plattform Manual: Multi Family House – Plattform M2, Version 1.0*. Tryckt källa.

<sup>3</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

<sup>4</sup> Tretti.se. (-). *Decor 785 – Decor-Line*.

<sup>5</sup> Se kapitel 7.3.5.1 *Multi 1 – The Reference House* för beskrivning av referenshuset.

### ***Tilluftsfläkt***

*Fläkttryck:* 0 Pa.

*Verkningsgrad:* 0 %.

### ***Frånluftsfläkt<sup>1</sup>***

*Fläkttryck:* 200 Pa.

Kommentar: Värdet motsvarar normalvärdet för frånluftsfläkttryck utan återvinning.

*Verkningsgrad:* 55 %.

Kommentar: Värdet motsvarar medelvärdet av normala värden för verkningsgrad, som ligger på 50–60 %.

### ***Verkningsgrad återvinning***

0 %.

### ***Lägsta tilluftstemperatur***

Ingen tilluft.

### ***Flödesreduktion via utetemperatur<sup>2</sup>***

*Högsta temperatur:* +20° C.

*Lägsta temperatur:* -20° C.

*Tilluftsflöde:* 100 %.

Kommentar: Genom att ange tilluftsflödet som 100 % nyttjas inte flödesreduktion.

---

<sup>1</sup> Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*.

<sup>2</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.





## 6 Resultat

I detta kapitel presenteras examensarbetets huvudsakliga resultat: manualen, nämnd i kapitel 1.3 *Förutsättningar och avgränsning*. Då denna enkannerligen är en fristående entitet, samt ter sig tämligen extensiv, är den dock placerad sist i rapporten, efter *Referenser*. Således bryts inte rapportens flöde, analys av resultatet förkovras och manualen kan vid användning avnjutas utan omvärvande formalia.

För de som läser detta arbete från pärm till pärm rekommenderas att kapitel 6 *Resultat* läses inklusive manualen, innan kapitel 7 *Analys* påbörjas.



## 7 Analys

*I detta kapitel analyseras metodik, empiri och resultat.*

### 7.1 Analys av metodik

Som ses i kapitel 4 *Empiri* är det intervjuer som dominerat empirin. Detta för att resultatet av dessa, i jämförelse med litteratur och studiebesök, visade sig vara betydligt mer givande.

Intervjuerna genomfördes med personer som mer eller mindre kan anses vara experter inom det aktuella ämnet. Stoff till arbetet insöps således med stor fermitet, vilket resulterade i ett kvantitativt såväl som kvalitativt underlag för det fortsatta arbetet.

Litteratur för det aktuella ämnet var tämligen svårfunnen, vilket medförde att undersökning i den kategorin begränsades till enbart tidskrifter.

Studiebesök kom av tidsskäl att reduceras till blott en observation av arkitektur i vår omgivning.

För känslighetsanalysens beräkning och grafiska redovisning nyttjades *VIP-Energy* respektive *SketchUp*. Båda datorprogrammen har givit fullgoda resultat och samtidigt tittat sig relativt rationella vad tid beträffar, vilket föranleder skepsis mot att andra tillvägagångssätt skulle ha varit mer vederbörliga.

### 7.2 Analys av empiri

Beträffande arkitektur är resultatet av empirin, presenterat i kapitel 4 *Empiri*, förvånansvärt sammanhållet. Intervjuer, litteratur och studiebesök ger i princip samma bild av rådande och kommande arkitektoniska klimat. Således får resultatet anses relativt tillförlitlig.

Även om de personer som intervjuats ofta hade inseende i hela Nordens arkitektur, var det lämpligt att intervjua personer från de tre länder som konceptet *SXCR* berör. Att det inte finns några större arkitektoniska skillnader mellan Sverige, Norge och Finland har således bekräftats av personer från samtliga länder.

Likaså att intervjua Kim Utzon, för att på så sätt få en inblick i framtidens arkitektur, var ett gynnsamt drag. Kim instämde i att Danmark är ett föregångsland i Norden, vilket märktes tydligt genom bland annat miljömedvetenheten som börjar uppstå i övriga Norden men som enligt Kim redan blomstrar i Danmark.

När det gäller undersökning angående anpassning av resultatet till användning i projekteringsskede gav den mer spridda skurar. Förslag på diverse tester och på utformning av resultatet har mottagits, och i största möjliga mån hör sammats.

I nästföljande kapitel, 7.2 *Analys av resultat*, redogörs, bland annat, för de resultat av empirin som beaktats i detta arbete.

### 7.3 Analys av resultat

*Nedan analyseras manualen, presenterad i kapitel 6 Resultat. Analysen inbegriper kommentarer samt koppling av resultatet till teori och empiri.*

#### 7.3.1 Allmänt

Till övervägande del presenterar manualen bostadshus med redovisad energianvändning, vilket efterfrågats i intern kommunikation såväl som i intervjun med Jan Pechan. I de fall det varit möjligt har resultaten även generaliserats till relationer där energianvändning står i förhållande till en arkitektonisk storhet.

#### 7.3.2 Layout och övergripande innehåll

Ledstjärna för manualens layout har varit oförblommerad enkelhet – de individuella bostadshusen och relationerna ska vara självförklarande. För att kunna urskönja kontentan bör dock kapitel 1 *Introduction* skummas igenom. Nästföljande två kapitel, 2 *Settings* och 3 *Definitions*, riktar sig mer till de vetgiriga.

I det första av dessa kapitel, 2 *Settings*, redogörs för de premisser som beräkningarna är utförda under. Jämfört med kapitel 5 *Känslighetsanalys* i rapporten, är dock redogörelsen här något nerbantad så att endast de mest påverkande faktorerna redovisas – detta för att inte göra kapitlet onödigt tungt.

Kapitel 3 *Definitions* definierar de begrepp som förekommer i manualen. Poängteras bör att *Enclosing Area* och *Façade Area* är definierade med hela den invändiga höjden, inklusive mellanbjälklag (se kapitel 5.2.1 *Byggnadsdelar* och 5.3.1 *Byggnadsdelar*). I *SXCR*:s föreliggande länder<sup>1</sup> skiljer sig standarden för detta åt: Sverige och Finland har exklusive mellanbjälklag och Norge har mellanbjälklaget inkluderat. Det senare alternativet valdes då det i sammanhanget känns mest logiskt – areorna följer mönstret för *Living Area*, som i samtliga av länderna definieras som bruttoarea – och även förefaller mest medgörligt för arkitekter att beakta. Övriga definitioner uppvisar, så att säga, inga konstigheter.

Manualens huvudsakliga innehåll presenteras i två kapitel: ett vardera för bostadshus inom *SXCR*:s plattformar *S1* och *M2*. Båda kapitlen inleds med plattformens respektive referenshus, och följs därefter av ett antal kapitel representerande de arkitektoniska variationer som tagits i beaktande. Dessa inbegriper två eller flera bostadshus, samt ett samband där resultat av variationen redovisas.

---

<sup>1</sup> Se kapitel 2.1 *Konceptet SXCR* för beskrivning av *SXCR*.

Överst för varje bostadshus, förutom på referenshusen, står en procentsats som redogör för hur föreliggande hus, avseende energianvändning, förhåller sig till aktuellt referenshus. Direkt efterföljande är två eller flera bilder som redovisar bostadshusets arkitektur. Bilderna är skissartade; detaljerade på en nivå som speglar noggrannheten, såväl som vad vi tagit hänsyn till i beräkningarna.

Avslutande för varje bostadshus är ett kort typografiskt avsnitt där beskrivning, energiprestanda och arkitektoniska storheter för huset redovisas. De parametrar som redovisas för energiprestanda och arkitektur är valda med intervjuer och intern kommunikation som grund. Då de främst är skillnaden husen emellan som är av intresse i manualen, presenteras värde för dessa parametrar med antalet värdesiffror något i överkant, med tanke på beräkningarnas precision. Detta för att skillnaderna, som ibland är relativt små, inte ska försummas.

Relationerna utgörs i samtliga fall av ett diagram, som åskådliggör resultatet av föreliggande arkitektoniska variation.

### 7.3.3 Allmänt om arkitektur

För att sammanfatta kapitel 4 *Empiri* är det främst tre stilar som i dag är rådande, och även fortsättningsvis ser ut att vara det: nymodernism, hållbar utformning och en förenklad kubism. Samtliga av dessa stilar avspeglas i den övergripande arkitektur som brukats till bostadshusen i manualen.

Nymodernismen har påverkat på så vis att bostadshusen i flertalet fall är enkla, ändamålsenliga byggnader med släta fasader där rektangulära former dominerar.

Hållbar utformning har influerat arkitekturen till ett geometriskt enkelt uttryck där omslutande area och mängden köldbryggor har hållits till ett minimum.

Den förenklade kubismen kan sägas representera den boxism som Johan Sundberg nämnt i intervju. Istället för att reducera former till de geometriska grundformerna reduceras former här endast till rektanglar. Bostadshusen i manualen utgörs således till en övervägande majoritet av volymer uppbyggda av rätblock.

Som nämnts i flertalet intervjuer, och även observerats i litteratur och studiebesök, är det även attraktivt att bygga släta fasader med utstickande uppvärmda byggnadsdelar. Sådana byggnadsdelar inverkar inte nämnvärt på föreliggande bostadshus energianvändning, förutom då balkonger appliceras på flerbostadshus (se bostadshus *Multi 24* i manualen)<sup>1</sup>. Således har detta tagits hänsyn till genom att hålla samtliga fasader relativt släta, där det sedan är fritt fram för läsaren att föreställa sig diverse uppvärmda additament.

---

<sup>1</sup> Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola. Muntlig källa.

### 7.3.4 Single Family House – Platform S1

*I det följande analyseras kapitlet Single Family House – Platform S1 i manualen. Rubrikerna nedan avser likalydande rubriker i nämnda kapitel.*

#### 7.3.4.1 Single 1 – The Reference House

Referenshuset är framtaget av arkitekter inom konceptet SXCR för att representera ett standard enfamiljshus, och har tjänat som utgångspunkt för resterande bostadshus i kapitlet.

#### 7.3.4.2 Orientation

I intern kommunikation, såväl som i intervju med Jan Pechan, Johan Sundberg och Lars-Erik Ulseth efterfrågades test avseende variation av fönsters orientering hos ett bostadshus.

Då referenshuset har relativt varierande andel av fönsterarea fasaderna emellan, har test av fönsterorientering utförts genom rotation av referenshuset. Som ses i relationen blir energianvändning lägst när fasaden med störst andel av fönsterarea orienteras emot syd (se *Orientering* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*). Detta till följd av solinstrålningen, vilken vid denna orientering blir som störst.

#### 7.3.4.3 Orientation Thermal Bridges

Att orientering av köldbryggor inte inverkar på energianvändning är en vedertagen kunskap hos personer med grundläggande byggteknisk bakgrund. Lika etablerat är det dock inte hos renodlade arkitekter, varför föreliggande test har utförts.

Husets form, där klimatskalets innermått utgör en kub, anspelar på hållbar utformning. Fasaden med det myckna antalet mindre fönster är inspirerad av kubismen, på det vis att ett organsikt mönster reducerats till geometriska grundformer. Således kan huset förhoppningsvis tjäna även som ett byggbart exempel, och inte bara som ett test.

#### 7.3.4.4 Window Percentage

I intern kommunikation, såväl som i intervju med Lars-Erik Ulseth och Mats White efterfrågades test avseende variation av fönsterarea hos ett bostadshus.

Relationen visar en linjär funktion, där ökad fönsterarea medför ökad energianvändning. Detta huvudsakligen till följd av att fönster har högre U-värde än vägg, och ökad fönsterarea således medför ökat totalt U-värde för föreliggande bostadshus. Med ökad fönsterarea tilltar även solinstrålning, vilket dock inte väger upp för nämnda tilltagande av transmissionsförlust.

#### 7.3.4.5 Window Dimension

I intern kommunikation efterfrågades test avseende variation av fönsters storlek.

Relationen visar en i det närmaste linjär funktion, där ökad fönsterdimension vid konstant fönsterarea medför minskad energianvändning. Detta till följd av att stora fönster har lägre U-värde än små (se *Fönsterstorlek* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*), samt att längden för köldbryggan yttervägg–fönsterkarm avtar vid tilltagande fönsterdimension, och totalt U-värde för föreliggande bostadshus således minskar med ökad fönsterdimension.

#### 7.3.4.6 Variation of the Reference House

Som ses i relationen får bostadshus med enkel, ifrån kuben ringa avvikande geometri en jämförelsevis låg energianvändning (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*). Detta till följd av att kuben i sammanhanget är den geometriska form som innehar minst omslutande area i förhållande till volym, och således är behäftad med lägst transmissionsförlust.

U-värde för tak och grundkonstruktion är i förhållande till ytterväggar ungefär hälften så stort, vilket förklarar varför till exempel *Single 19*, där en majoritet av klimatskalet utgörs av just tak och grundkonstruktion, får låg energianvändning.

#### 7.3.4.7 Duplex

I intern kommunikation efterfrågades test avseende referenshuset dubblat till ett duplexhus.

Se 7.2.4.6 *Variation of the Reference House* för analys av geometrin.

#### 7.3.4.8 Triplex

I intern kommunikation efterfrågades test avseende referenshuset tredubblat till ett triplexhus.

Se 7.2.4.6 *Variation of the Reference House* för analys av geometrin.

#### 7.3.4.9 Row-house

I intervju med Johan Sundberg, Lars-Erik Ulseth och Kim Utzon efterfrågades test avseende radhus.

Relationen visar en exponentiellt avtagande funktion, där ökat antal bostäder medför minskad energianvändning. Detta huvudsakligen till följd av att förhållandet mellan omslutande area och boarea, liksom mängden köldbryggor, minskar med ökat antal bostäder (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.4.10 *Building Size*

I intern kommunikation efterfrågades test avseende variation av storlek inom samma geometri.

Geometrin för klimatskalet utgörs i detta fall av en kub, vilket anspelar på hållbar utformning. Som ses i relationen medför ökad storlek inom samma geometri minskad energianvändning. Detta huvudsakligen till följd av att förhållandet mellan omslutande area och boarea minskar med ökad storlek (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.4.11 *Details*

I intervju med Jan Pechan efterfrågades test avseende ett bostadshus med och utan burspråk.

Under denna rubrik har referenshuset med burspråk, såväl som med entréhall och uppvärmt vindsutrymme testats. Som ses i relationen blir energianvändningen i samtliga fall högre än hos referenshuset. Detta huvudsakligen till följd av att förhållandet mellan omslutande area och boarea ökar, och/eller att mängden köldbryggor ökar (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.4.12 *Standard Houses*

I intern kommunikation, såväl som i intervju med Johan Sundberg nämndes att byggnation av klassiska 1½-plansvillor, främst till följd av detaljplan, förekommer.

Energianvändningen för bostadshusen i denna kategori blir, i fallen där uppvärmd volym innefattar snedtak, tämligen missvisande. Detta främst på grund av att förhållandet mellan omslutande och boarea blir förhållandevis litet (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).



### 7.3.5 Multi Family Houses – Platform M2

*I det följande analyseras kapitlet Multi Family House – Platform M1 i manualen. Rubrikerna nedan avser likalydande rubriker i nämnda kapitel.*

#### 7.3.5.1 Multi 1 – The Reference House

Referenshuset är framtaget av arkitekter inom konceptet SXCR för att representera ett standard flerfamiljshus, och har tjänat som utgångspunkt för resterande bostadshus i kapitlet.

#### 7.3.5.2 Orientation

Se kapitel 7.3.4.2 *Orientation*.

#### 7.3.5.3 Orientation Thermal Bridges

Se kapitel 7.3.4.3 *Orientation Thermal Bridges*.

#### 7.3.5.4 Window Percentage

Se kapitel 7.3.4.4 *Window Percentage*.

#### 7.3.5.5 Window Dimension

Se kapitel 7.3.4.5 *Window Dimension*.

#### 7.3.5.6 Variation of the Reference House

I intern kommunikation efterfrågades test avseende lamell- kontra punkthus.

Som ses i relationen medför kompakt utformning inom samma boarea, lägre energianvändning än utdragen dito (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.5.7 Length

I intern kommunikation, såväl som i intervju med Vesa Laukkanen har det efterfrågats test avseende byggnadslängd.

Relationen visar en exponentiellt avtagande funktion där ökad byggnadslängd medför lägre energianvändning. Detta huvudsakligen till följd av att förhållandet mellan omslutande area och boarea minskar med ökad byggnadslängd (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.5.8 Width

I intern kommunikation såväl, som i intervju med Vesa Laukkanen efterfrågades test avseende byggnadsbredd.

Relationen visar en exponentiellt avtagande funktion där ökad byggnadsbredd medför lägre energianvändning. Detta huvudsakligen till följd

av att förhållandet mellan omslutande area och boarea minskar med ökad byggnadslängd (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.5.9 Height

I intern kommunikation såväl, som i intervju med Vesa Laukkanen efterfrågades test avseende byggnadshöjd.

Som ses i relationen medför subtraktion eller addition av reguljära våningsplan hos referenshuset varken minskad eller ökad energianvändning. När våningar adderas blir förhållandet mellan omslutande area och boarea mindre, samtidigt som det totala U-värdet blir högre, vilket i det här fallet tar ut varandra. Att U-värdet ökar vid addering av reguljära våningsplan beror på att mängden köldbryggor ökar, samt att även andelen vägg i klimatskalet, vilken har högre U-värde än tak och grund, ökar.

#### 7.3.5.10 Building Size

Se kapitel 7.3.4.10 *Building Size*.

#### 7.3.5.11 Details

I intervju med Jan Pechan efterfrågades test avseende ett bostadshus med och utan burspråk.

Under denna rubrik har referenshuset med burspråk, såväl som med ett antal andra detaljer testats. *Multi 24* utgör ett bostadshus med balkonger, vilket redogör för hur trenden att applicera utstickande ouppvärmade byggnadsdelar på bostadshus inverkar på energianvändning.

Som ses i relationen blir energianvändning högre när förhållandet mellan omslutande area och boarea, liksom mängden köldbryggor, ökar (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

#### 7.3.5.12 Complex

I intervju med Mats White och Kim Utzon nämndes att fokus mer och mer flyttas ifrån byggnaden till områdesnivå. Bostadshusen i denna kategori är anpassade efter detta på så vis att de skapar naturliga anslutande områden.

Som ses i relationen blir energianvändningen högre när förhållandet mellan omslutande area och boarea, liksom mängden köldbryggor, ökar (se *Övergripande arkitektur* i kapitel 3.3.1 *Allmänt*).

### 7.3.6 Arkitektoniska variationer som inte har beaktats

På grund av plattformarnas ramar<sup>1</sup> har den organiska utformning som Vesa Laukkanen nämnde i intervju, och som i många fall är rådande hos de monumentlika byggnader som nämns i empirin, inte beaktats. Av samma

---

<sup>1</sup> Se kapitel 2.1.2 *Plattformar* för beskrivning av plattformarna.

anledning har inte heller tester gjorts där fönster dragits in respektive ut i fasaden, vilket Lars-Erik Ulseth efterfrågat i intervju.



## 8 Slutsats

Ett tvåfaldigt ja, besvaras problemställningen<sup>1</sup> med. Både att dra upp riktlinjer och att se mönster i resultaten har visat sig genomförbart.

Hos den första frågan har kriteriet ”relativt enkla metoder” fullgjorts genom handfasta undersökningar av arkitektur och anpassning, samt genom framtagande och redovisning av riktlinjerna medelst två datorprogram av elementärt slag.

”Övergripande” i samverkan med ”adekvata” har fullgjorts genom empirin, där vederbörlig undersökning har gjorts. Detta åtminstone för dagens arkitektur, då det såklart är vanskligt att framhålla undersökningen som vederbörlig för framtida företeelser. Med tanke på undersökningens consensus är det dock inte omöjligt att bebådandena visar sig bli fakticitet.

Hur väl riktlinjerna i realiteten är anpassade får givetvis utvärderas i efterhand, men utifrån den återigen vederbörliga undersökningen har även kriteriet ”anpassade” fullgjorts av empirin.

Som stöd till det jakande svaret på den andra frågan står ett antal samband (se manualen i kapitel 6 *Resultat*). Av dessa framstår sambanden avseende fönster på både en- och flerfamiljshusen, samt det avseende radhus för enfamiljshus, som de mest eminenta. Även sambandet avseende byggnadshöjd på flerfamiljshusen får anses remarkabelt – bevisligen inverkar byggnadshöjd för ett ordinärt flerbostadshus *inte* på energianvändning.

Poängteras bör att kriteriet ”allmänna” endast gäller inom de förutsättningar och avgränsningar som detta arbete inbegriper. Då dessa ramar i mångt och mycket överensstämmer med det generella bostadsbyggandet i Sverige, Norge och Finland, kan sambanden dock anses tämligen exoteriska.

### 8.1 Arkitekturens inverkan på energianvändning

Nedan presenteras övergripande slutsatser, som går att dra utifrån sambanden i manualen, angående arkitekturens inverkan på energianvändning. Slutsatserna avser klimatskalets geometri, samt i klimatskalet förlagda fönster och balkonger. Framhållas bör att energianvändning<sup>2</sup> avses per areaenhet, samt att ett ordinärt en-/flerfamiljshus avser plattformarnas respektive referenshus<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Se kapitel 1.2.1 *Problemställning* för arbetets problemställning.

<sup>2</sup> Se kapitel 1.8 *Terminologi* för definition av energianvändning.

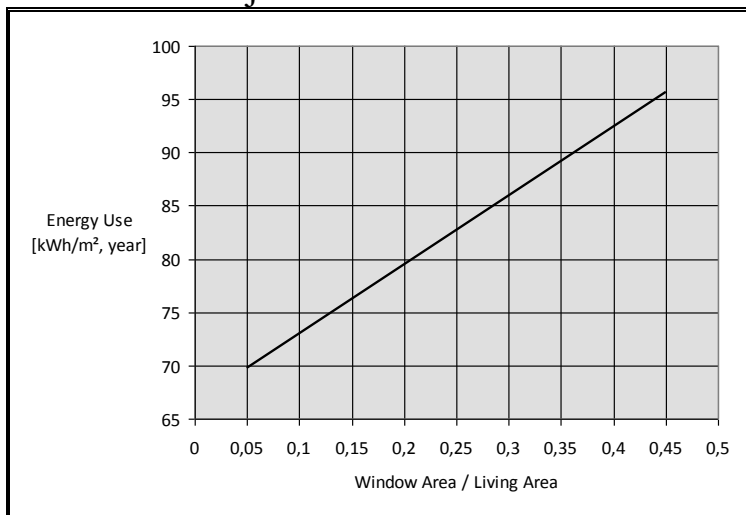
<sup>3</sup> Se kapitel 3.1 *Single 1 – The Reference House* och 4.1 *Multi 1 – The Reference House* i manualen, samt kapitel 7.3.4.1 *Single 1 – The Reference House* och 7.3.5.1 *Multi 1 – The Reference House* för definition respektive beskrivning av referenshusen.

## Generellt

- Bostadshus med enkel geometri har lägre energianvändning än bostadshus med veckad geometri.
- Bostadshus med kubformad geometri har lägre energianvändning än bostadshus med geometri avvikandes ifrån kuben.
- Inom samma geometri har stora byggnader lägre energianvändning än små byggnader.
- Stora fönster har lägre U-värde än små fönster.
- Köldbryggors orientering inverkar inte på energianvändning.

## Enfamiljshus

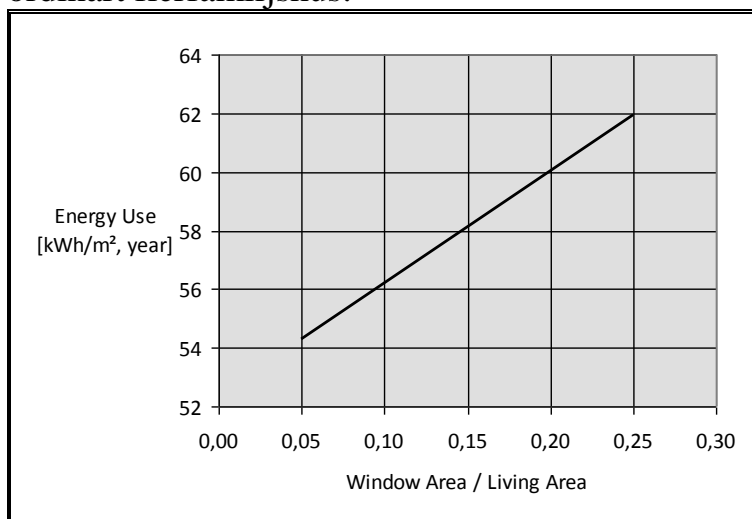
- Den approximerade inverkan av fönsterarea på energianvändning för ett ordinärt enfamiljshus:



- Inom samma totala fönsterarea ger fördubbling av arean för de individuella fönstren, och därmed halvering av antalet fönster, en sänkning av energianvändning på approximativt 7 [kWh/m², år] för ett ordinärt enfamiljshus.
- Dubbling av ett ordinärt enfamiljshus till ett duplexhus kan ge en sänkning av energianvändning på approximativt 18 %.
- Tredubbling av ett ordinärt enfamiljshus till ett triplexhus kan ge en sänkning av energianvändning på approximativt 20 %.
- Jämfört med ett ordinärt enfamiljshus har ett radhuskomplex med fem bostäder approximativt 24 % lägre energianvändning.
- Genom att addera en mindre veranda eller ett burspråk till ett ordinärt enfamiljshus ökar energianvändningen med approximativt 4 %.
- Orientering av ett ordinärt enfamiljshus har en diminutiv inverkan på energianvändning.

### *Flerfamiljshus*

- Den approximerade inverkan av fönsterarea på energianvändning för ett ordinärt flerfamiljshus:



- Inom samma totala fönsterarea ger fördubbling av arean för de individuella fönstren, och därmed halvering av antalet fönster, en sänkning av energianvändning på approximativt 2 [kWh/m², år] för ett ordinärt flerfamiljshus.
- Dubbling av invändig längd eller bredd hos ett ordinärt flerfamiljshus ger en sänkning av energianvändning på approximativt 5 respektive 9 %.
- Addition eller subtraktion av reguljära våningar i ett ordinärt flerfamiljshus har approximativt ingen inverkan på energianvändning.
- Subtraktion av källare hos ett ordinärt flerfamiljshus ger en sänkning av energianvändning på approximativt 2 %.
- Energianvändning för ett ordinärt flerfamiljshus ökar för addition av:  
*Ej pelarburna balkonger* med approximativt 0,3 %.  
*Fyra uppsättningar burspråk* med approximativt 3 %.  
*Indragna, ej pelarburna balkonger* med approximativt 6 %.





## 9 Diskussion

Initialt bör komplexiteten understrykas i det arbete vi har utfört. För att ta fram riktlinjer avseende arkitekturens inverkan på energianvändning behöver de parametrar, utöver de arkitektoniska, som inverkar på föreliggande byggnads/byggnaders energibalans definieras noggrant. Då dessa parametrar på ett generellt plan fluktuerar å det grövsta, krävs det mer eller mindre, för att resultatet ska få en tillbörlig ackuratess, att ett framtagande av nämnt slag görs inom en avgränsning liknande vårt arbetes.

Avgränsningen till trots får vårt resultat ett förhållandevis vidsträckt spektrum. Detta då de plattformar som avgränsat till stor del representerar genomsnittet för byggnation av bostadshus i de tre föreliggande länderna, och resultatet, följaktligen, i många fall även går att tillämpa på bostadshus utanför resultatets direkta fokus.

För att jämföra med *EcoDesigner* är vårt resultat avsett att beaktas tidigare i projekteringsskedet av byggnader. I *EcoDesigner* beräknas energianvändning för uppritade byggnader, medan vårt resultat inbegriper riktlinjer som är avsedda att beaktas redan innan övergripande arkitektur för byggnader fastställs. Således kan energimedveten utformning medelst vårt resultat i än större utsträckning praktiseras.

Nämnavärt är dock vikten av att väga vårt resultat mot den mänskliga faktorn när det används i projekteringsskede. Även om resultatet i grund och botten avser att förstärka just hänsyn till den mänskliga faktorn, bör byggnader självfallet inte utformas med enbart medvetenhet för energianvändning. Lika viktigt är det att aspekter avseende byggnaders direkta trevnad beaktas, så att upprepning inte sker av det som stundom vederfors miljonprogrammet (se kapitel 4.1.5 *Arkitekt Johan Sundberg*).

Om mer tid hafts till förfogande är det, förutom ytterligare tester av arkitektoniska variationer (se kapitel 10 *Vidare studier*), huvudsakligen en evaluering av framtidens arkitektur så som Göran Hydbom i intervju beskriver, som skulle ha stärkt resultatet. Utvecklingsriktningar för befolkningspyramid, boendeform, medvetenhet för hållbar utveckling, BNP, individualism hos befolkning, segregation, säkerhet, teknologi, krav på energianvändning från myndigheter och andra faktorer som påverkar boende och därmed arkitektur, kunde ha tagits fram och extrapolerats. Således hade antecipationen av framtidens arkitektur förmodligen blivit aningen mer ackurat. För sammalunda ändamål hade även arkitektur i USA, Schweiz, Tyskland och Japan kunnat studeras noggrannare (se kapitel 4.1 *Intervjuer*).

För att återknyta till bakgrunden kan det nämnas att vi för Skanska AB:s räkning också gjort en sammanfattning av manualen. Sammanfattningen är uppbyggd likt den i kapitel 8.1 *Arkitekturens inverkan på energianvändning* och tar knappt fem minuter att beakta – en oansenlig tidsrymd som kan spara stora mängder energi. Ett inte allt för långsökt exempel är att en godtycklig

person i denna sammanfattning, eller i manualen eller rapporten, ser att radhuskomplex har betydligt lägre energianvändning än friliggande enfamiljshus. Om nämnda person ämnar bygga fem bostäder, och efter beaktande av vårt resultat bygger ett radhuskomplex med fem bostäder istället för fem friliggande enfamiljshus, sparar det omkring 15 000 kWh per år. Av de 60 % som WBCSD klargör att byggsektorn behöver sänka sitt energianvändande med, motsvarar det ungefär 0,0000000000000003 %.

Här skulle det vara trevligt att ta till ordspråket ”många bäckar små”, men tyvärr är det nog så att det krävs ett uppbåd av tsunamier snarare än några bäckar för att få denna värld på rätt köl igen, och att nämnda procentsats i högre grad belyser problemets omfattning än berättigar oss, författarna, en god nattsömn.

Slutligen vill vi ändock, för att befästa vår position som pretentiösa filantroper och även motivera vårt val av titel, framföra en förhoppning att vårt arbete likt dess namn ifrån 1933 av H. G. Wells, inte bara lyckats percipiera framtiden utan också i största möjliga mån kan komma att påverka den.

## 10 Förslag på vidare studier

På grund av tidsskäl har en del tester prioriterats bort, vilka i vidare studier skulle kunna komplettera detta arbete. Dessa tester är:

- Rotation av byggnad där fönster kvarstår i sin ursprungliga orientering, företrädesvis utfört på en ovanifrån sett rektangulär byggnad så att sol- och vindexponering av fasader varierar.
- Omplacering av fönster hos en byggnad, företrädesvis med en större omplacering ifrån nord- till sydfasad.
- Applicering av solskydd, företrädesvis på referenshusen.

Som ytterligare komplement till vårt arbete skulle kostnad för byggnation, beräknad livslängd, driftskostnad, samt total miljöpåverkan för de inbördes byggnaderna kunna tilläggas. Detta för att beakta arkitekturens inverkan på energianvändning ur ett livscykelperspektiv (se kapitel *4.1 Intervjuer*).



## Referenser

### Digitala källor

BP (BP plc). (2010). *Statistical Review of World Energy 2009*. Tillgänglig: <[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2008/STAGING/local\\_assets/2009\\_downloads/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2009.xls#Primary](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2009_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2009.xls#Primary)> (2010-03-23).

Forum för energieffektiva byggnader. (2009). *Metodrapport – Underlag för kriteriedokument*. Tillgänglig: <[http://www.energieffektivabyggnader.se/download/18.75d7780712240e747ea80001068/Metodrapport+-+Underlag+till+kriteriedokument\\_slutversion\\_juli+2009.pdf](http://www.energieffektivabyggnader.se/download/18.75d7780712240e747ea80001068/Metodrapport+-+Underlag+till+kriteriedokument_slutversion_juli+2009.pdf)> (2005-04-16).

Graphisoft. (-). *Graphisoft EcoDesigner*. Tillgänglig: <<http://www.graphisoft.com/products/ecodesigner/>> (2010-03-20).

Habitat. (-). *Sustainable Architecture*. Tillgänglig: <[http://www.cebe.heacademy.ac.uk/learning/habitat/HABITAT4/beattie.html#\\_Toc397853444](http://www.cebe.heacademy.ac.uk/learning/habitat/HABITAT4/beattie.html#_Toc397853444)> (2010-05-20).

Isolerguiden 06:1. (2007). *Beräkning av värmegenomgångskoefficient,  $U_m$* . Tillgänglig: <<http://www.swedisol.se/sw762.asp>> (2010-05-14).

Pilkington. (2009). *Glasfakta 2009 – Värmeisolering*. Tillgänglig: <<http://www.pilkington.com/resources/varmeisolering109.pdf>> (2010-03-26).

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). (2009). *Renewables, Global Status Report 2009*. Tillgänglig: <[http://www.ren21.net/pdf/RE\\_GSR\\_2009\\_Update.pdf](http://www.ren21.net/pdf/RE_GSR_2009_Update.pdf)> (2010-03-23).

Skanska AB. (2010). *Our Green Initiative*. Tillgänglig: <<http://www.skanska.com/en/About-Skanska/Our-green-initiative/>> (2010-03-23).

Skanska AB. (2010). *Sustainability*. Tillgänglig: <<http://www.skanska.com/en/About-Skanska/Sustainability/>> (2010-03-23).

Strusoft AB. (-). *Beskrivning av VIP+*. Tillgänglig:  
<[http://vip.strusoft.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=18&Itemid=47&lang=sv](http://vip.strusoft.com/index.php?option=com_content&task=view&id=18&Itemid=47&lang=sv)> (2010-05-04).

Strusoft AB. (-). *Modules*. Tillgänglig:  
<<http://www.strusoft.com/?pageId=70&subId=1770&langId=1>>  
(2010-05-21).

Strusoft AB. (-). *Om energiberäkningar*. Tillgänglig:  
<[http://vip.strusoft.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=50&lang=sv](http://vip.strusoft.com/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=50&lang=sv)> (2010-05-04).

Strusoft AB. (2009). *VIP-Energy: Manual, Version 1.0.0, Svensk*. Tillgänglig:  
i programvaran *VIP-Energy*. (2010-05-04).

SVEBY. (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*. Tillgänglig:  
<[http://fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=21318051-6b04-44c1-89a4-6ad4002ec12e&MediaArchive\\_ForceDownload=true](http://fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=21318051-6b04-44c1-89a4-6ad4002ec12e&MediaArchive_ForceDownload=true)> (2010-02-12).

Swedoor. (2010). *Mått & Fakta 2010*. Tillgänglig:  
<[http://www.swedoor.se/sv\\_mof\\_2010\\_web\\_v2.pdf](http://www.swedoor.se/sv_mof_2010_web_v2.pdf)> (2010-03-22).

Tretti.se. (-). *Decor 785 – Decor-Line*. Tillgänglig:  
<[http://www.tretti.se/media/pdf/information\\_sheets/9457.pdf](http://www.tretti.se/media/pdf/information_sheets/9457.pdf)> (2010-03-24).

U.S. Environmental Protection Agency. (-). *Basic Information*. Tillgänglig:  
<<http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm>> (2010-05-20).

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). (2009).  
*Manifesto for Energy Efficiency in Buildings*. Tillgänglig:  
<<http://www.wbcd.org/DocRoot/Imq7CBXsnPx2lqgjNCCu/EEBManifesto.pdf>> (2010-03-23).

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). (2009).  
*Transforming the Market: Energy Efficiency in Buildings*. Tillgänglig:  
<[http://www.wbcd.org/DocRoot/COgEwGinIOMWld75K2gs/91719\\_EEBReport\\_WEB.pdf](http://www.wbcd.org/DocRoot/COgEwGinIOMWld75K2gs/91719_EEBReport_WEB.pdf)> (2010-03-23).

## Tryckta källor

Adamson, Bo; Hidemark, Bengt. (1986). *Sol • Energi • Form*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning. ISBN 91-540-4471-5.

Elitfönster. (2007). *U-värdesberäkning – AXH Elit Extreme 0,9*. Internt material. Rapportbeteckning: P700260D. Vetlanda: Elitfönster.

Hägerstedt, S. Olof. (2007). *Energieffektiviserande åtgärder i trähus*. Examensarbete. Rapport TVBH-5056. Avdelningen för Byggnadsfysik. Lunds Tekniska Högskola. ISRN LUTVDG/TVBH--07/5056--SE(203).

Ibelings, Hans. (2002). *Supermodernism: Architecture in the Age of Globalization*. Rotterdam: NAI Publishers. ISBN 90-5662-267-6.

Laursen, Tobias; Tapper, Christofer. (2009). *Energi- och fuktanalys av ett träbyggnadssystem för flerbostadshus*. Examensarbete. Rapport TVIT-5018. Avdelningen för Installationsteknik. Lunds Tekniska Högskola. ISRN LUTVDG/TVIT--09/5018--SE(117).

Sandin, Kenneth. (1996). *Värme och fukt*. Lund: KFS AB.

Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Multi Family House – Platform M2, Version 1.0*. Konfidentiellt material. Solna: Skanska AB.

Skanska AB. (2009). *Platform Manual: Single Family House – Platform S1, Version 1.0*. Konfidentiellt material. Solna: Skanska AB.

Sveriges Byggindustrier. (2008). *Undvik fel och fällor som ökar energianvändningen i byggnader*. Malmö: Sveriges Byggindustrier.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (2007). *U-värdesberäkning*. Internt material. Rapportbeteckning: P700260D. Vetlanda: Inwido Produktion AB.

Tietz, Jürgen. (2000). *Arkitekturens historia under 1900-talet*. Viken: Bokförlaget Replik AB. ISBN 3-8290-0943-7.

Valmarana, Mario. (1964). *Arkitektur*. Stockholm: Tidens Förlag.

Warfvinge, Catarina. (2007). *Installationsteknik AK för V*. Malmö: Studentlitteratur. ISBN 978-91-44-04880-2.

## **Muntliga källor**

Berggren, Björn. Skanska Sverige AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola.

Bülow-Hübe, Helena. Thyréns AB samt Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola.

Intern kommunikation. (Se kapitel 4.4 *Intern kommunikation*).

## **Multimediala källor**

Iommi, Tony; Osbourne, Ozzy; Butler, Geezer; Ward, Bill. (1973). *Sabbath Bloody Sabbath*. LP. Storbritannien: Vertigo.



## Skanska Xchange Center Residential

# Sensitivity Analysis

### The Impact of Architecture on Energy Use

Version: 1.0

Date: June 2010

Produced by: Fredrik Palm and Robin Pehrsson

## CONTENT

CONTENT .....	2
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>2 SETTINGS.....</b>	<b>6</b>
2.1 SINGLE FAMILY HOUSE – PLATFORM S1 .....	6
2.2 MULTI FAMILY HOUSE – PLATFORM M2 .....	8
<b>3 DEFINITIONS .....</b>	<b>10</b>
<b>4 SINGLE FAMILY HOUSE – PLATFORM S1 .....</b>	<b>12</b>
4.1 SINGLE 1 – THE REFERENCE HOUSE .....	12
4.2 ORIENTATION .....	14
4.2.1 <i>Single 2</i> .....	14
4.2.2 <i>Single 3</i> .....	16
4.2.3 <i>Single 4</i> .....	18
4.2.4 <i>Relation</i> .....	21
4.3 ORIENTATION THERMAL BRIDGES.....	22
4.3.1 <i>Single 5</i> .....	22
4.3.2 <i>Single 6</i> .....	24
4.3.3 <i>Single 7</i> .....	26
4.3.4 <i>Single 8</i> .....	28
4.3.5 <i>Relation</i> .....	31
4.4 WINDOW AREA.....	32
4.4.1 <i>Single 9</i> .....	32
4.4.2 <i>Single 10</i> .....	34
4.4.3 <i>Single 11</i> .....	36
4.4.4 <i>Single 12</i> .....	38
4.4.5 <i>Single 13</i> .....	40
4.4.6 <i>Single 14</i> .....	42
4.4.7 <i>Single 15</i> .....	44
4.4.8 <i>Relation</i> .....	47
4.5 WINDOW DIMENSION .....	48
4.5.1 <i>Single 16</i> .....	48
4.5.2 <i>Single 17</i> .....	50
4.5.3 <i>Single 18</i> .....	52
4.5.4 <i>Single Relation</i> .....	55
4.6 VARIATION OF THE REFERENCE HOUSE.....	56
4.6.1 <i>Single 19</i> .....	56
4.6.2 <i>Single 20</i> .....	58
4.6.3 <i>Single 21</i> .....	60
4.6.4 <i>Single 22</i> .....	62
4.6.5 <i>Relation</i> .....	65

4.7	DUPLEX .....	66
4.7.1	Single 23.....	66
4.7.2	Single 24.....	68
4.7.3	Single 25.....	70
4.7.4	Single 26.....	72
4.7.5	Relation .....	75
4.8	TRIPLEX.....	76
4.8.1	Single 27.....	76
4.8.2	Single 28.....	78
4.8.3	Relation .....	81
4.9	ROW-HOUSE .....	82
4.9.1	Single 29.....	82
4.9.2	Single 30.....	84
4.9.3	Single 31.....	86
4.9.4	Single 32.....	88
4.9.5	Single 33.....	90
4.9.6	Relation .....	93
4.10	BUILDING SIZE .....	94
4.10.1	Single 34.....	94
4.10.2	Single 35.....	96
4.10.3	Single 36.....	98
4.10.4	Relation .....	101
4.11	DETAILS.....	102
4.11.1	Single 37.....	102
4.11.2	Single 38.....	106
4.11.3	Single 39.....	110
4.11.4	Relation .....	113
4.12	STANDARD HOUSES .....	114
4.12.1	Single 40.....	114
4.12.2	Single 41.....	118
4.12.3	Single 42.....	122
4.12.4	Relation .....	125
<b>5</b>	<b>MULTI FAMILY HOUSE – PLATFORM M2 .....</b>	<b>126</b>
5.1	MULTI 1 – THE REFERENCE HOUSE.....	126
5.2	ORIENTATION .....	128
5.2.1	Multi 2 .....	128
5.2.2	Relation .....	131
5.3	ORIENTATION THERMAL BRIDGES.....	133
5.3.1	Relation .....	133
5.4	WINDOW AREA.....	134
5.4.1	Multi 3 .....	134
5.4.2	Multi 4 .....	136
5.4.3	Multi 5 .....	138
5.4.4	Relation .....	141

5.5	WINDOW DIMENSION .....	142
5.5.1	Multi 6 .....	142
5.5.2	Multi 7 .....	144
5.5.3	Multi 8 .....	146
5.5.4	Relation .....	149
5.6	VARIATION OF THE REFERENCE HOUSE .....	150
5.6.1	Multi 9 .....	150
5.6.2	Multi 10 .....	154
5.6.3	Multi 11 .....	156
5.6.4	Relation .....	159
5.7	LENGTH .....	160
5.7.1	Multi 12 .....	160
5.7.2	Multi 13 .....	162
5.7.3	Relation .....	165
5.8	WIDTH .....	166
5.8.1	Multi 14 .....	166
5.8.2	Multi 15 .....	168
5.8.3	Relation .....	171
5.9	HEIGHT .....	172
5.9.1	Multi 16 .....	172
5.9.2	Multi 17 .....	174
5.9.3	Relation .....	177
5.10	BUILDING SIZE .....	178
5.10.1	Multi 18 .....	178
5.10.2	Multi 19 .....	180
5.10.3	Multi 20 .....	182
5.10.4	Relation .....	185
5.11	DETAILS .....	186
5.11.1	Multi 21 .....	186
5.11.2	Multi 22 .....	188
5.11.3	Multi 23 .....	190
5.11.4	Multi 24 .....	192
5.11.5	Multi 25 .....	194
5.11.6	Multi 26 .....	198
5.11.7	Relation .....	201
5.12	COMPLEX .....	202
5.12.1	Multi 27 .....	202
5.12.2	Multi 28 .....	206
5.12.3	Multi 29 .....	210
5.12.4	Relation .....	213

## 1 INTRODUCTION

This document contains the result of the sensitivity analysis, executed as a part of the project *Single & Multi – Energy*. The sensitivity analysis considers the impact of architecture on energy use, within *Single Family Houses – Platform S1* and *Multi Family House – Platform M2*.

The document is meant to enhance energy consciousness in the design phase, and is directed to architects and project developers. The content is presented as houses with enclosed energy performance and architectural measurements, and as relations summarizing the architectural variations.

For the sensitivity analysis, calculation of energy use by the program *VIP-Energy* has served as the mathematical model: the architecture has been varied and all other parameters have been held constant within the current platform. The constant parameters are all standard for the platforms, and represent average values common for Sweden, Norway and Finland.

The content of this document is summarized into easy-to-use guidelines in the document *Checklist – The Impact of Architecture on Energy Use*.

## 2 SETTINGS

*In this chapter the settings for the underlying calculations of energy use are described.*

The calculations are performed in the energy simulation software *VIP-Energy, version 1.0.0*. The parameters in the following two chapters are constant for all calculations within the current platform, are all standard for the platforms, and represent average values common for Sweden, Norway and Finland.

The presented energy use for each building is a mean value for a year.

The program *VIP-Energy* is quite extensive and could be difficult for non-professionals to understand; therefore the presentation of program settings has been slightly simplified.

### 2.1 Single Family House – Platform S1

#### Building parts

The houses are constructed of planar elements of wood. The following building parts, all standard for Platform S1, are used:

Ground floor slab	U-value: 0,100 [W/m <sup>2</sup> K]
Exterior walls	U-value: 0,207 [W/m <sup>2</sup> K]
Interior walls	
Windows	U-value: 0,940 [W/m <sup>2</sup> K] for a 1 200 x 1 200 [mm] window. Smaller window → higher U-value. Vice versa.
Doors	U-value: 1,200 [W/m <sup>2</sup> K] for a 1 000 x 2 100; 300 x 1 300 [mm] door.
Glass doors	U-value: 1,300 [W/m <sup>2</sup> K] for a 1 000 x 2 100; 800 x 1 600 [mm] door.
Intermediate floors	
Roof	U-value: 0,087 [W/m <sup>2</sup> K]

Air tightness for all the building parts are 0,55 [l/sm<sup>2</sup>]

Note: In the calculations overall interior measurements, i.e. interior measurements including the intermediate floor edges in wall area, for building parts have been used.

#### Thermal bridges

Thermal bridges are calculated by multiplying  $\Psi$ -value with the current length of the thermal bridge. Thermal bridges taken into consideration are:

Ground floor slab–Exterior wall	$\Psi$ -value: 0,175 [W/mK]
Exterior wall–Exterior wall	$\Psi$ -value: 0,010 [W/mK]
Exterior wall–Window/door frame	$\Psi$ -value: 0,090 [W/mK]
Intermediate floor–Exterior wall	$\Psi$ -value: 0,020 [W/mK]
Exterior wall–Roof	$\Psi$ -value: 0,020 [W/mK]

Note: In the calculations of thermal bridges, overall interior measurements have been used.

## Solar shading

Solar shading has not been considered in the calculations.

## Operation cases

Process energy	20,0 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Person energy	8,76 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Hot-water	20,0 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Room temperature	21–26° C

## Climate and generic information

City	Stockholm
Horizontal angle	20° in all orientations.

## Installation systems

El. power circulation pump	1 % of room heating.
Water temperature	Cold: 8° C, Warm: 55° C
Type of cooling	Passive cooling, i.e. no cooling.

## Ventilation systems

### Main ventilation

Operating all hours of the year.

Heat exchange efficiency	85 %
Flow reduction	None.
Supply and Exhaust air	0,50 ACH

### Kitchen fan

Operating, together with the main fan, one hour per day, all days of the year.

Heat exchange efficiency	0 %
Flow reduction	None.
Supply and Exhaust air	1,30 ACH

## 2.2 Multi Family House – Platform M2

### Building parts

The houses are constructed of load bearing concrete elements and non load bearing light infill walls.

The following building parts, all standard for Platform M2, are used:

Cellar floor slab	U-value: 0,240 [W/m <sup>2</sup> K]
Cellar walls	U-value: 0,262 [W/m <sup>2</sup> K]
Ground floor slab	U-value: 0,153 [W/m <sup>2</sup> K]
Exterior walls	U-value: 0,190 [W/m <sup>2</sup> K]
Interior walls	
Windows	U-value: 0,940 [W/m <sup>2</sup> K] for a 1 200 x 1 200 [mm] window. Smaller window → higher U-value. Vice versa.
Balcony doors	U-value: 1,000 [W/m <sup>2</sup> K] for a 1 000 x 2 300 [mm] door
Intermediate floors	
Roof	U-value: 0,105 [W/m <sup>2</sup> K]

Air tightness for all the building parts are 0,50 [l/sm<sup>2</sup>]

Note: In the calculations overall interior measurements, i.e. interior measurements including the intermediate floor edges in wall area, for building parts have been used.

### Thermal bridges

Thermal bridges are calculated by multiplying  $\Psi$ -value with the current length of the thermal bridge.

Thermal bridges taken into consideration are:

Ground floor slab–Exterior wall	$\Psi$ -value: 0,150 [W/mK]
Exterior wall–Exterior wall	$\Psi$ -value: 0,030 [W/mK]
Exterior wall–Window/door frame	$\Psi$ -value: 0,030 [W/mK]
Intermediate floor–Exterior wall	$\Psi$ -value: 0,175 [W/mK]
Exterior wall–Balcony	$\Psi$ -value: 0,200 [W/mK]
Exterior wall–Roof	$\Psi$ -value: 0,030 [W/mK]

Note: In the calculations of thermal bridges, overall interior measurements have been used.

### Solar shading

Solar shading has not been considered in the calculations.



## Operation cases

Process energy	30,0 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Building energy external	5,3 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Person energy	8,76 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Hot-water	30,0 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Room temperature	21–26° C

## Climate and generic information

City	Stockholm.
Horizontal angle	20° in all orientations.

## Installation systems

El. power circulation pump	1 % of room heating.
Water temperature	Cold: 8° C, Warm: 55° C
Type of cooling	Passive cooling, i.e. no cooling.

## Ventilation systems

### Main ventilation

Operating all hours of the year.

Heat exchange efficiency	85 %
Flow reduction	None.
Supply and Exhaust air	0,70 ACH

### Kitchen fan

Operating, together with the main fan, one hour per day, all days of the year.

Heat exchange efficiency	0 %
Flow reduction	None.
Supply and Exhaust air	1,59 ACH

### 3 DEFINITIONS

*Definitions of central terms and concepts in the document.*

#### **Dimensions – Doors**

Dimensions for doors are assigned including the frame, as *base x height* (door); *base x height* (door window, if occurring).

#### **Dimensions – Windows**

Dimensions for windows are assigned including the frame, as *base x height*.

#### **Energy Use – Other Supplied Electricity of Total (only Platform M2)**

Electricity for elevators and lighting in public spaces.

#### **Energy Use – Supplied Electricity of Total**

Electric power supply for ventilation fans and circulation pumps for the heating system.

#### **Energy Use – Supplied Heat of Total**

Energy for heating system, ventilation unit and hot-water.

#### **Energy Use – Total**

The sum of Supplied Heat, Supplied Electricity and Other Supplied Electricity.

#### **Envelope Area; $A_e$**

The sum of interior wall, roof and foundation area.

#### **Façade Area; $A_f$**

The sum of interior wall area above ground, including windows and doors.

#### **Illustrations**

Exterior measurements are demonstrated in the illustrations. Horizontal lines, encompassing a building, represent intermediate floors.

#### **Living Area; $A_l$**

The sum of living area within the exterior walls, including shafts and low ceiling height areas.

#### **Orientation**

Shows which cardinal point the windows/doors are facing.

#### **Ratio of $A_w$**

The ratio of Window Area facing a given Orientation.

#### **Sellable Living Area; $A_{sl}$**

The sum of living area within the exterior walls, excluding shafts and low ceiling height areas.

#### **U-Value – Mean**

The mean U-value for the building.

**Volume; V**

The volume inside the exterior building parts, including the intermediate floors and inner walls.

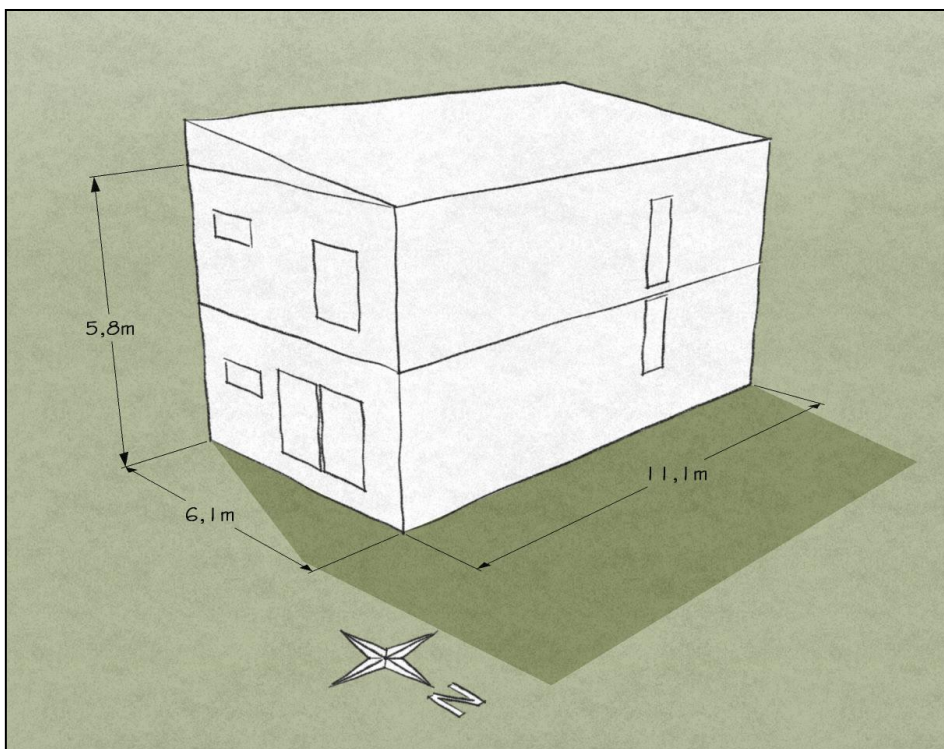
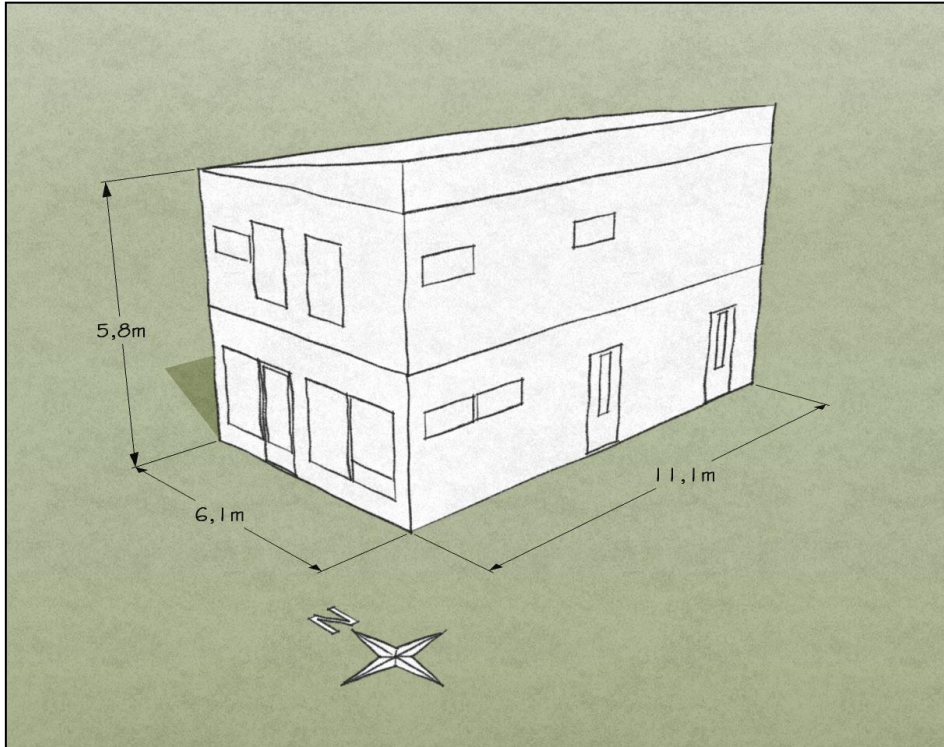
**Window Area;  $A_w$**

The sum of all window and door window area, including the window frame.

## 4 SINGLE FAMILY HOUSE – PLATFORM S1

### 4.1 Single 1 – The Reference House

The point of reference for the following houses within the current platform



**Description** The Reference House for *Platform S1*. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	100,0 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	0,0 %
Energy Use – Total	80,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	73,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	323,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,13
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

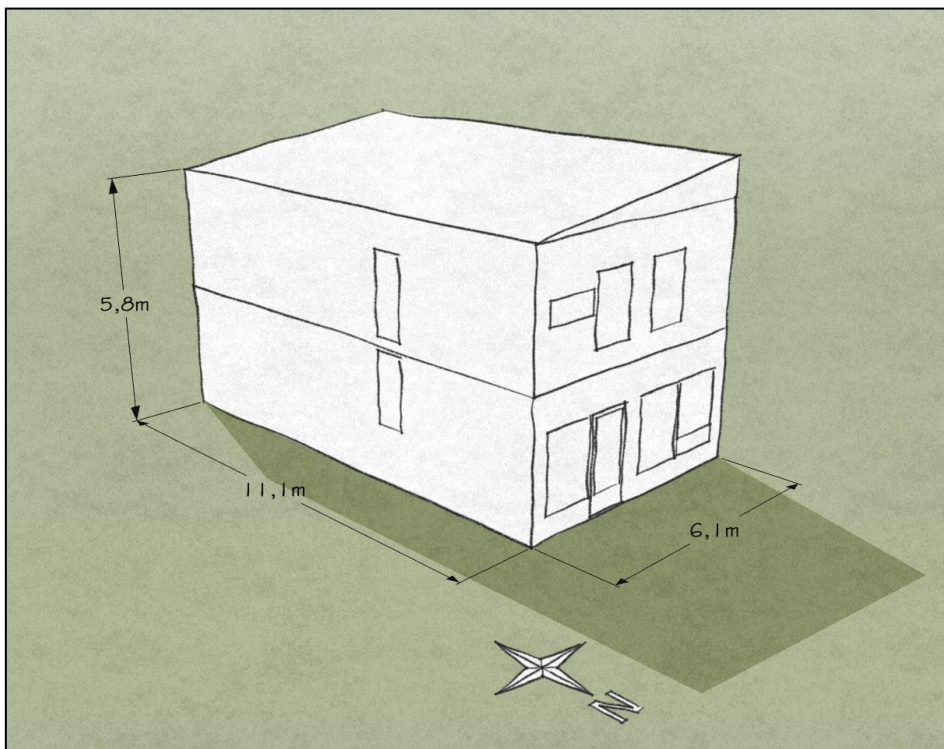
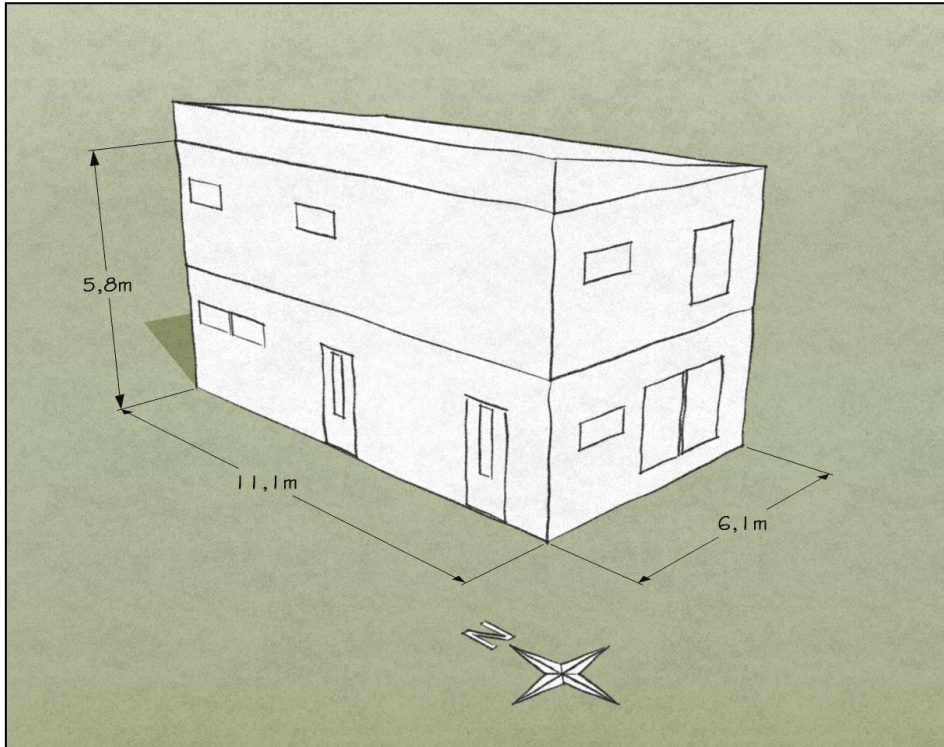
## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

## 4.2 Orientation

### 4.2.1 Single 2

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,7 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, rotated 90° clockwise.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	99,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-0,3 %
Energy Use – Total	80,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	73,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

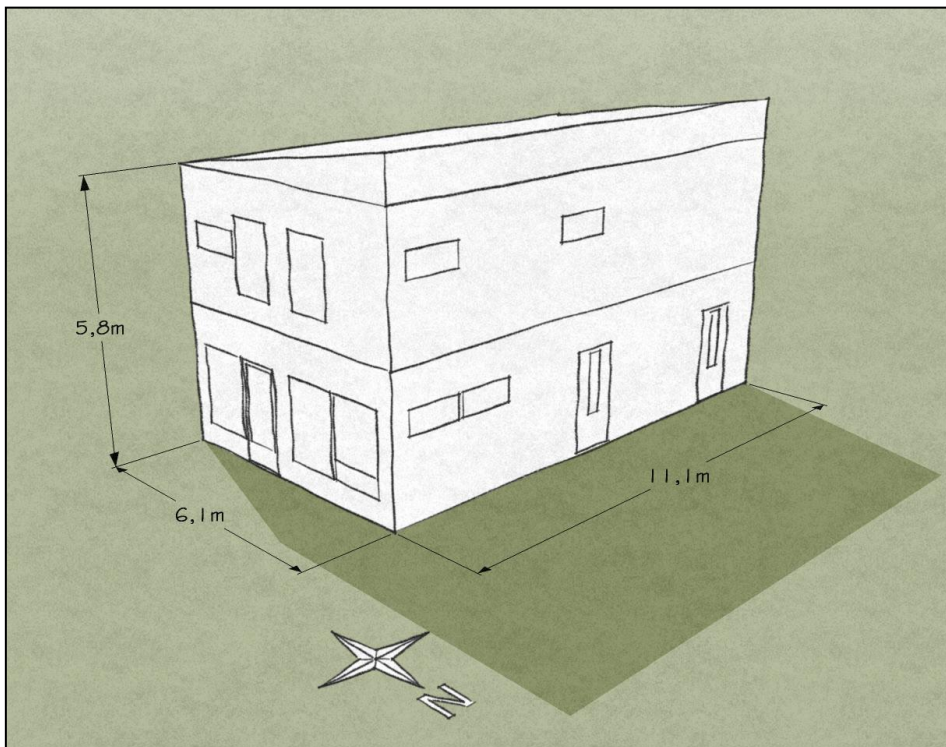
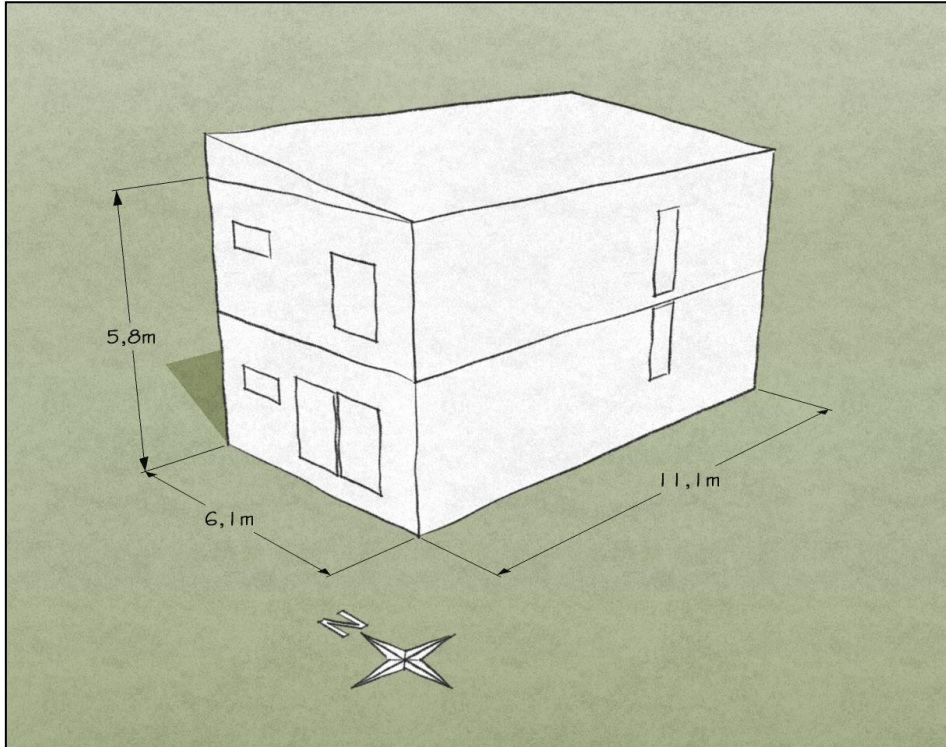
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	332,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,13
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1
East	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
South	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
West	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2

## 4.2.2 Single 3

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **100,6 %** of the Reference House





**Description** The Reference House, rotated 180° clockwise.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	100,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+0,6 %
Energy Use – Total	80,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	74,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

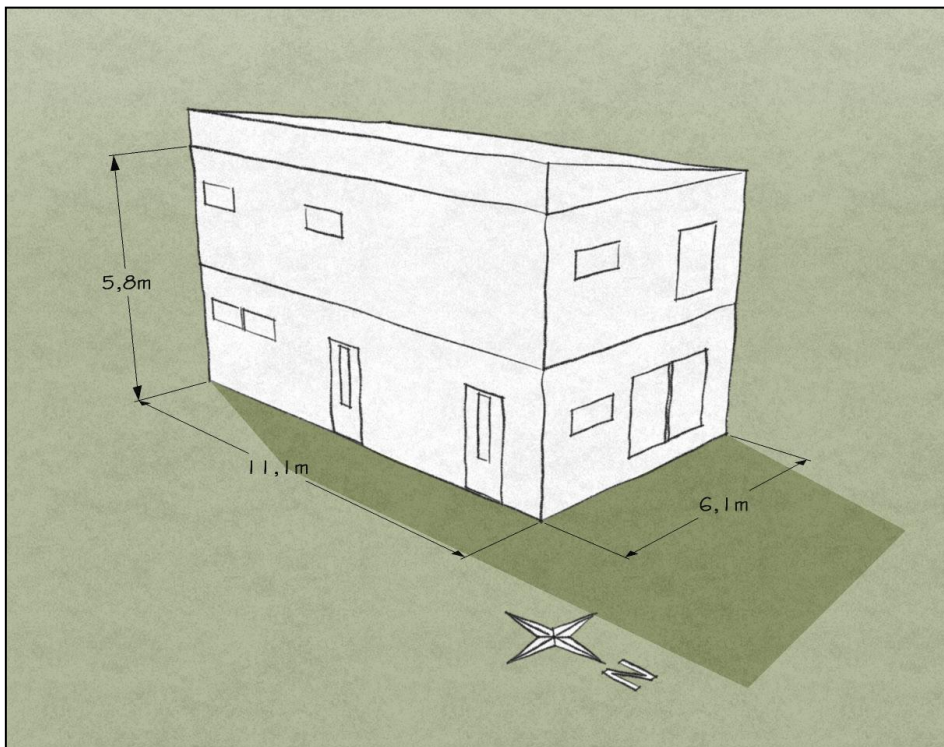
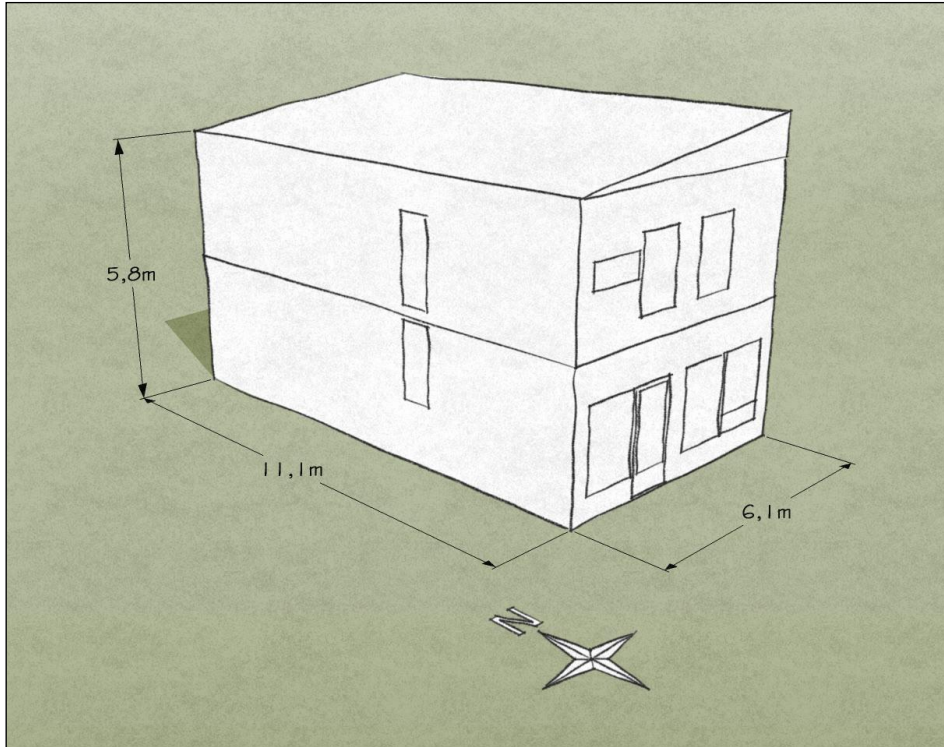
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	323,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,13
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
East	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1
South	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
West	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2

## 4.2.3 Single 4

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **96,9 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, rotated 270° clockwise.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	96,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-3,1 %
Energy Use – Total	77,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	71,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	323,3 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,13
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
East	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
South	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1
West	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1

**SKANSKA**

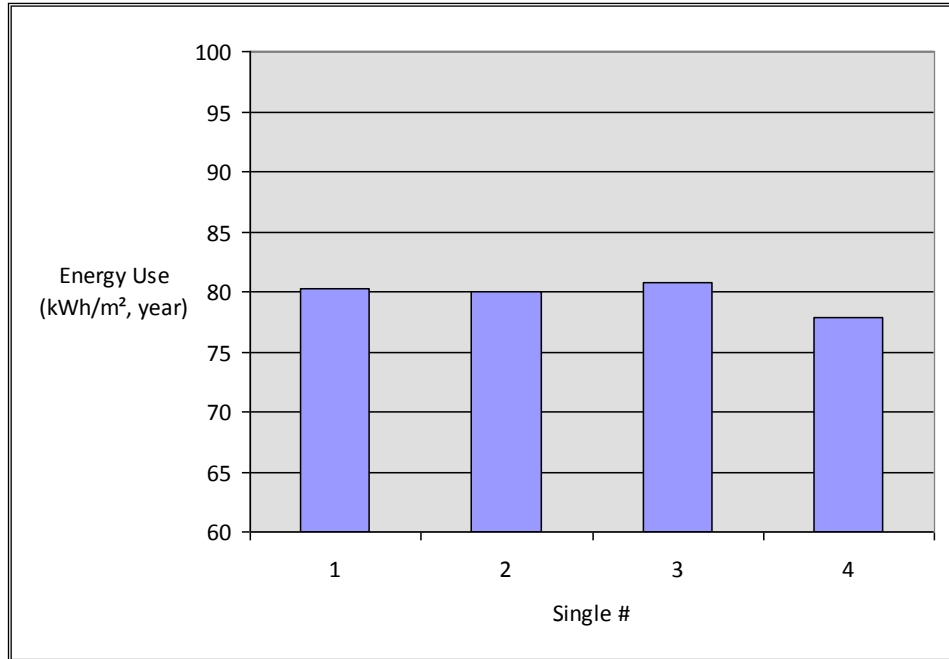
Skanska Xchange  
Center Residential

20 (213)

*Date:*  
2010-06-01

## 4.2.4 Relation

Orientation of the Reference House has a diminutive impact on Energy Use



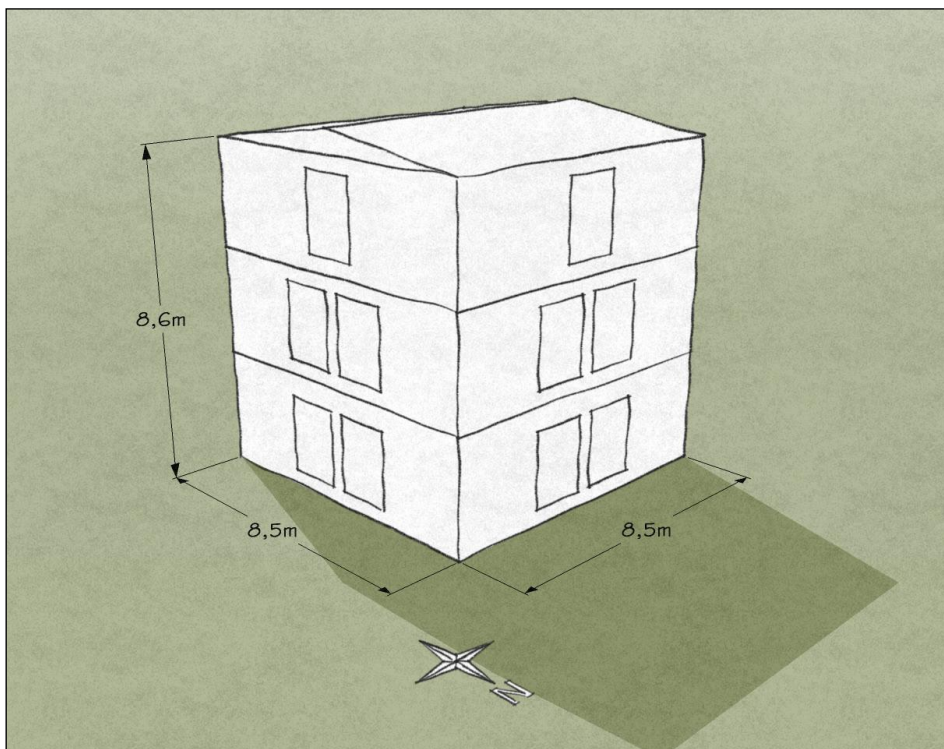
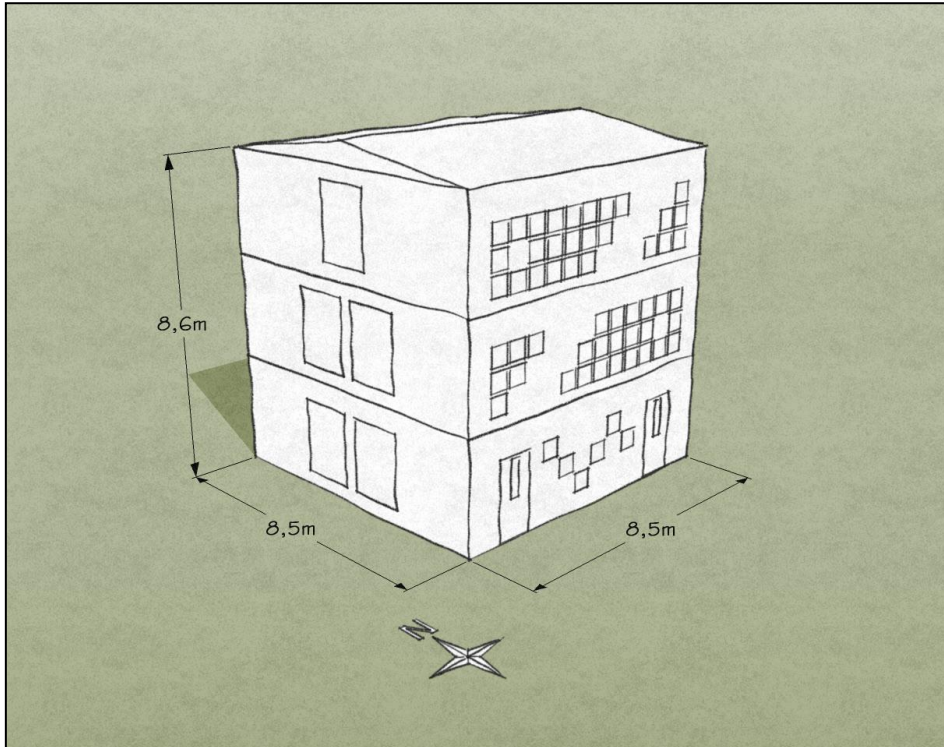
**Description:** The Reference house with four different orientations.

- Single 1      The Reference House.
- Single 2      The Reference House, rotated 90° clockwise.
- Single 3      The Reference House, rotated 180° clockwise.
- Single 4      The Reference House, rotated 270° clockwise.

## 4.3 Orientation Thermal Bridges

### 4.3.1 Single 5

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **98,6 % of the Reference House**



**Description** Cubic shaped, three floor house. The south façade with many small windows, resulting in a high U-value; the other facades with significantly lower U-value. Non-heated attic.

**Note** Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	98,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-1,4 %
Energy Use – Total	79,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	72,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

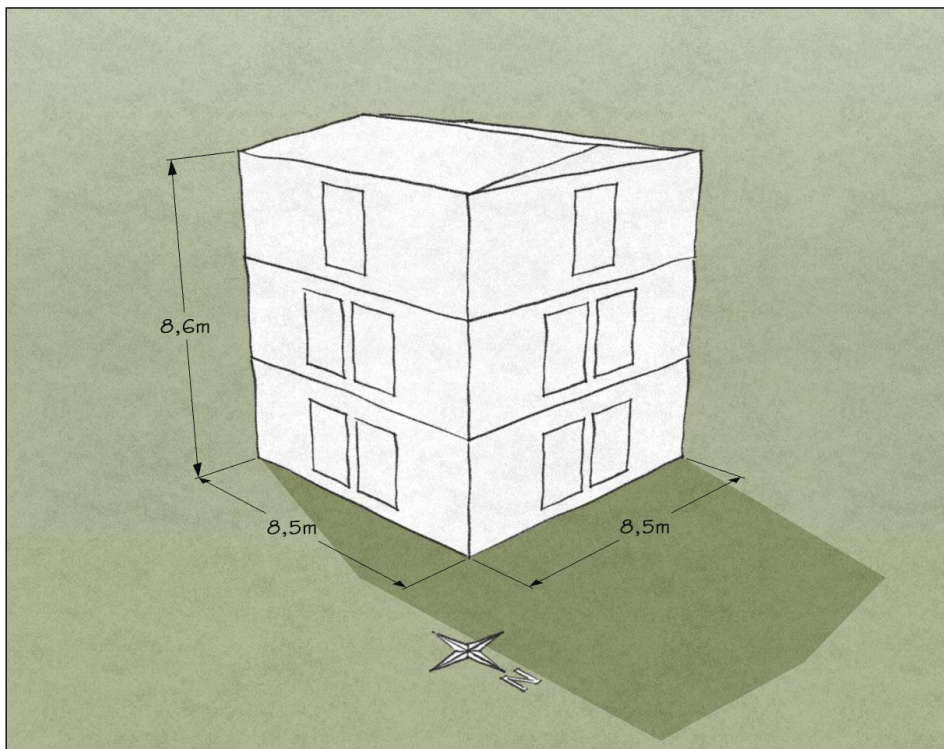
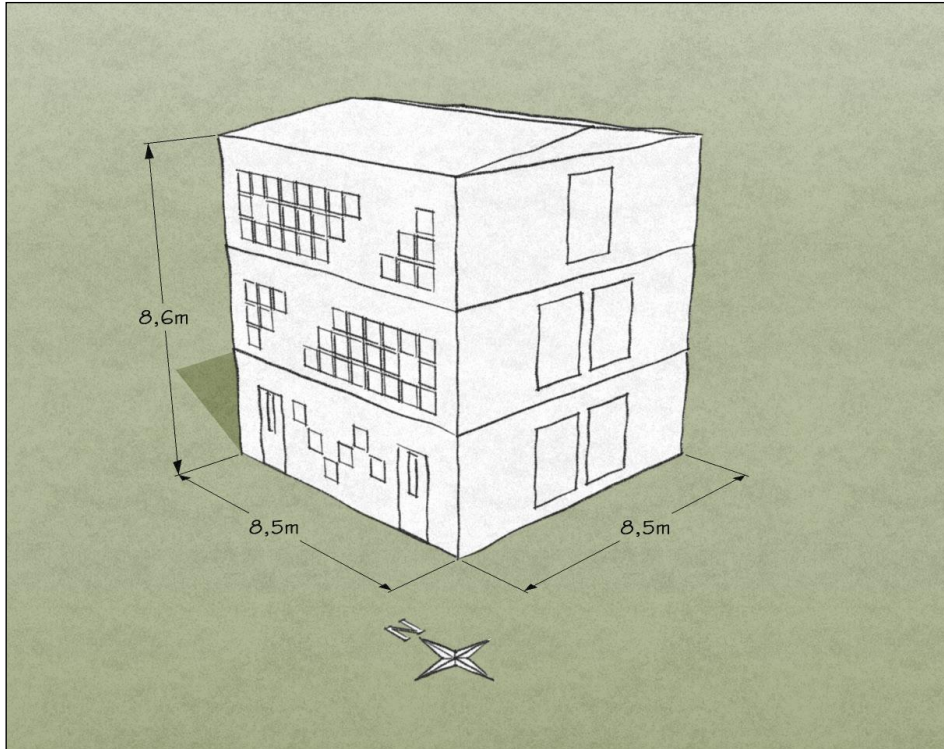
Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Window Area	60,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	262,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	393,7 m <sup>2</sup>
Volume	531,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,30
$A_w / A_f$	0,23
$A_f / A_l$	1,33
$A_e / A_l$	2,00
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
East	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
South	25,0 %	Window	0,5 x 0,5 m	58
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,0 m	2
West	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5

## 4.3.2 Single 6

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **97,7 %** of the Reference House





**Description** Single 5, rotated 90° clockwise.

**Note** Single 6 gets a slightly lower Energy Use compared to Single 5 due to the fact that Window Area is measured with the frame included, and the “special” façade thereby gets a slightly lower sun insolation compared to the other facades.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	97,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-2,3 %
Energy Use – Total	78,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	72,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

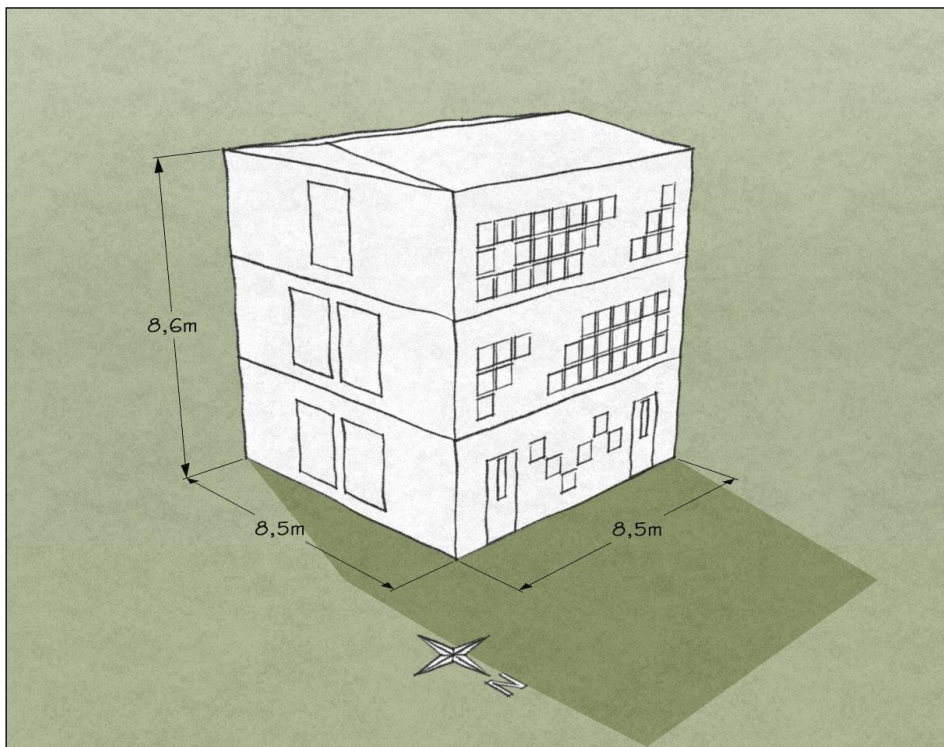
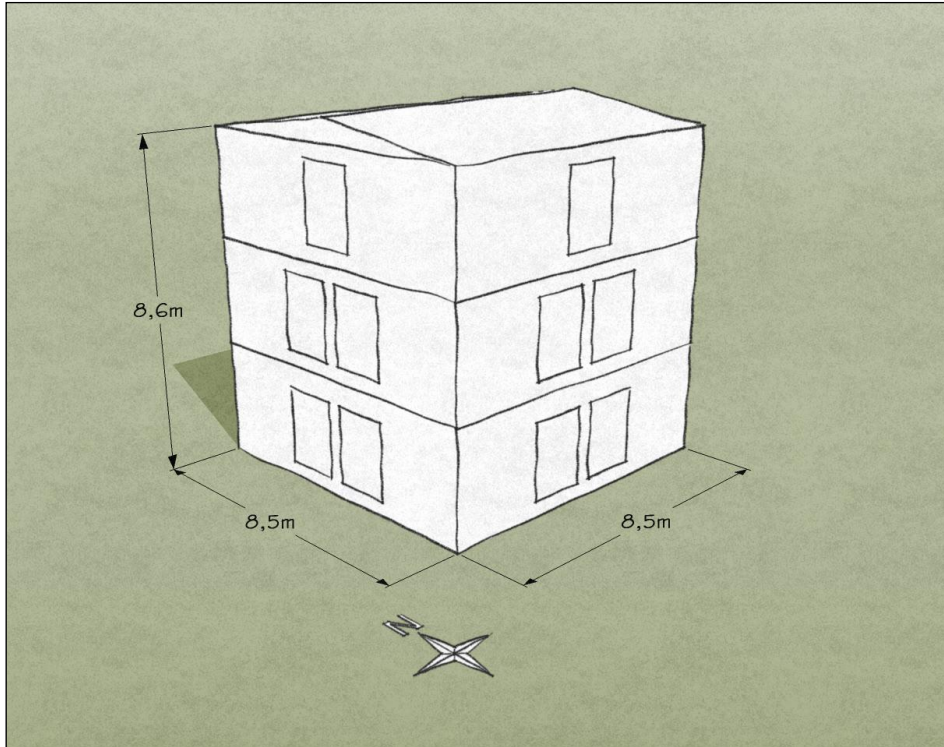
Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Window Area	60,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	262,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	393,7 m <sup>2</sup>
Volume	531,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,30
$A_w / A_f$	0,23
$A_f / A_l$	1,33
$A_e / A_l$	2,00
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
East	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
South	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
West	25,0 %	Window	0,5 x 0,5 m	58
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,0 m	2

### 4.3.3 Single 7

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **97,4 %** of the Reference House



**Description** Single 5, rotated 180° clockwise.

**Note** Single 7 gets a slightly lower Energy Use compared to Single 5 due to the fact that Window Area is measured with the frame included, and the “special” façade thereby gets a slightly lower sun insolation compared to the other facades.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	97,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-2,6 %
Energy Use – Total	78,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	71,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

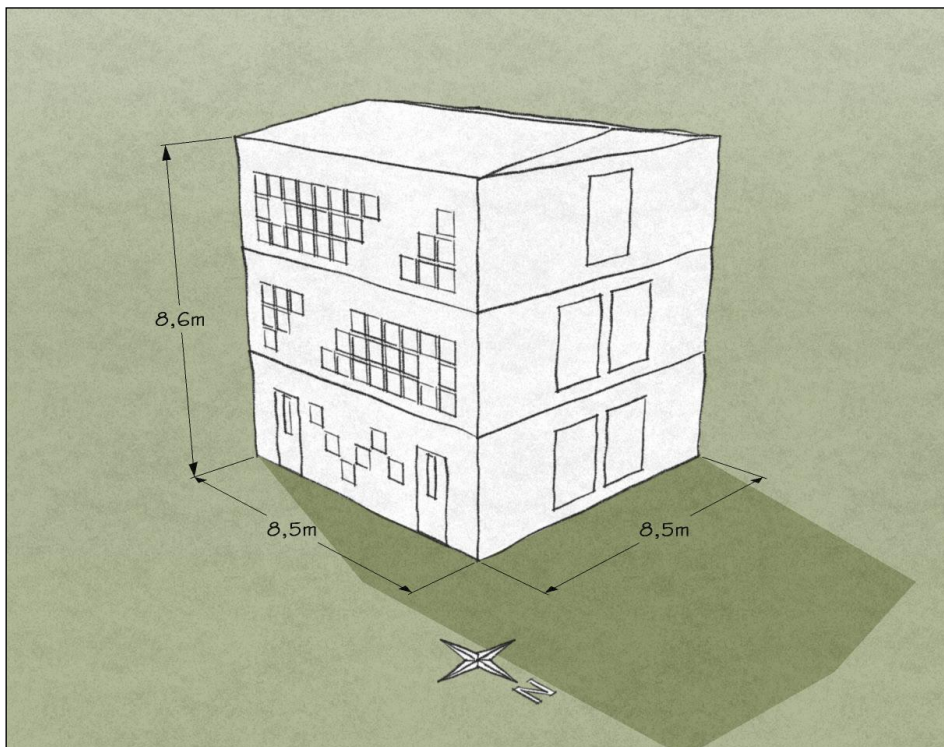
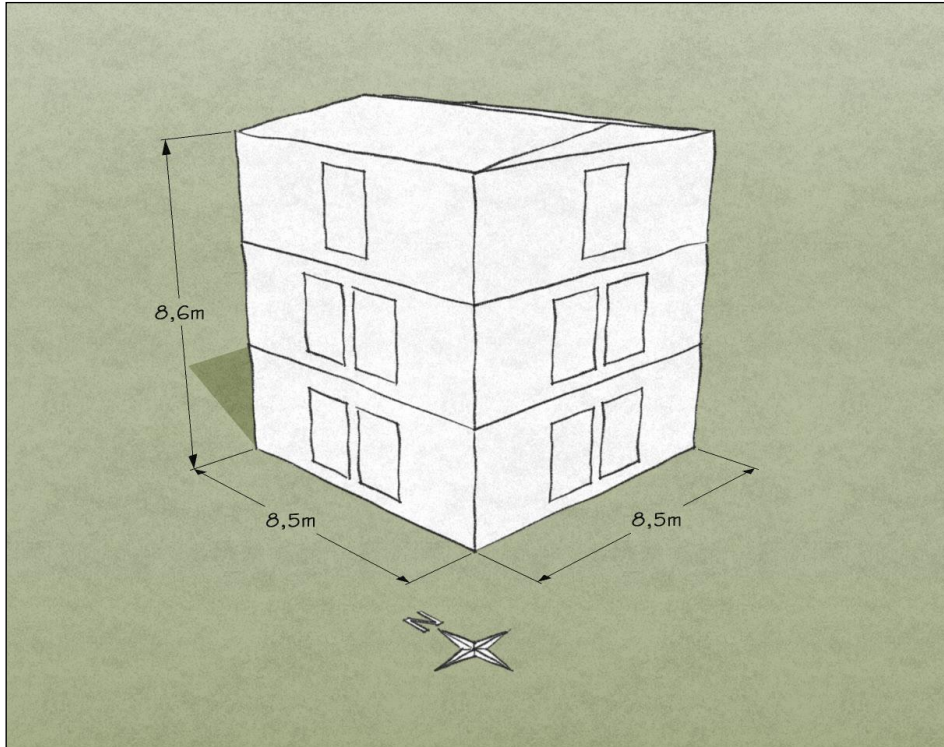
Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Window Area	60,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	262,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	393,7 m <sup>2</sup>
Volume	531,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,30
$A_w / A_f$	0,23
$A_f / A_l$	1,33
$A_e / A_l$	2,00
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	0,5 x 0,5 m	58
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,0 m	2
East	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
South	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
West	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5

## 4.3.4 Single 8

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **97,7 % of the Reference House**



**Description** Single 5, rotated 270° clockwise.

**Note** Single 8 gets a slightly lower Energy Use compared to Single 5 due to the fact that Window Area is measured with the frame included, and the “special” façade thereby gets a slightly lower sun insolation compared to the other facades.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	97,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-2,3 %
Energy Use – Total	78,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	72,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Window Area	60,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	262,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	393,7 m <sup>2</sup>
Volume	531,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,30
$A_w / A_f$	0,23
$A_f / A_l$	1,33
$A_e / A_l$	2,00
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
East	25,0 %	Window	0,5 x 0,5 m	58
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,0 m	2
South	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5
West	25,0 %	Window	1,5 x 2,0 m	5

**SKANSKA**

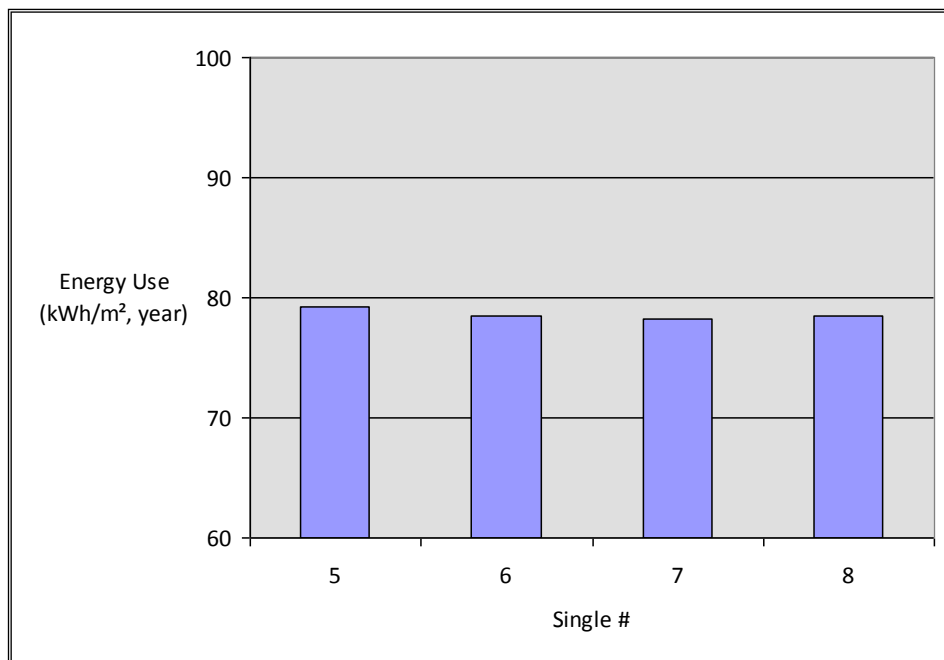
Skanska Xchange  
Center Residential

30 (213)

*Date:*  
2010-06-01

## 4.3.5 Relation

Orientation of thermal bridges does not have an impact on Energy Use



**Description:** Four different orientations of a cubic shaped, three floor house, with significant higher U-value on one façade.

**Note:** Single 6–8 gets a slightly lower Energy Use compared to Single 5 due to the fact that Window Area is measured with the frame included, and the “special” façade thereby gets a slightly lower sun insolation compared to the other facades.

Single 5      The south façade with many small windows, resulting in a high U-value; the other facades with significantly lower U-value. All facades have the same Window Area.

Single 6      Single 5, rotated 90° clockwise.

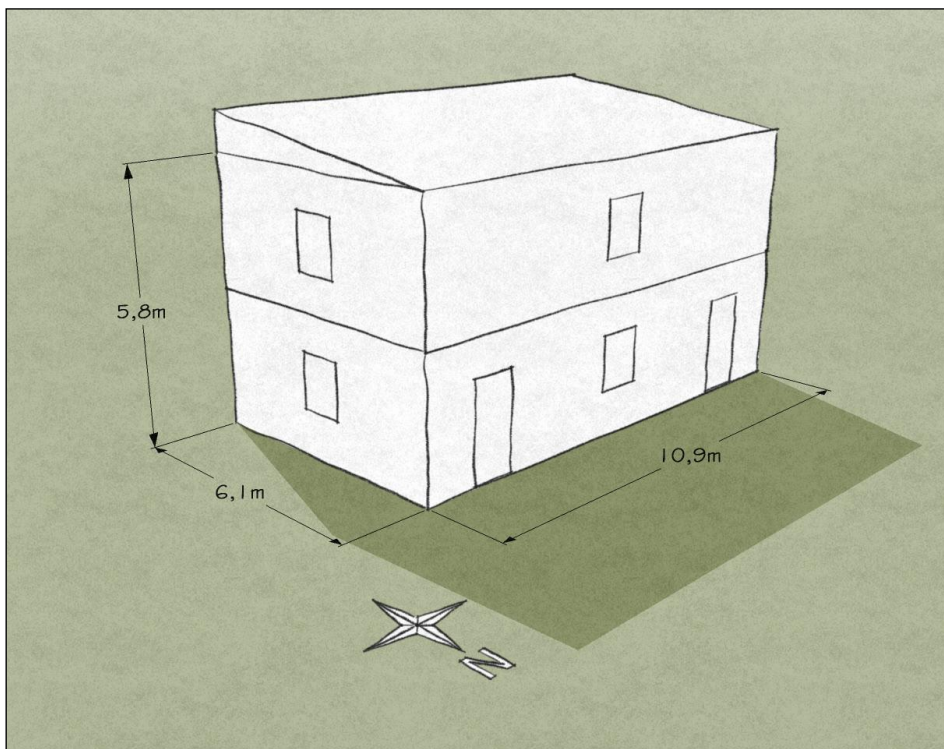
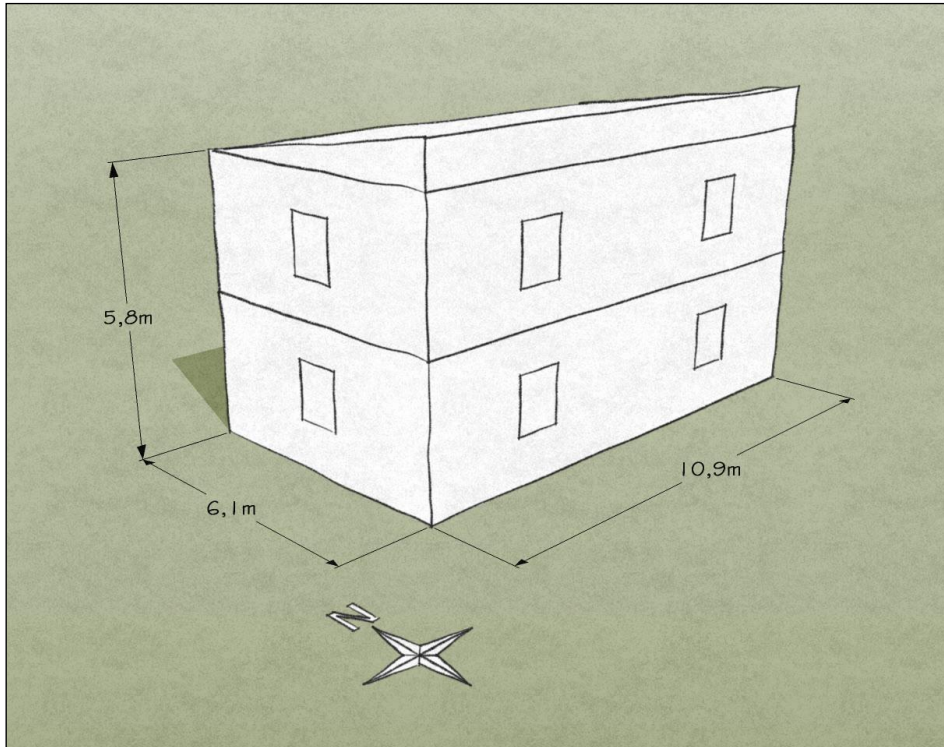
Single 7      Single 5, rotated 180° clockwise.

Single 8      Single 5, rotated 270° clockwise.

## 4.4 Window Area

### 4.4.1 Single 9

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **91,1 % of the Reference House**





**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 10 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	91,1 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-8,9 %
Energy Use – Total	73,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	66,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,25 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

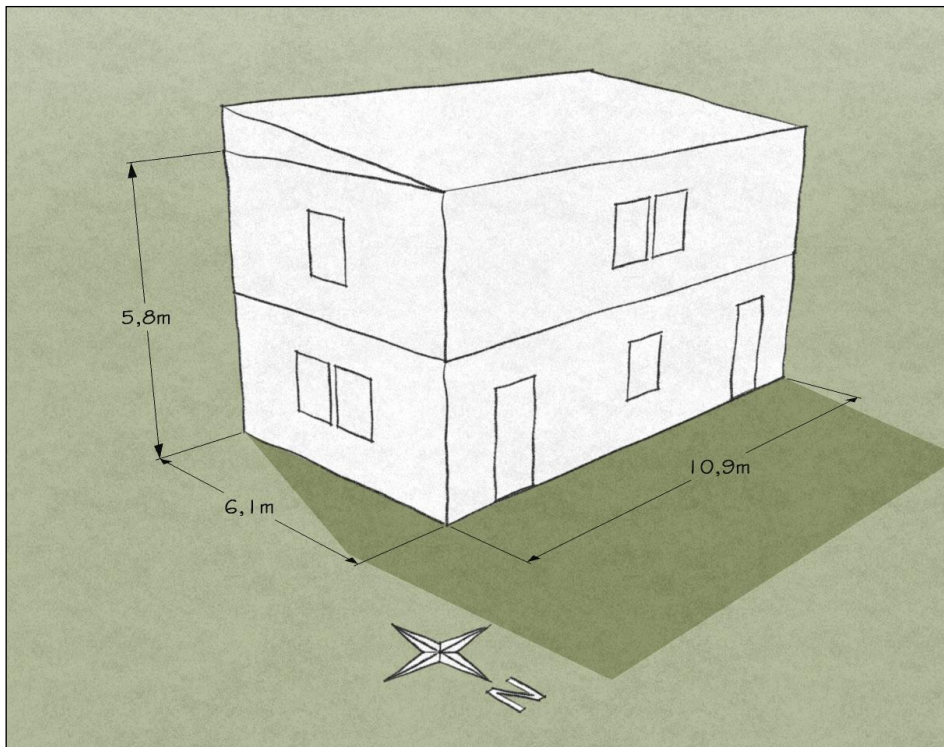
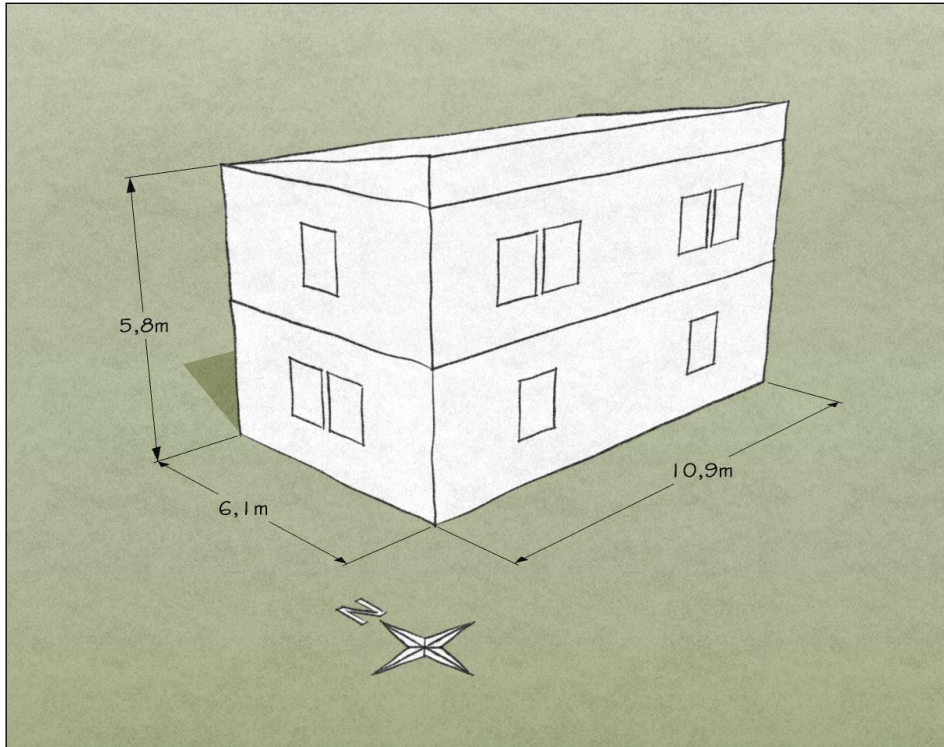
Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	12,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,10
$A_w / A_f$	0,07
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	2
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	2
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	4
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	2

## 4.4.2 Single 10

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **94,8 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 15 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	94,8 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-5,2 %
Energy Use – Total	76,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	66,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,27 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

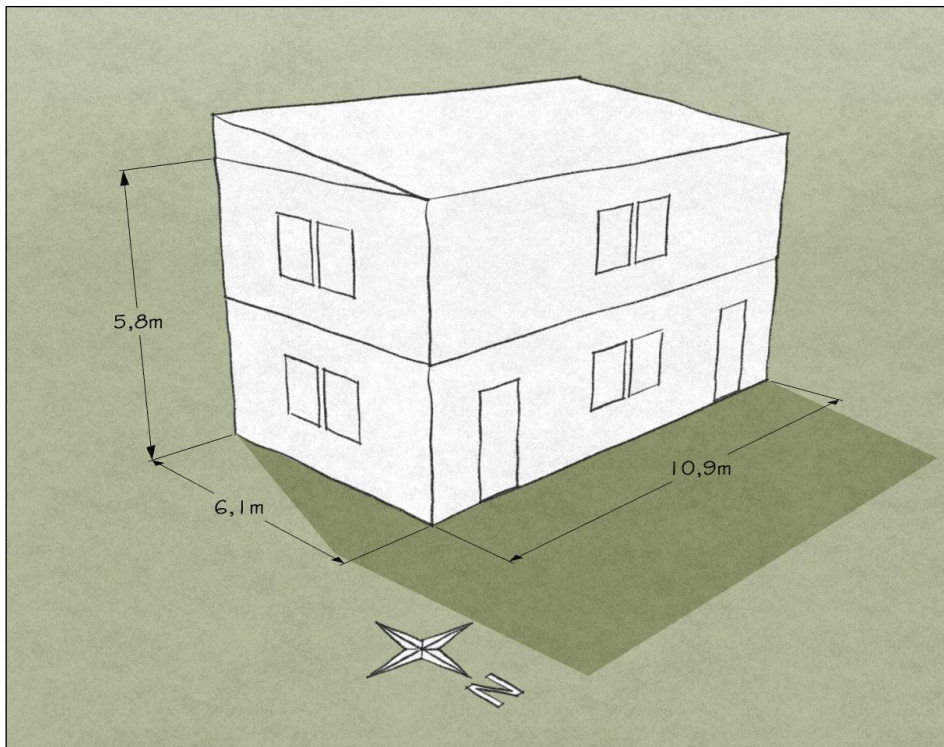
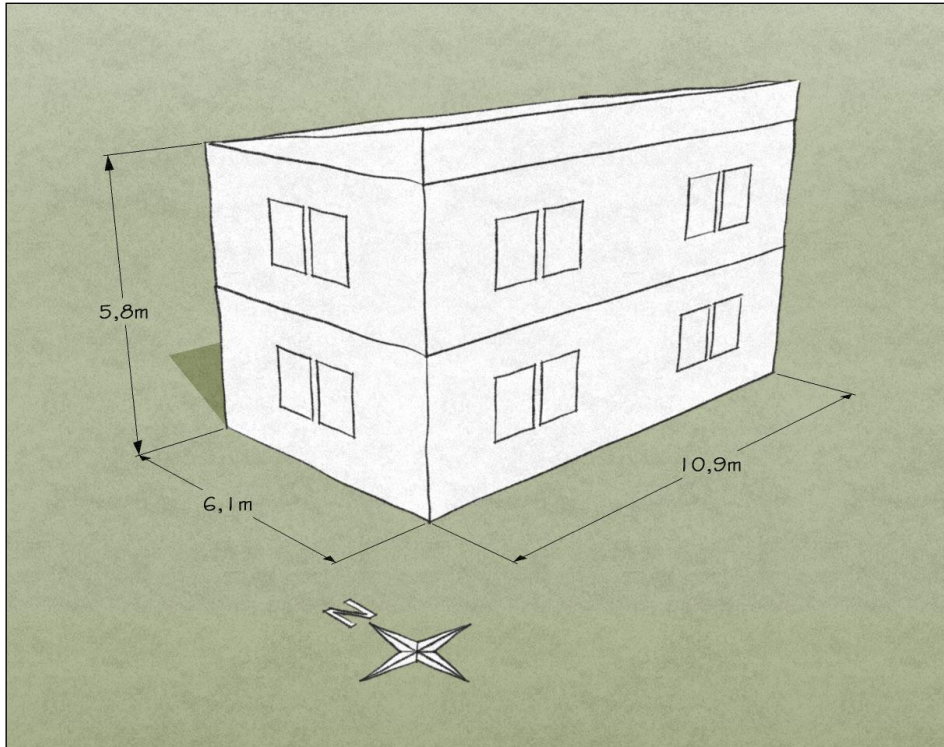
Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	18,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,15
$A_w / A_f$	0,10
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	3
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	3
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	6
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	3

### 4.4.3 Single 11

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,2 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 20 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	99,2 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-0,8 %
Energy Use – Total	79,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	73,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

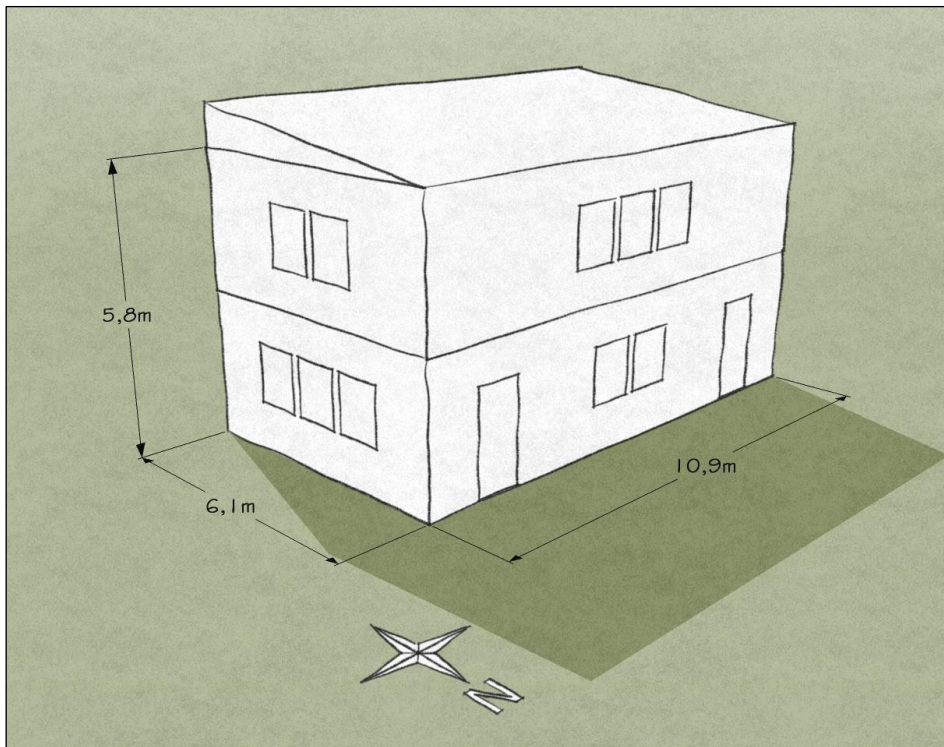
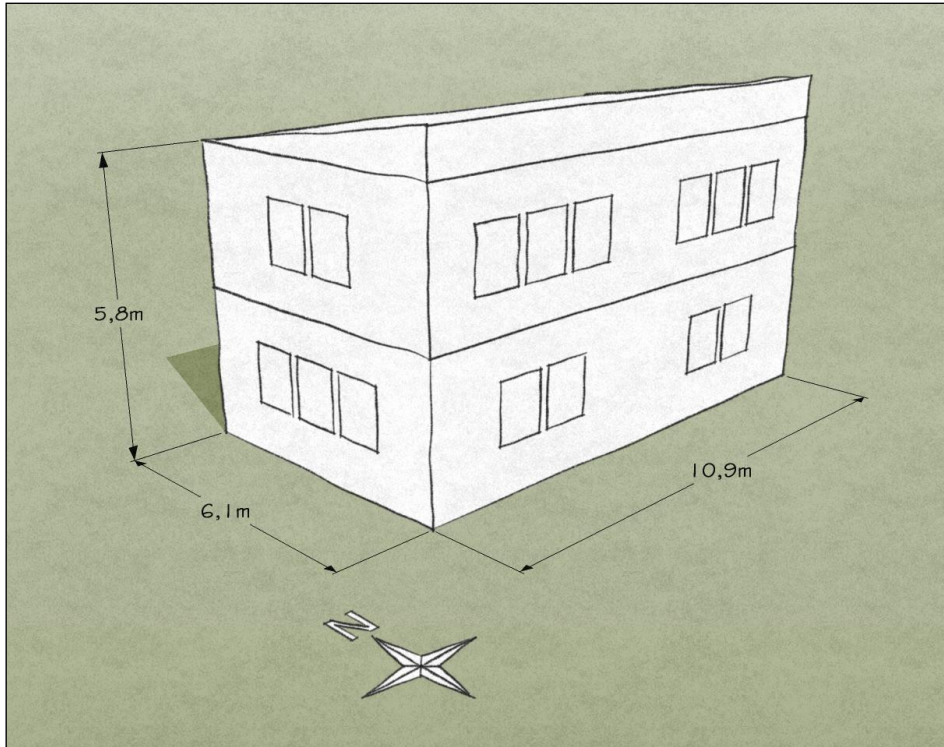
Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	24,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,14
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	4
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	4
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	8
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	4

## 4.4.4 Single 12

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **102,7 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 25 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	102,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+2,7 %
Energy Use – Total	82,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	76,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,32 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

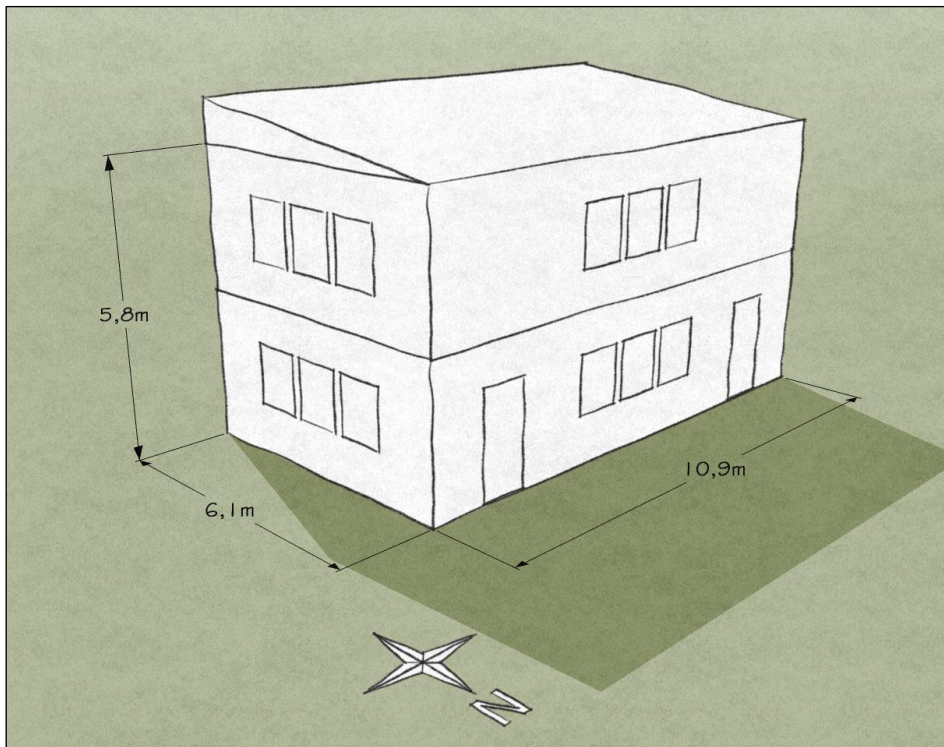
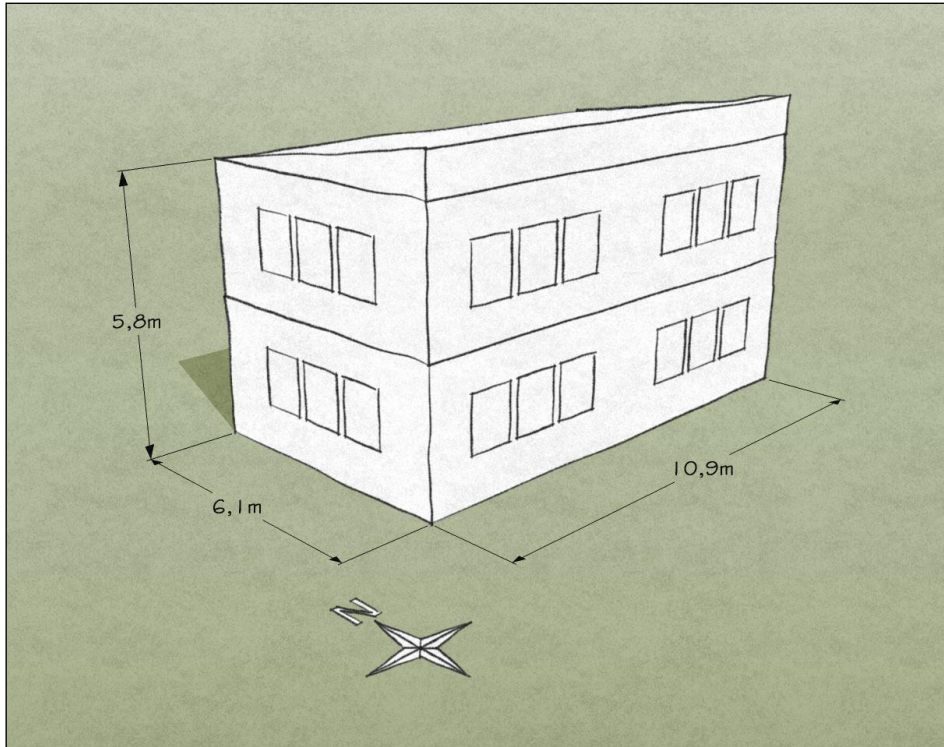
Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	30,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,25
$A_w / A_f$	0,17
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	5
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	5
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	10
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	5

## 4.4.5 Single 13

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **106,9 % of the Reference House**





**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 30 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	106,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+6,9 %
Energy Use – Total	85,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	79,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

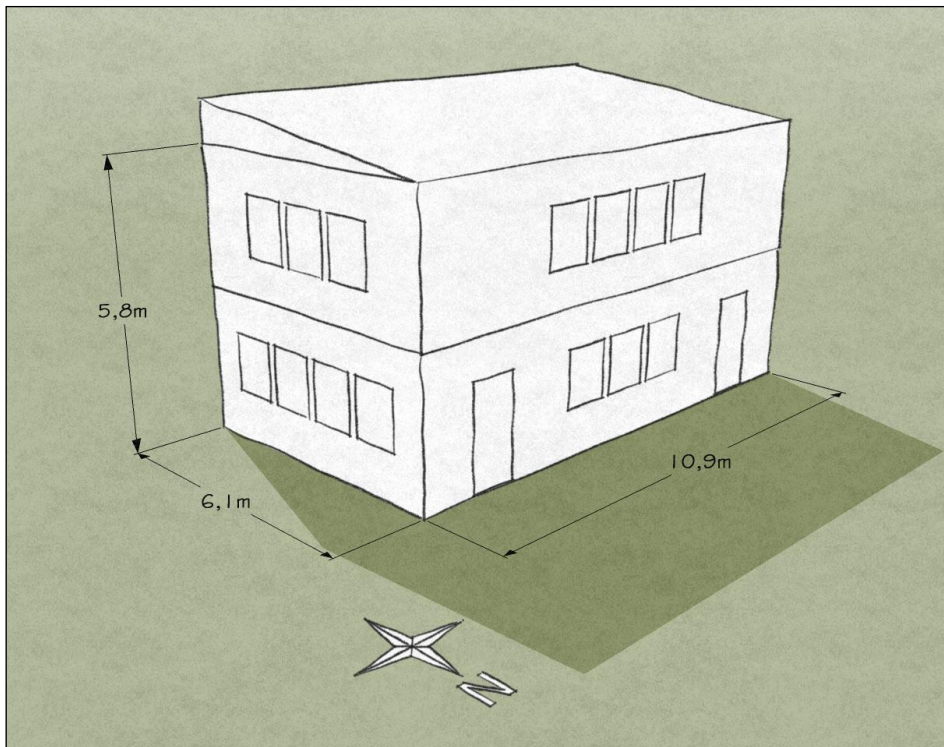
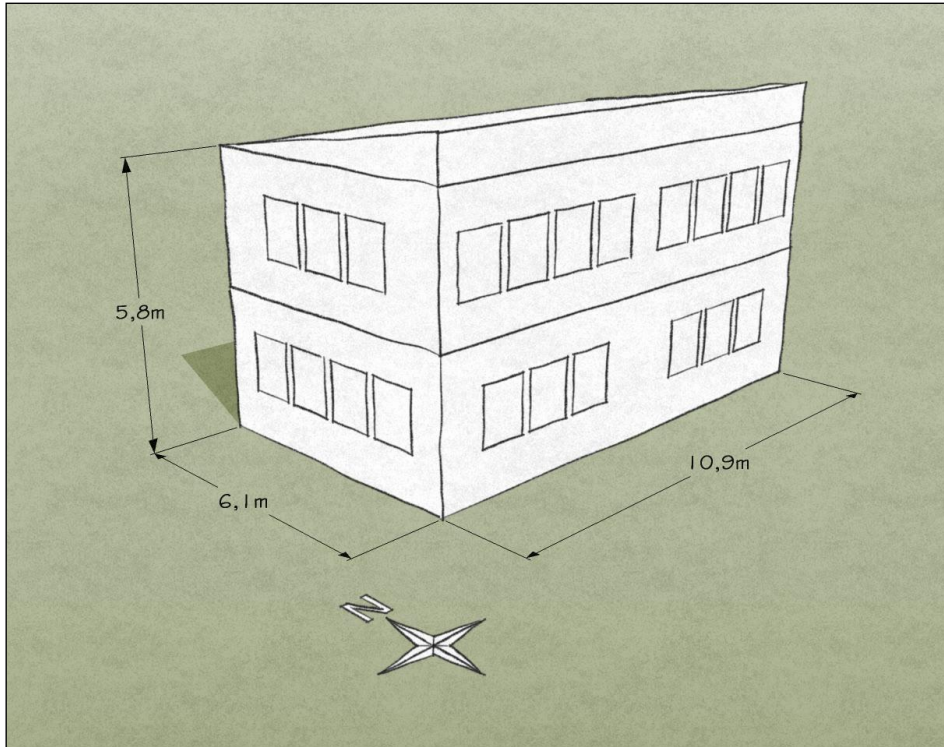
Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	36,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,30
$A_w / A_f$	0,21
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	6
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	6
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	12
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	6

## 4.4.6 Single 14

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **111,1 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 35 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	111,1 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+11,1 %
Energy Use – Total	89,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	82,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

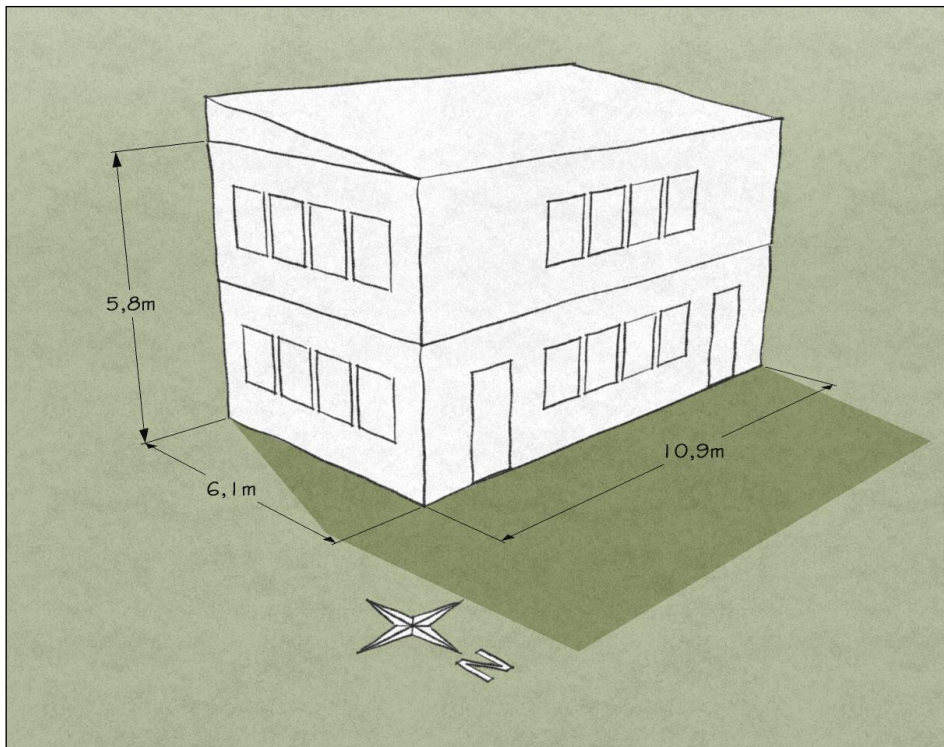
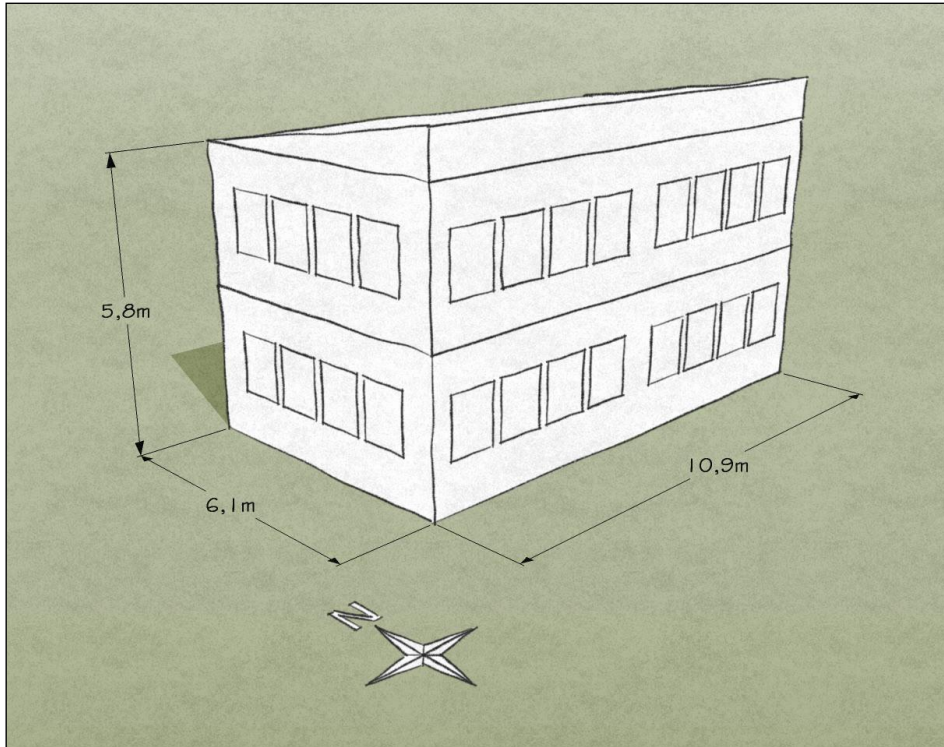
Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	42,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,35
$A_w / A_f$	0,24
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	7
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	7
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	14
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	7

## 4.4.7 Single 15

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **115,4 % of the Reference House**



**Description** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area. Window Area 40 % of Living Area. Non-heated attic.

**Note** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	115,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+15,4 %
Energy Use – Total	92,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	86,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,38 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	120,0 m <sup>2</sup>
Window Area	48,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	172,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	292,0 m <sup>2</sup>
Volume	318,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,40
$A_w / A_f$	0,28
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	8
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	8
South	40,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	16
West	20,0 %	Window	1,0 x 1,2 m	8

**SKANSKA**

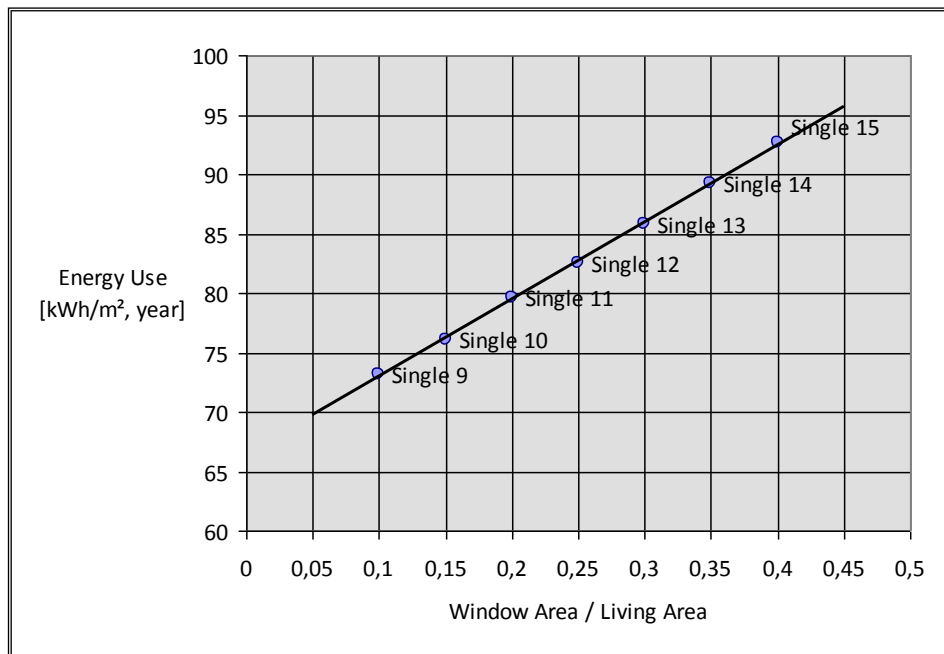
Skanska Xchange  
Center Residential

46 (213)

*Date:*  
2010-06-01

## 4.4.8 Relation

### Window Area has a big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House, slightly reduced length and thereby also Living Area, with gradually increased Window Area.

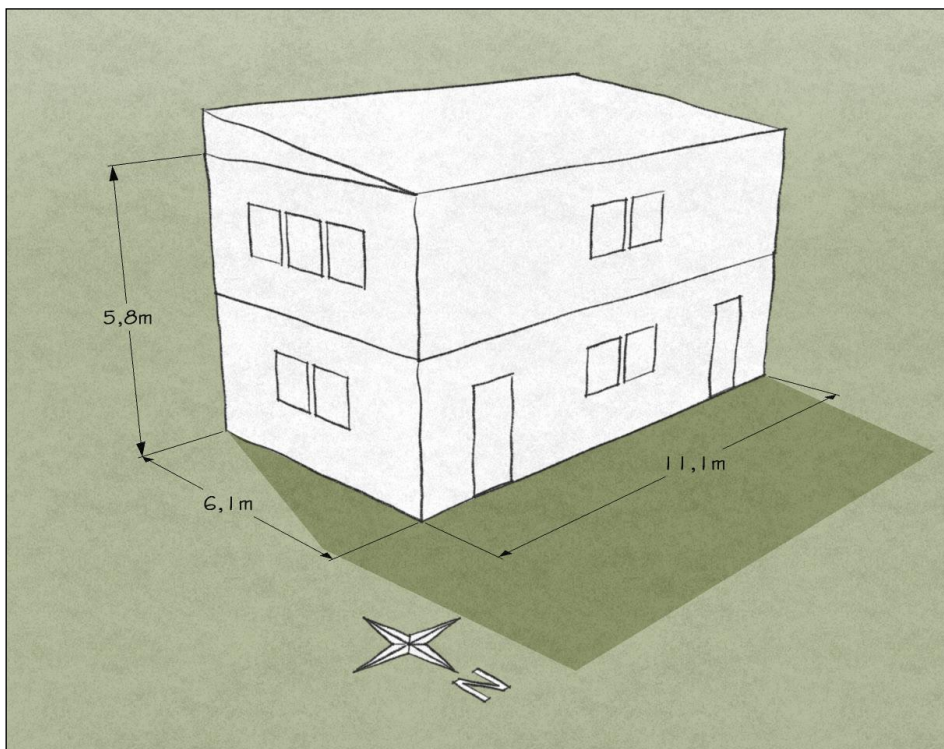
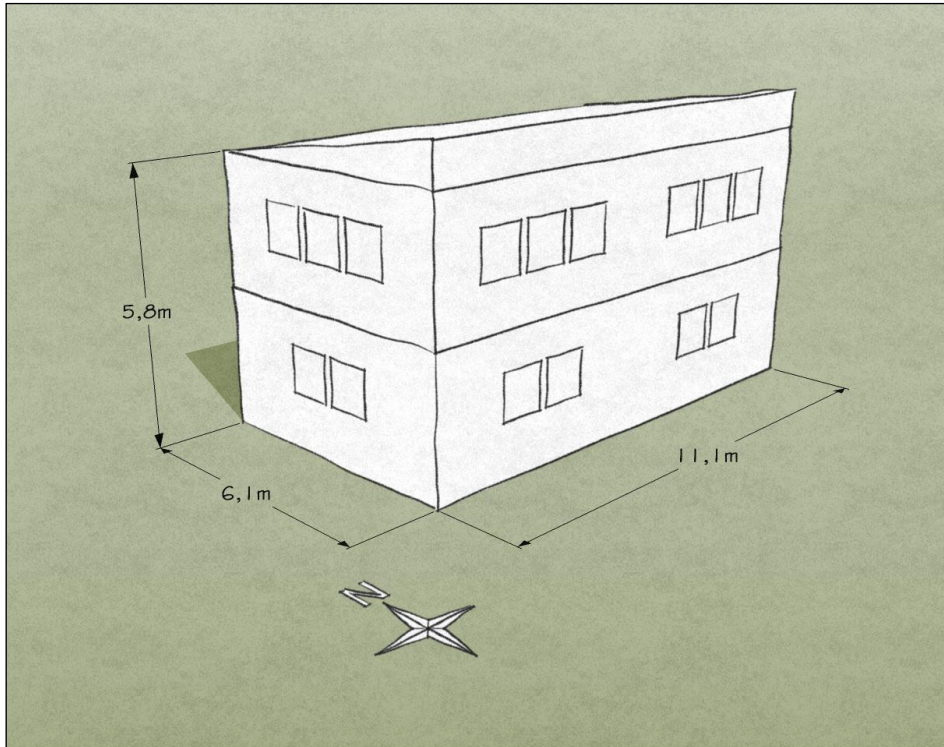
**Note:** Single 9–15 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations is the same.

- Single 9            The Reference House, slightly reduced Living Area. Window Area 10 % of Living Area.
- Single 10          Single 9, Window Area 15 % of Living Area.
- Single 11          Single 9, Window Area 20 % of Living Area.
- Single 12          Single 9, Window Area 25 % of Living Area.
- Single 13          Single 9, Window Area 30 % of Living Area.
- Single 14          Single 9, Window Area 35 % of Living Area.
- Single 15          Single 9, Window Area 40 % of Living Area.

## 4.5 Window Dimension

### 4.5.1 Single 16

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,4 % of the Reference House**





**Description** The Reference House with 1,0 x 1,0 m windows.

**Note** Single 16–18 are identical, except for Window Dimension. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the Window Dimension vary. Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	99,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-0,6 %
Energy Use – Total	79,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	73,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,30 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

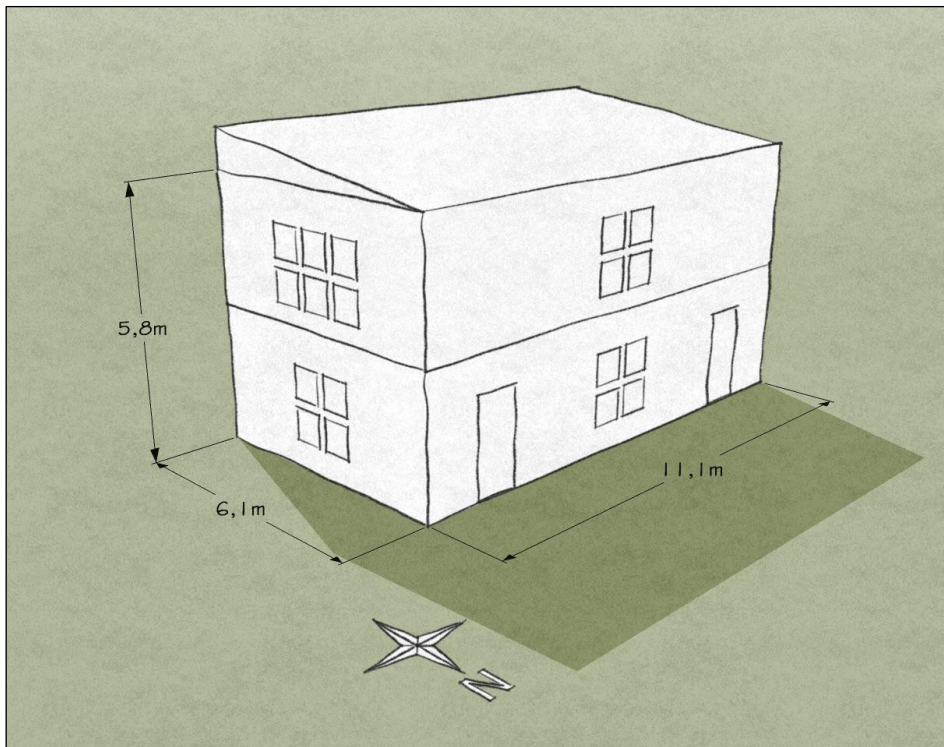
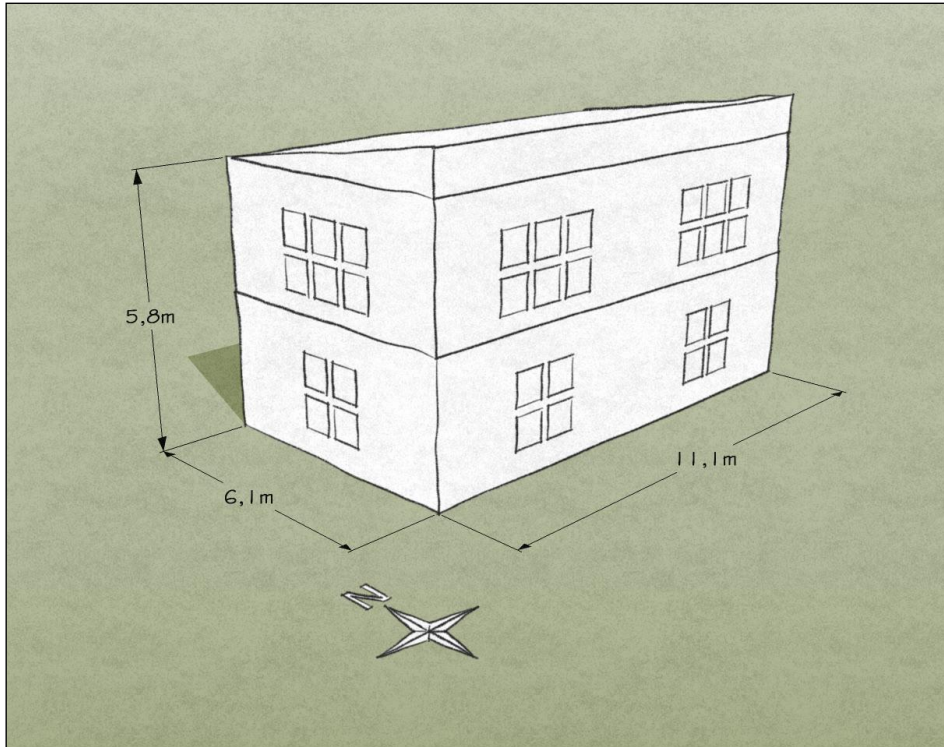
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	24,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	323,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,14
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	16,7 %	Window	1,0 x 1,0 m	4
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,8 %	Window	1,0 x 1,0 m	5
South	41,7 %	Window	1,0 x 1,0 m	10
West	20,8 %	Window	1,0 x 1,0 m	5

## 4.5.2 Single 17

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **107,6 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with 0,7 x 0,7 m windows.

**Note** Single 16–18 are identical, except for Window Dimension. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the Window Dimension vary. Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	107,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+7,6 %
Energy Use – Total	86,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	79,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,32 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

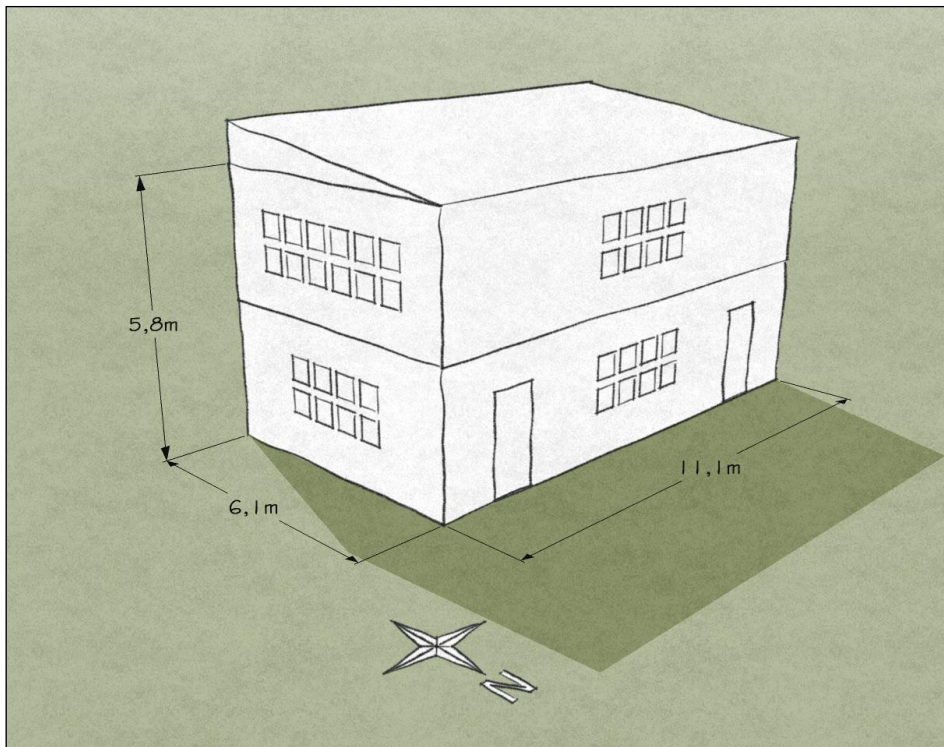
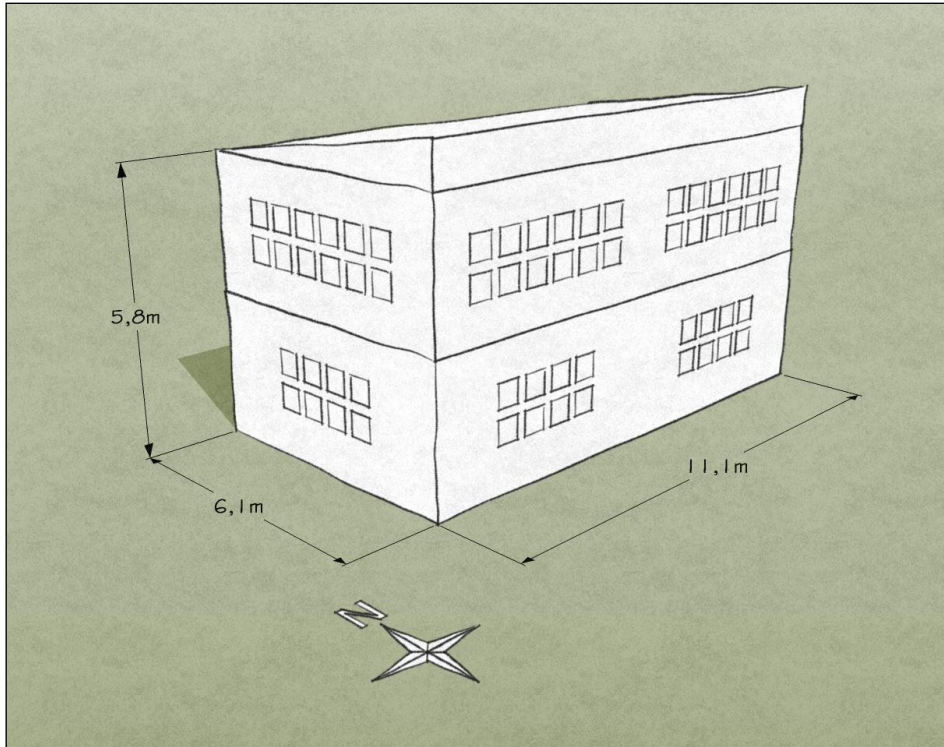
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	24,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	323,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,14
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	16,7 %	Window	0,7 x 0,7 m	8
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,8 %	Window	0,7 x 0,7 m	10
South	41,7 %	Window	0,7 x 0,7 m	20
West	20,8 %	Window	0,7 x 0,7 m	10

## 4.5.3 Single 18

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **117,9 % of the Reference House**



**Description** The Reference house with 0,5 x 0,5 m windows.

**Note** Single 16–18 are identical, except for Window Dimension. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the Window Dimension vary. Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	117,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+17,9 %
Energy Use – Total	94,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	88,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,35 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	24,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	173,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	295,8 m <sup>2</sup>
Volume	323,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,14
$A_f / A_l$	1,43
$A_e / A_l$	2,43
$V / A_e$	1,09

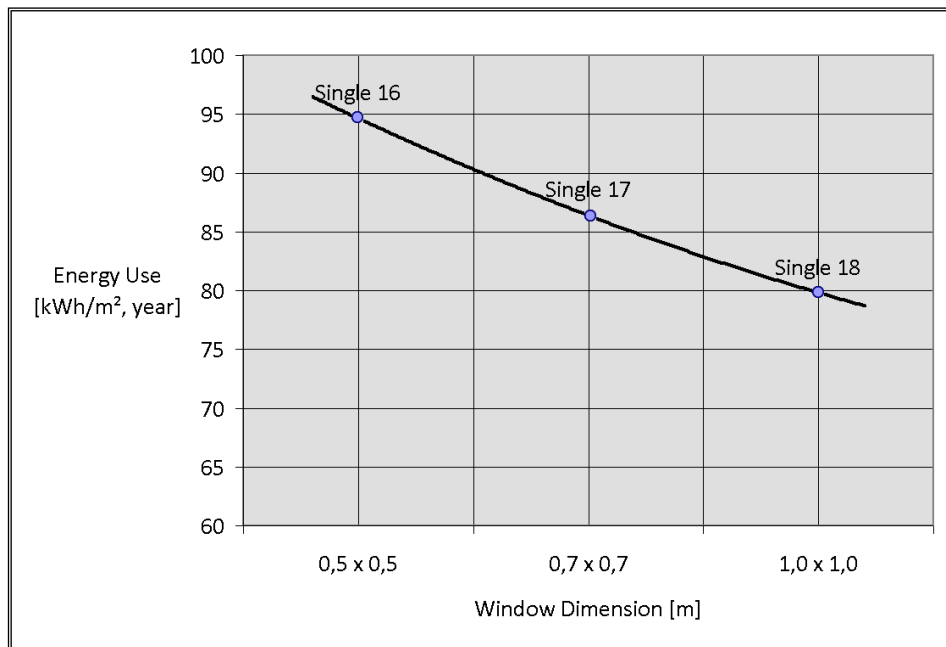
## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	16,7 %	Window	0,5 x 0,5 m	16
		Door	1,0 x 2,1 m	2
East	20,8 %	Window	0,5 x 0,5 m	20
South	41,7 %	Window	0,5 x 0,5 m	40
West	20,8 %	Window	0,5 x 0,5 m	20



## 4.5.4 Single Relation

Window Dimension has a rather big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House with gradually decreased window dimensions.

**Note:** Single 16–18 are identical, except the windows. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the dimension of windows vary. The line between the dots is not a mathematical function; it is an approximated line to demonstrate the relation of Window Dimension.

Single 16      The Reference House with 1,0 x 1,0 m windows.

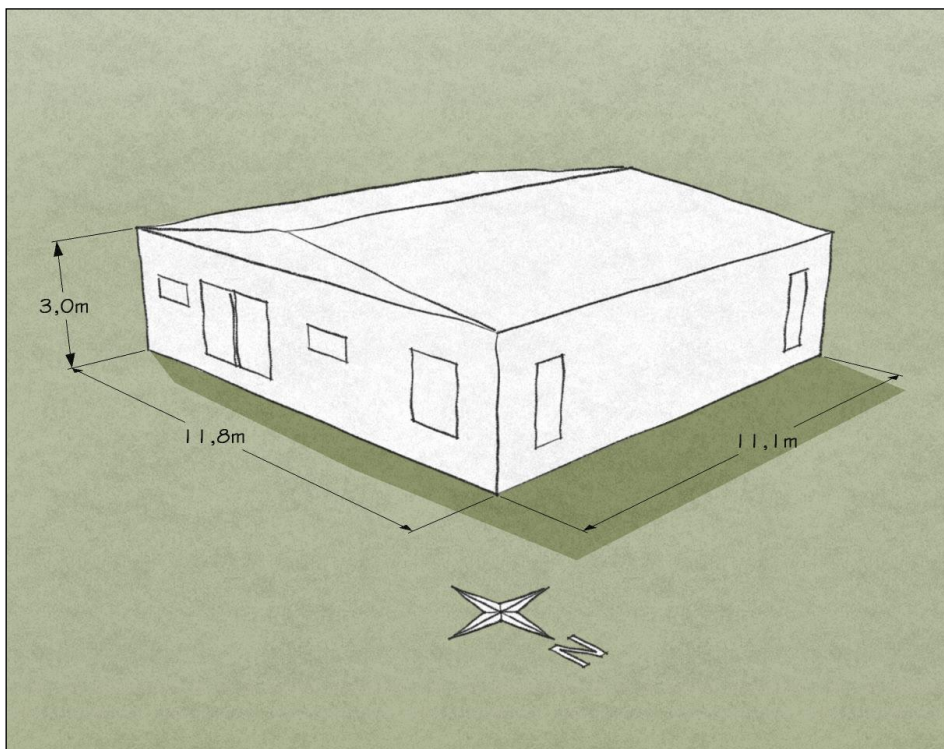
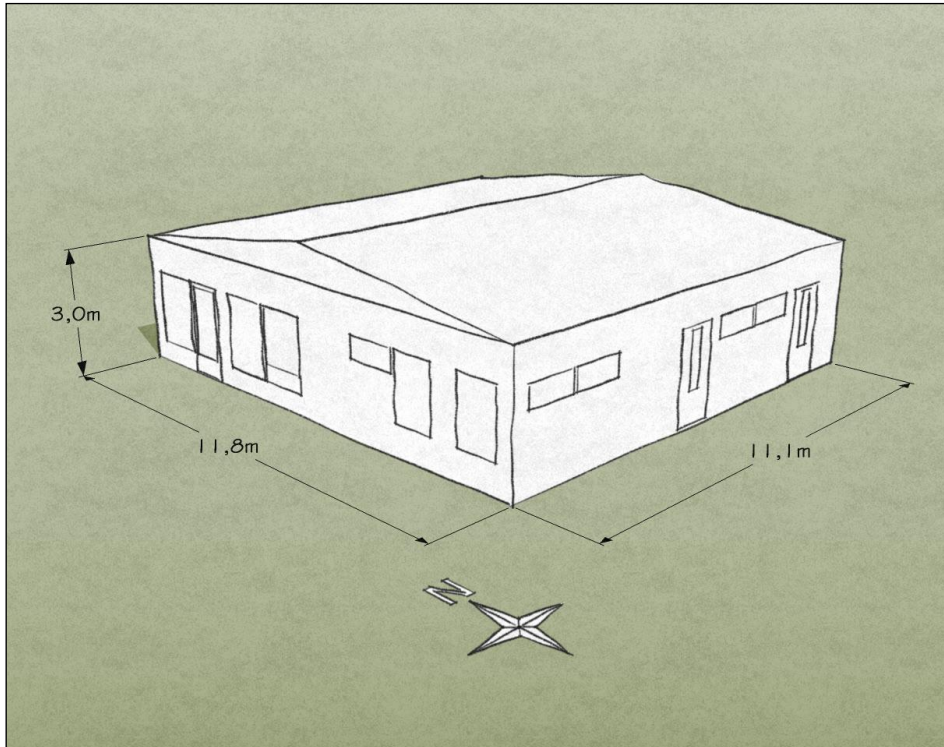
Single 17      The Reference House with 0,7 x 0,7 m windows.

Single 18      The Reference House with 0,5 x 0,5 m windows.

## 4.6 Variation of the Reference House

### 4.6.1 Single 19

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **94,0 % of the Reference House**





**Description** The Reference House as a square, one floor house. The windows and doors are retained and thereby Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 23 for Single 19 with one floor added, and Single 27 for Single 19 with two floors added.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	94,0 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-6,0 %
Energy Use – Total	75,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	68,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,24 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

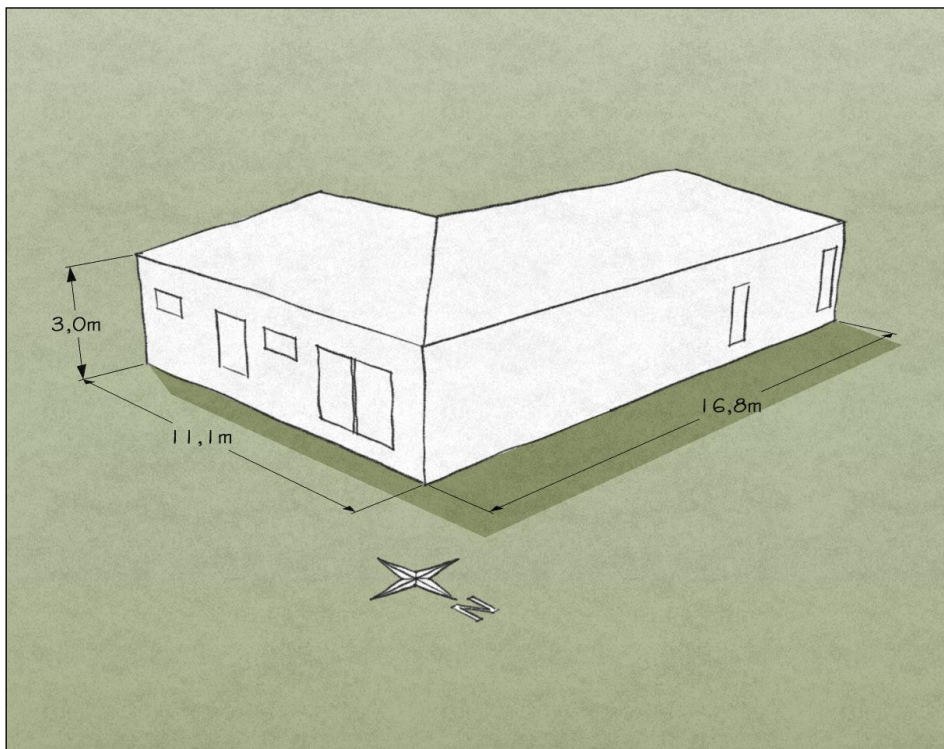
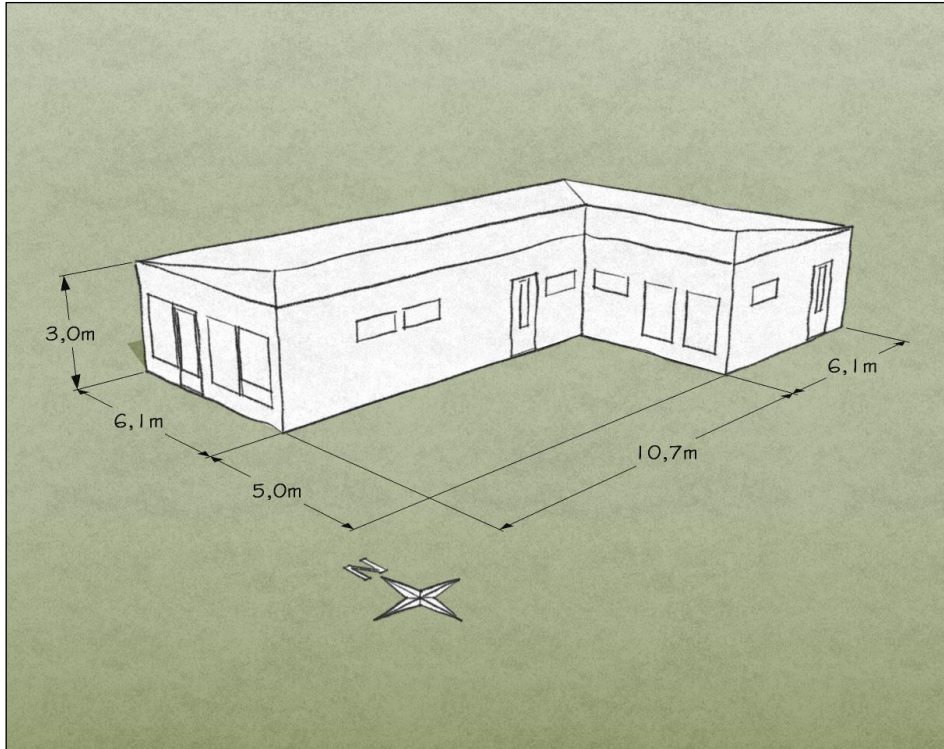
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	110,5 m <sup>2</sup>
Envelope Area	354,5 m <sup>2</sup>
Volume	305,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,21
$A_f / A_l$	0,91
$A_e / A_l$	2,91
$V / A_e$	0,86

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

## 4.6.2 Single 20

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **102,2 % of the Reference House**



**Description** The Reference House as an angled, one floor house. The windows and doors are retained and thereby Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 24 for Single 20 with one floor added.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	102,2 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+2,2 %
Energy Use – Total	82,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	75,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,24 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

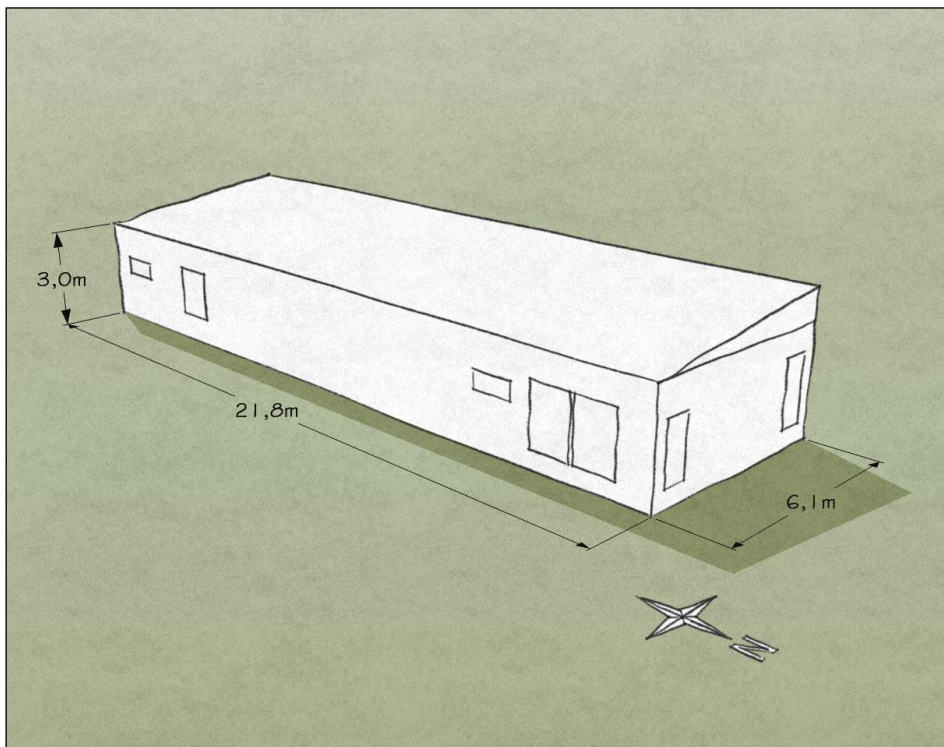
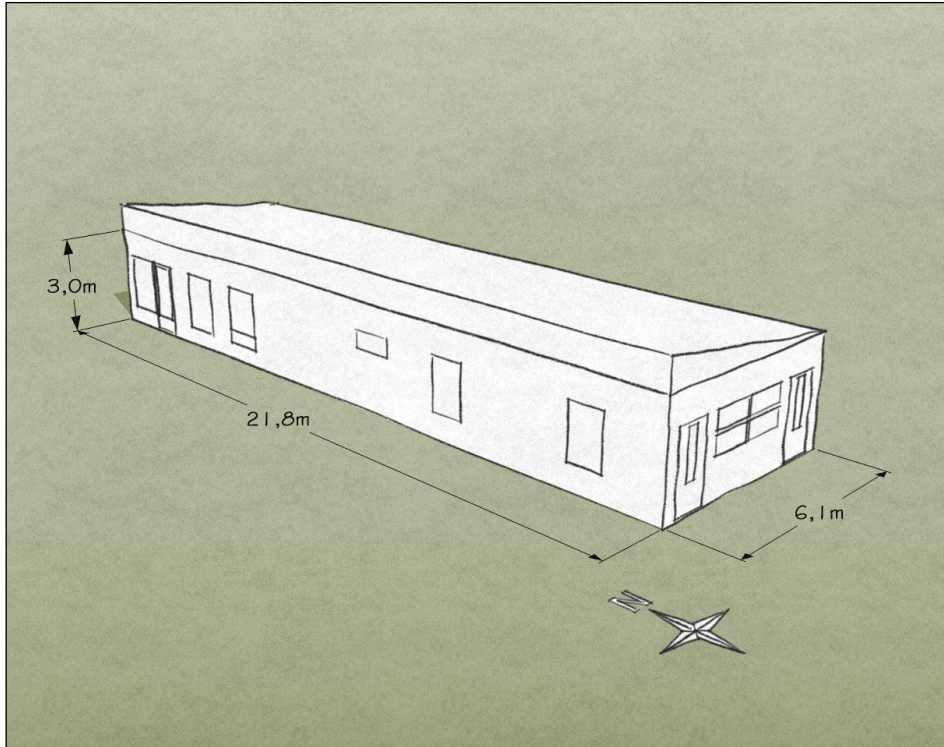
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	135,5 m <sup>2</sup>
Envelope Area	379,5 m <sup>2</sup>
Volume	305,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,17
$A_f / A_l$	1,11
$A_e / A_l$	3,11
$V / A_e$	0,80

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

## 4.6.3 Single 21

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **102,5 %** of the Reference House



**Description** The Reference House as an oblong, one floor house. The windows and doors are retained and thereby Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 25 for Single 21 with one floor added, and Single 28 for Single 21 with two floors added.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	102,5 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+2,5 %
Energy Use – Total	82,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	75,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,25 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

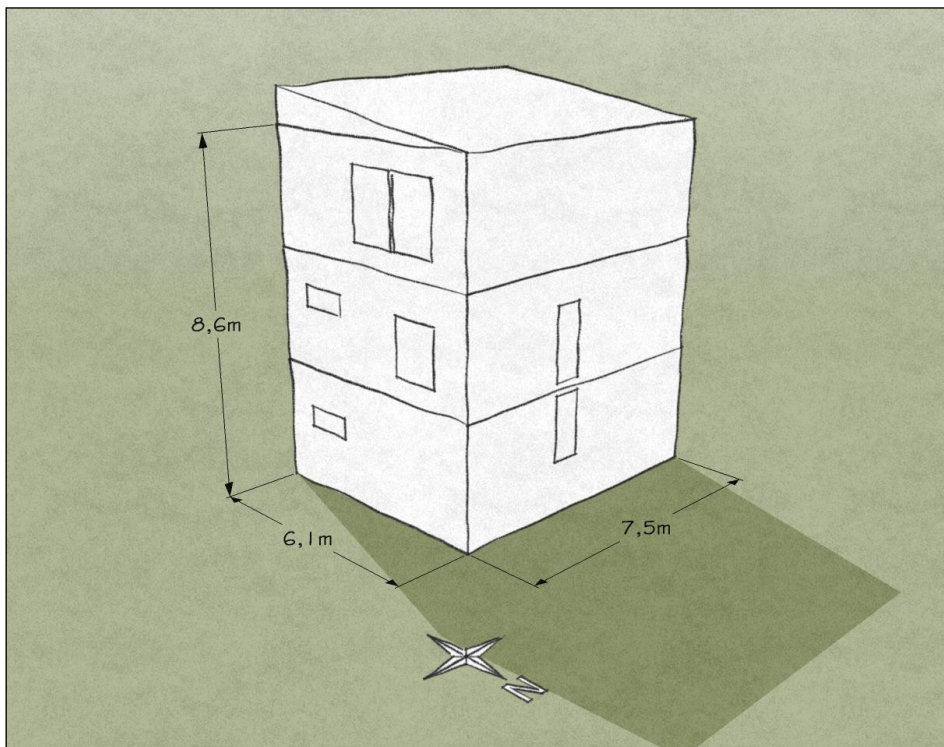
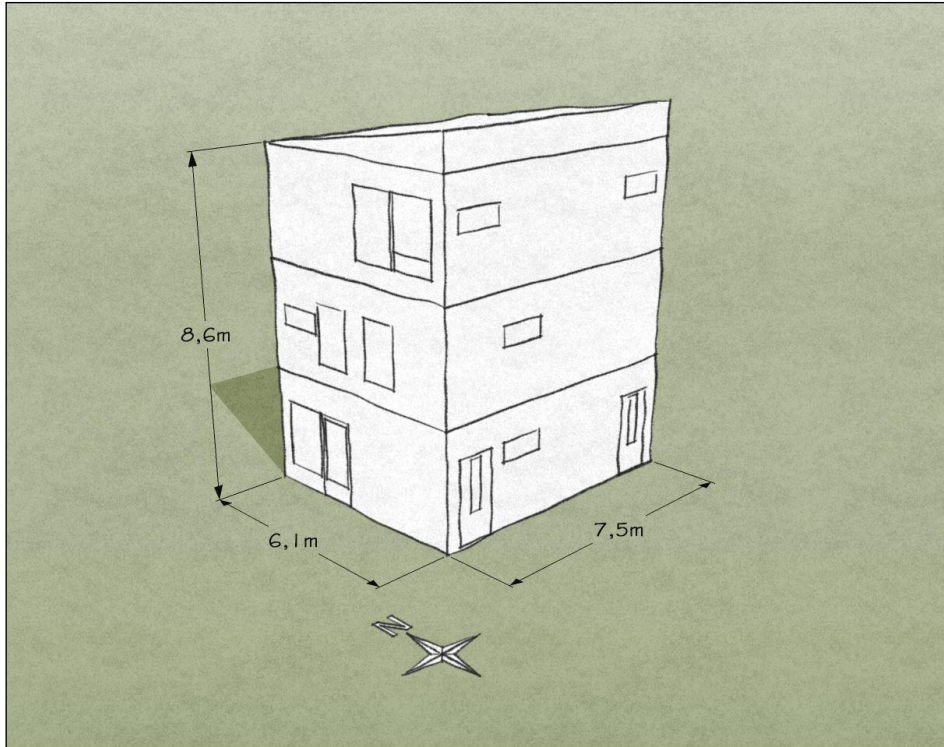
Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	135,5 m <sup>2</sup>
Envelope Area	379,5 m <sup>2</sup>
Volume	305,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,17
$A_f / A_l$	1,11
$A_e / A_l$	3,11
$V / A_e$	0,80

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

## 4.6.4 Single 22

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **103,9 %** of the Reference House



**Description** The Reference House as a three floor house. The windows and doors are retained and thereby Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 26 for Single 22 with the house length doubled, and Single 28 for Single 22 with the house length tripled.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	103,8 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+3,9 %
Energy Use – Total	83,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	76,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	207,9 m <sup>2</sup>
Envelope Area	289,3 m <sup>2</sup>
Volume	329,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,11
$A_f / A_l$	1,70
$A_e / A_l$	2,37
$V / A_e$	1,14

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

**SKANSKA**

Skanska Xchange  
Center Residential

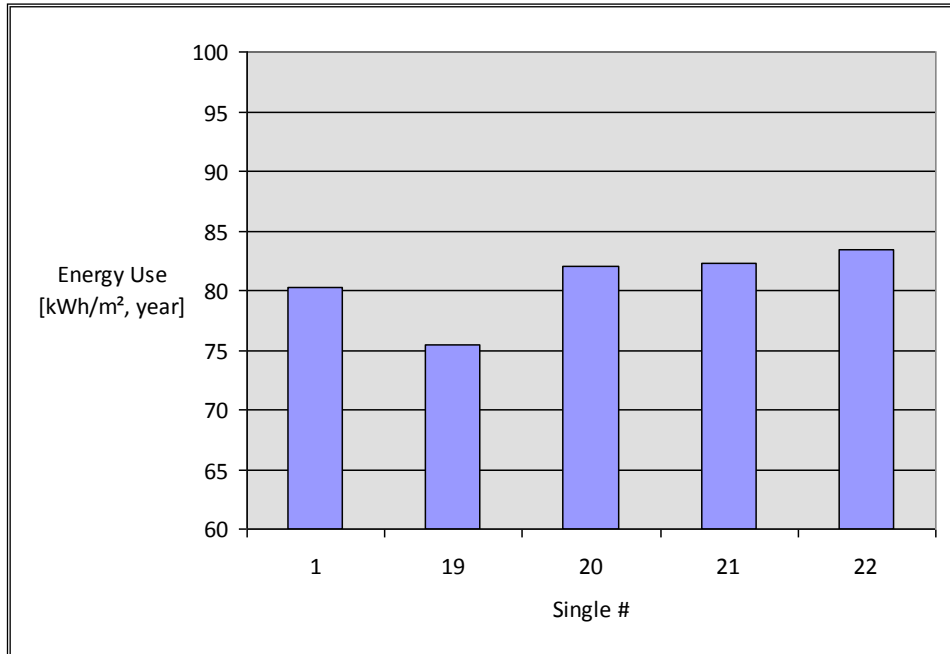
64 (213)

*Date:*  
2010-06-01



## 4.6.5 Relation

Variations of the Reference House have a rather big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House and four variations of the Reference House.

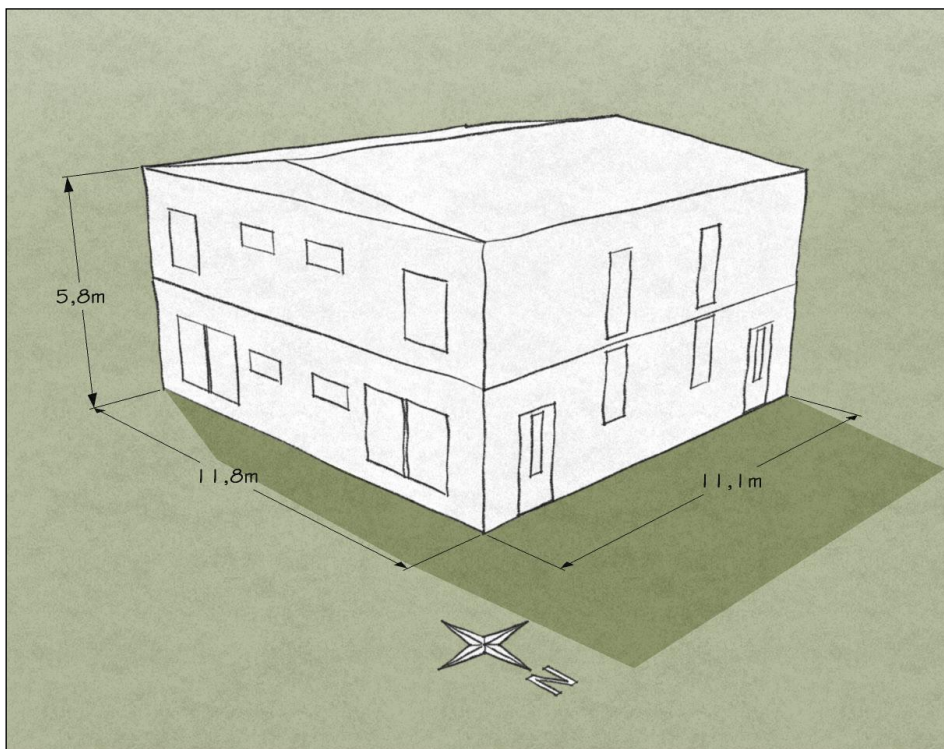
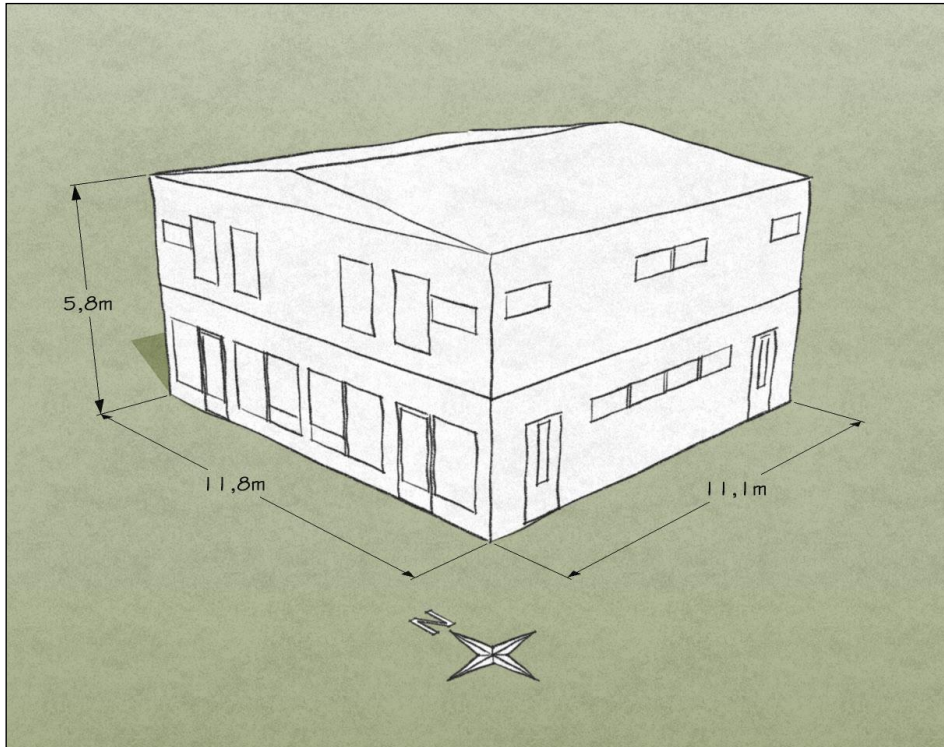
**Note:** Single 19–22 are variations of the Reference House. The Living Area, windows and doors are retained and thereby Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House.

- Single 1            The Reference House.
- Single 19        The Reference House as a square, one floor house.
- Single 20        The Reference House as an angled, one floor house.
- Single 21        The Reference House as an oblong, one floor house.
- Single 22        The Reference House as a three floor house.

## 4.7 Duplex

### 4.7.1 Single 23

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **81,5 % of the Reference House**



**Description** The Reference House doubled to a square, duplex house. South façades put together. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 19 for Single 23 with one floor subtracted, and Single 27 for Single 23 with one floor added.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	81,5 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-18,5 %
Energy Use – Total	65,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	59,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

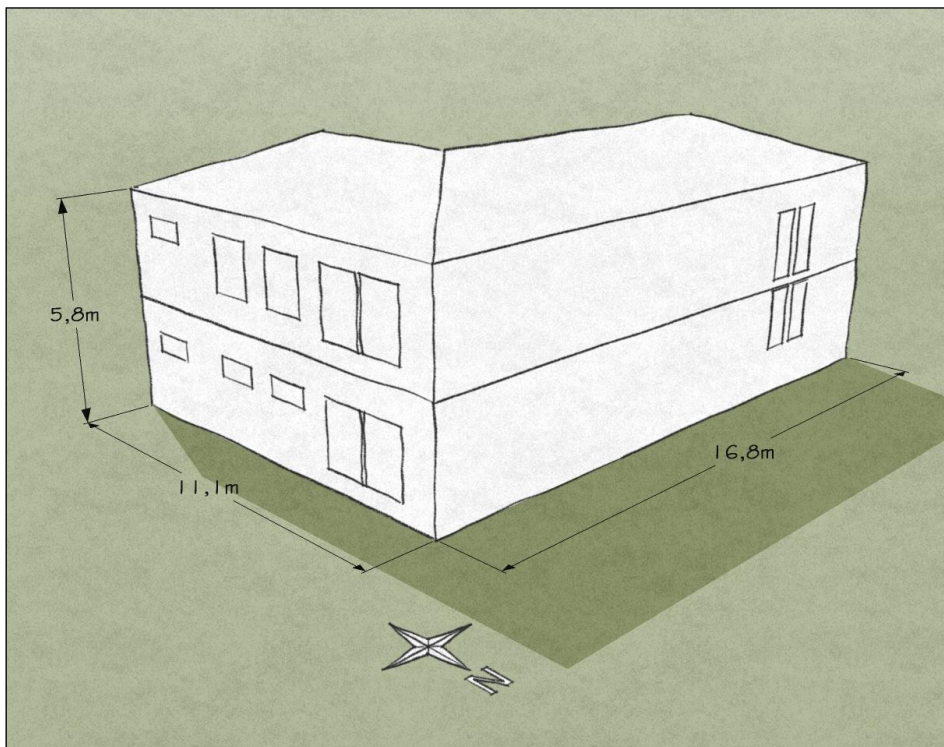
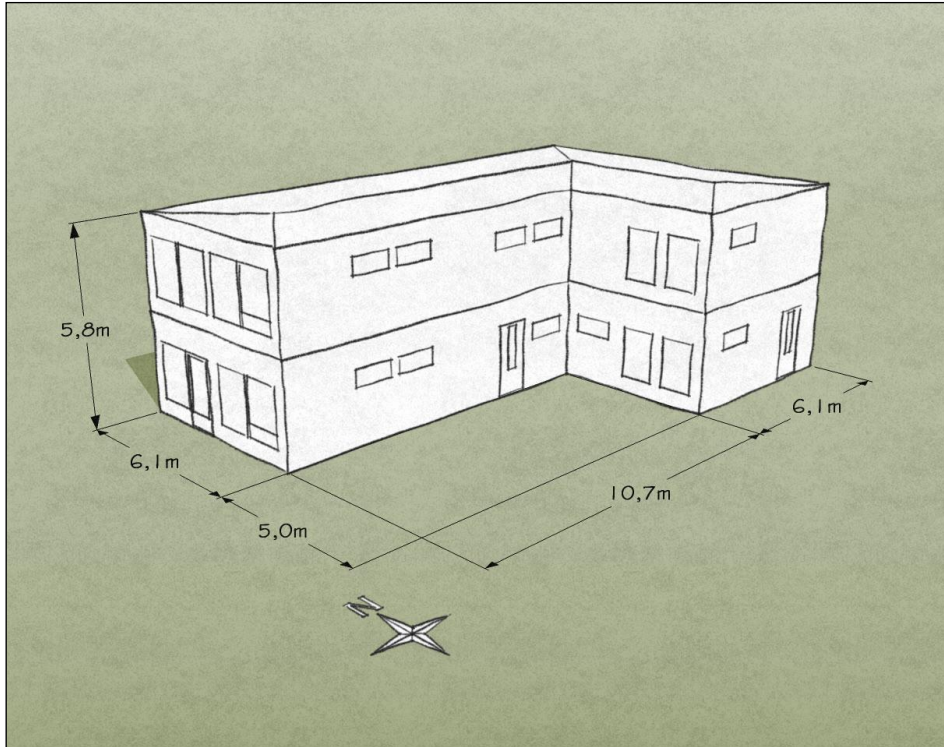
Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Window Area	46,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	234,3 m <sup>2</sup>
Envelope Area	478,2 m <sup>2</sup>
Volume	646,5 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,20
$A_f / A_l$	0,96
$A_e / A_l$	1,96
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	11,2 %	Window	0,7 x 1,7 m	2
		Window	0,7 x 1,5 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,2 x 1,4 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	4
South	11,9 %	Window	1,2 x 0,5 m	8
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,1 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,0 x 1,5 m	4
		Window	1,2 x 1,3 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	2

## 4.7.2 Single 24

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **88,9 %** of the Reference House



**Description** The Reference House doubled to an angled, duplex house. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 20 for Single 24 with one floor subtracted.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	88,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-11,1 %
Energy Use – Total	71,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	65,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

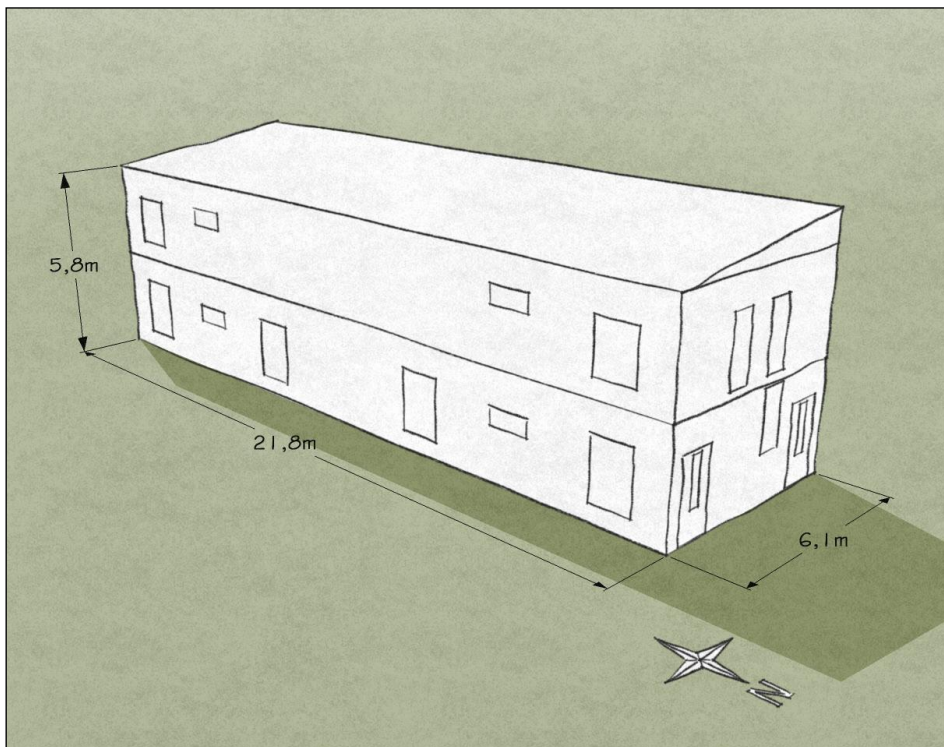
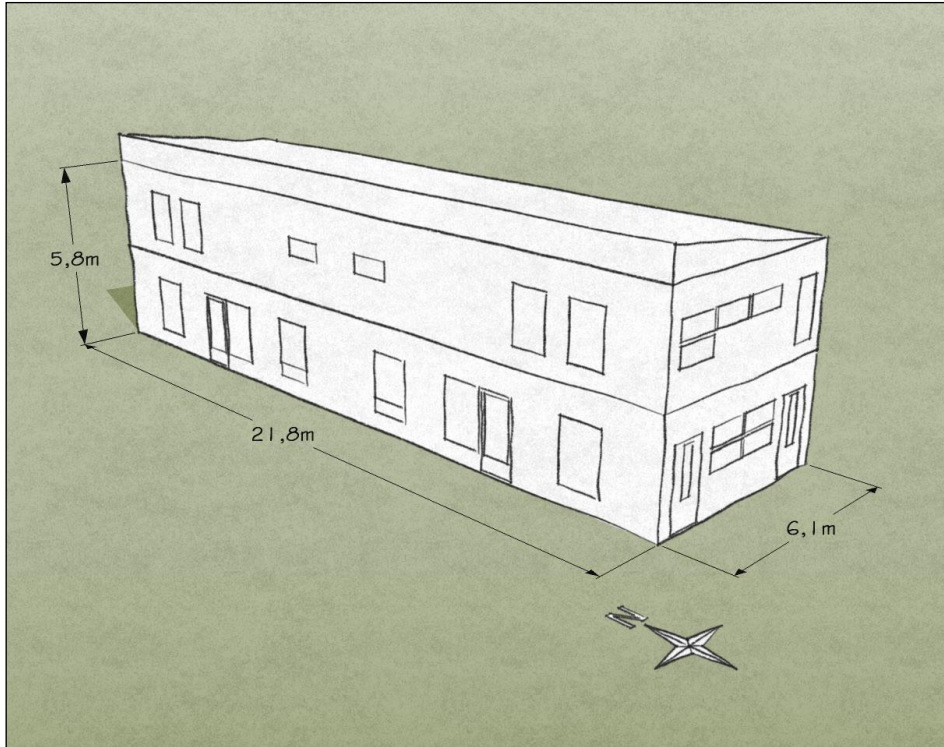
Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Window Area	46,7 m <sup>2</sup>
Façade Area	287,3 m <sup>2</sup>
Envelope Area	531,2 m <sup>2</sup>
Volume	646,5 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,16
$A_f / A_l$	1,18
$A_e / A_l$	2,18
$V / A_e$	1,22

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	2
		Window	0,7 x 1,5 m	2
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,2 x 1,4 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	4
South	13,2 %	Window	1,2 x 0,5 m	9
		Door	1 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,4 %	Window	1,2 x 1,7 m	5
		Window	1 x 1,5 m	4
		Window	1,2 x 1,3 m	2
		Window	1,2 x 0,4 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Door	1 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

## 4.7.3 Single 25

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **90,7 % of the Reference House**



**Description** The Reference House doubled to an oblong, duplex house. East façades put together. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 21 for Single 25 with one floor subtracted.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	90,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-9,3 %
Energy Use – Total	72,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	66,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,30 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

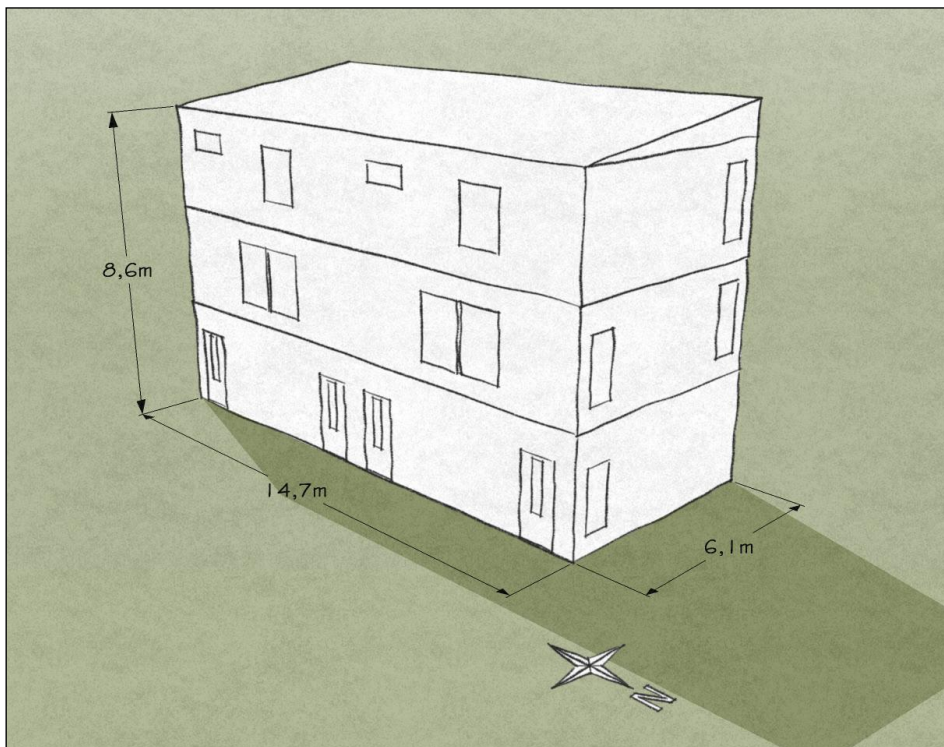
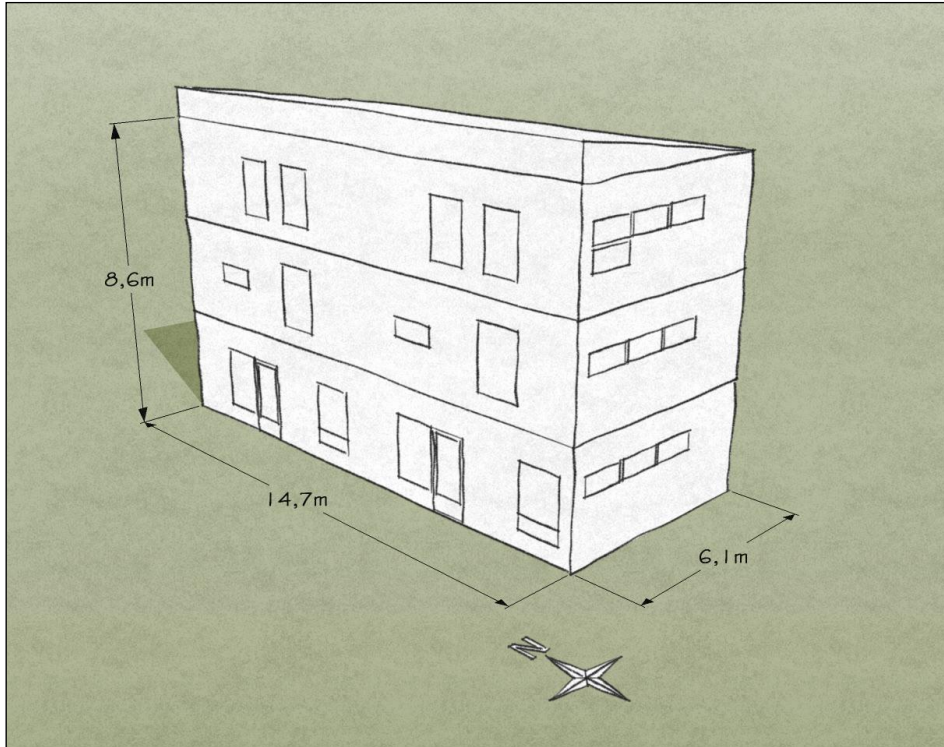
Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Window Area	46,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	287,3 m <sup>2</sup>
Envelope Area	531,2 m <sup>2</sup>
Volume	646,5 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,16
$A_f / A_l$	1,18
$A_e / A_l$	2,18
$V / A_e$	1,22

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,0 %	Window	0,7 x 1,7 m	2
		Window	0,7 x 1,5 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,2 x 1,4 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	4
South	14,2 %	Window	1,2 x 0,5 m	8
		Window	0,7 x 1,5 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,0 x 1,5 m	4
		Window	1,2 x 1,3 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Window	1,2 x 0,4 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	2

## 4.7.4 Single 26

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **91,4 %** of the Reference House





**Description** The Reference House doubled to an oblong three floor, duplex house. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 22 for Single 26 with half the house length subtracted, and Single 28 for Single 26 with half the house length added.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	91,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-8,5 %
Energy Use – Total	73,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	67,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,32 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	244,0 m <sup>2</sup>
Window Area	46,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	323,5 m <sup>2</sup>
Envelope Area	486,1 m <sup>2</sup>
Volume	658,7 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,14
$A_f / A_l$	1,33
$A_e / A_l$	1,99
$V / A_e$	1,36

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	2
		Window	0,7 x 1,5 m	2
East	30,5 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,2 x 1,4 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	4
South	12,8 %	Window	1,2 x 0,5 m	10
West	47,1 %	Window	1,2 x 1,7 m	4
		Window	1,0 x 1,5 m	4
		Window	1,2 x 1,3 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Window	1,2 x 0,4 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	2

**SKANSKA**

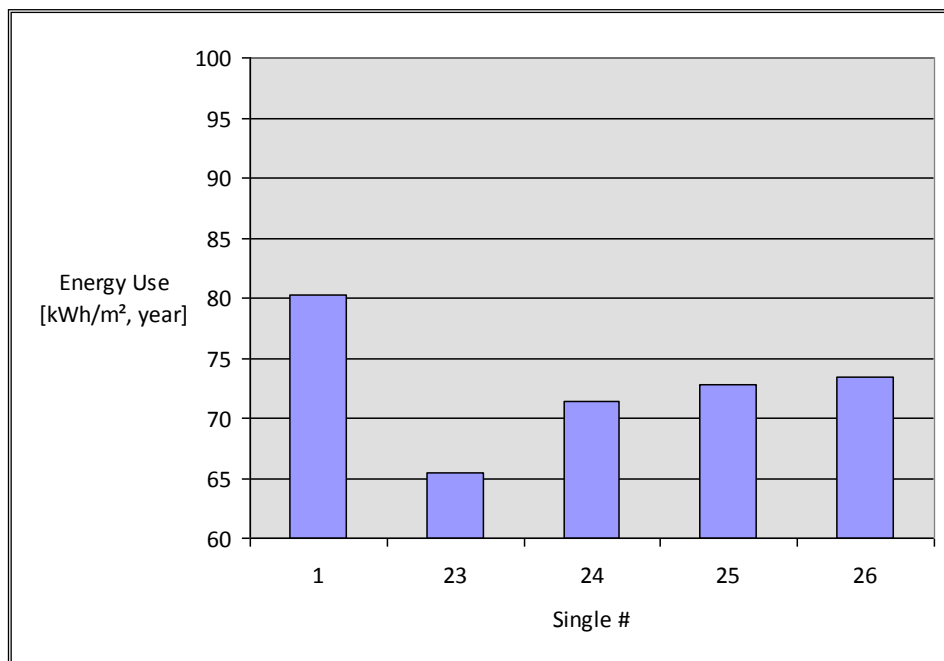
Skanska Xchange  
Center Residential

74 (213)

*Date:*  
2010-06-01

## 4.7.5 Relation

Variation of the Reference House, doubled to a duplex house, has a big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House and four variations of the Reference House, doubled to a duplex house.

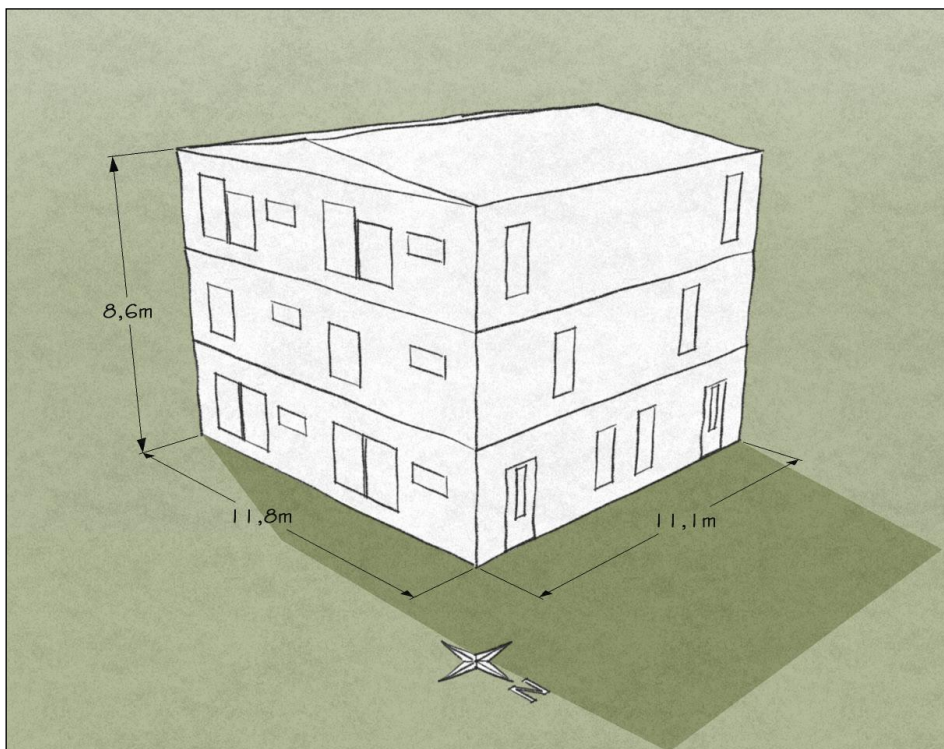
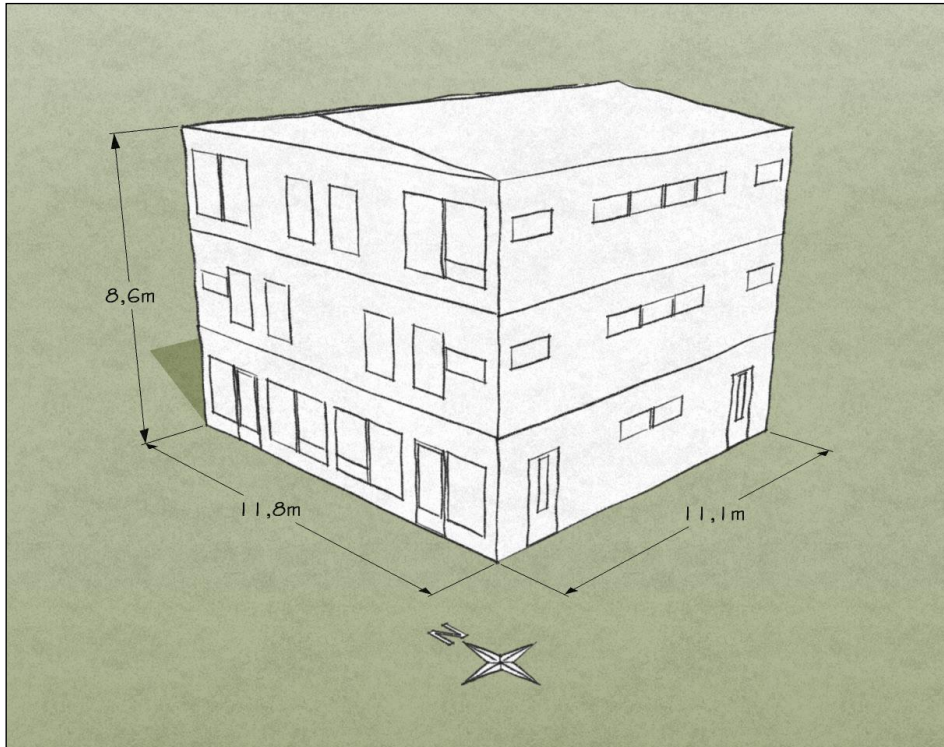
**Note:** Single 23–26 are the Reference House doubled to a duplex house. The windows and doors on are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House.

- Single 1            The Reference House.
- Single 23        The Reference House doubled to a square, duplex house.
- Single 24        The Reference House doubled to an angled, duplex house.
- Single 25        The Reference House doubled to an oblong, duplex house.
- Single 26        The Reference House doubled to a three floor, duplex house.

## 4.8 Triplex

### 4.8.1 Single 27

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **79,1 % of the Reference House**



**Description** The Reference House tripled to a square, triplex house. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 19 for Single 27 with two floors subtracted, and Single 23 for Single 27 with one floor subtracted.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	79,1 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-20,9 %
Energy Use – Total	63,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	57,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,33 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

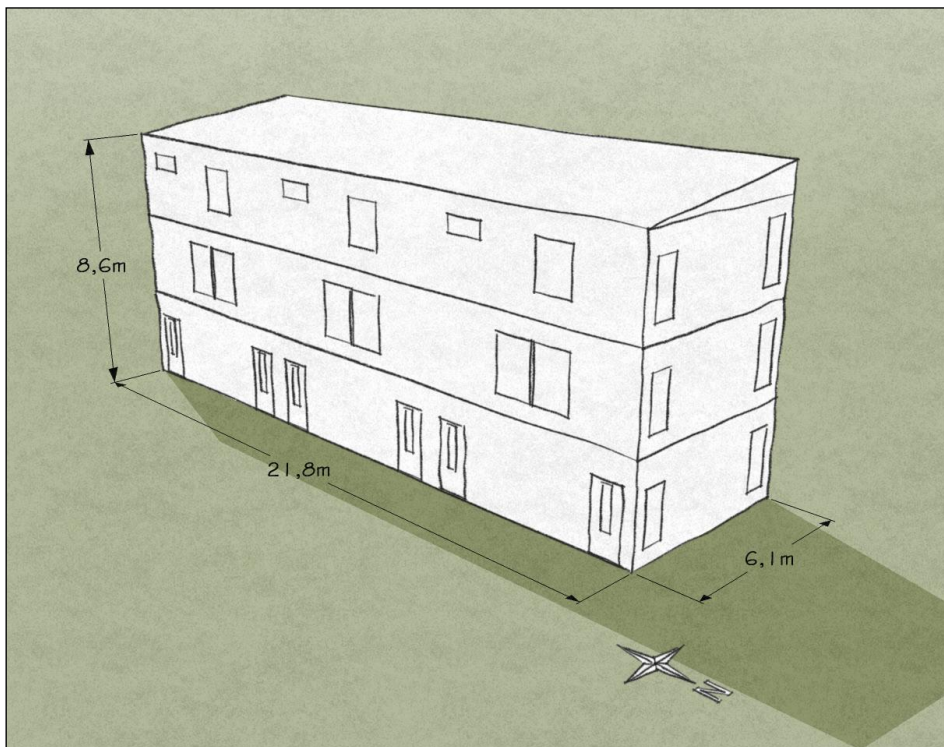
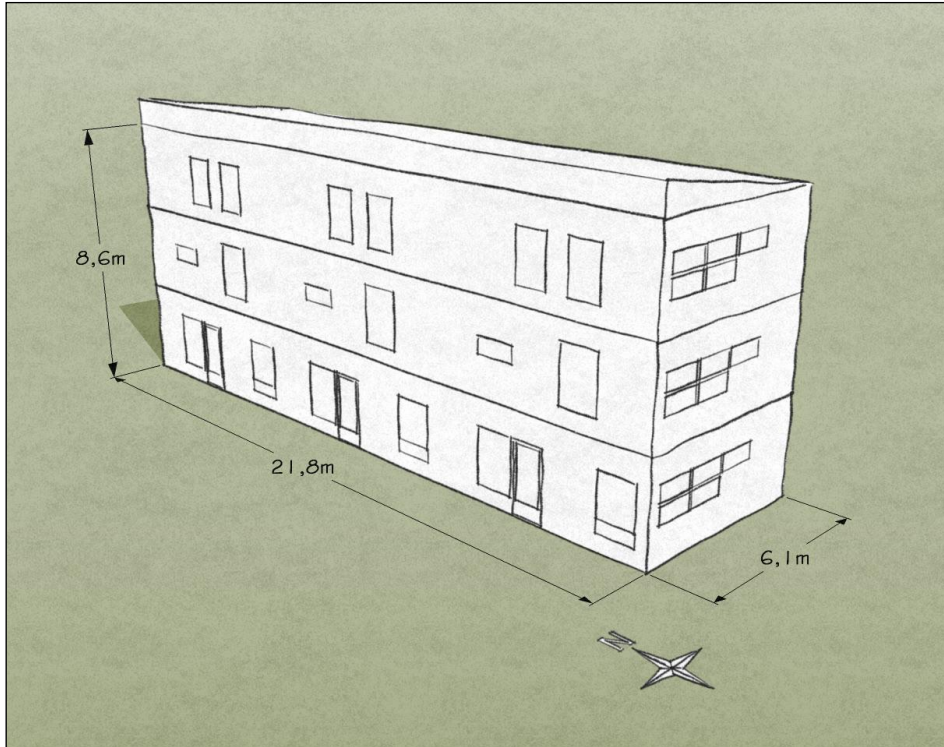
Living Area	365,9 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	365,9 m <sup>2</sup>
Window Area	71,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	358,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	602,0 m <sup>2</sup>
Volume	988,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,20
$A_f / A_l$	0,98
$A_e / A_l$	1,65
$V / A_e$	1,64

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	10,4 %	Window	0,7 x 1,7 m	3
		Window	0,7 x 1,5 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
East	31,4 %	Window	1,2 x 1,7 m	6
		Window	1,2 x 1,4 m	4
		Window	1,2 x 0,5 m	6
South	11,9 %	Window	1,2 x 0,5 m	13
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	46,2 %	Window	1,2 x 1,7 m	7
		Window	1,0 x 1,5 m	6
		Window	1,2 x 1,3 m	3
		Window	1,2 x 0,4 m	3
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	2

## 4.8.2 Single 28

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **87,1 % of the Reference House**



**Description** The Reference House tripled to an oblong, triplex house. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House. Non-heated attic.

**Note** See Single 21 for Single 28 with two floors subtracted, and Single 25 for Single 28 with one floor subtracted. Also see Single 22 for Single 28 with  $\frac{2}{3}$  of the house length subtracted, and Single 26 for Single 28 with  $\frac{1}{3}$  of the house length subtracted.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	87,1 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-12,9 %
Energy Use – Total	69,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	63,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,33 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	365,9 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	365,9 m <sup>2</sup>
Window Area	70,1 m <sup>2</sup>
Façade Area	439,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	683,0 m <sup>2</sup>
Volume	988,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,16
$A_f / A_l$	1,20
$A_e / A_l$	1,87
$V / A_e$	1,45

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	3
		Window	0,7 x 1,5 m	3
East	30,5 %	Window	1,2 x 1,7 m	6
		Window	1,2 x 1,4 m	3
		Window	1,2 x 0,5 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	6
South	12,8 %	Window	1,2 x 0,5 m	15
West	47,1 %	Window	1,2 x 1,7 m	6
		Window	1,0 x 1,5 m	6
		Window	1,2 x 1,3 m	3
		Window	1,2 x 0,5 m	3
		Window	1,2 x 0,4 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	3

**SKANSKA**

Skanska Xchange  
Center Residential

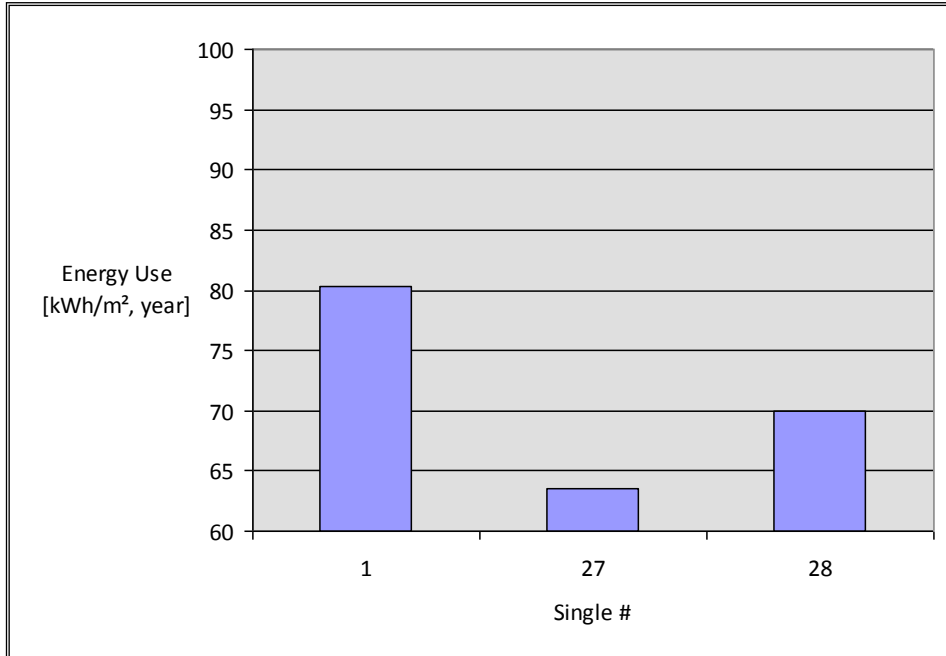
80 (213)

*Date:*  
2010-06-01



### 4.8.3 Relation

Variation of the Reference House, tripled to a triplex house, has a big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House and two variations of the Reference House, tripled to a triplex house.

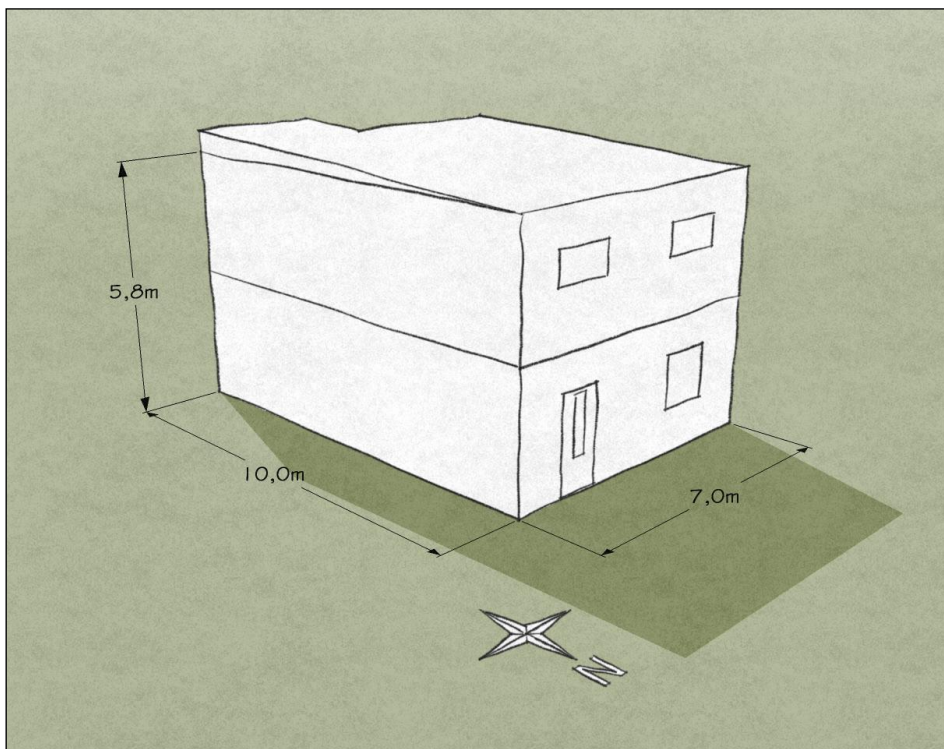
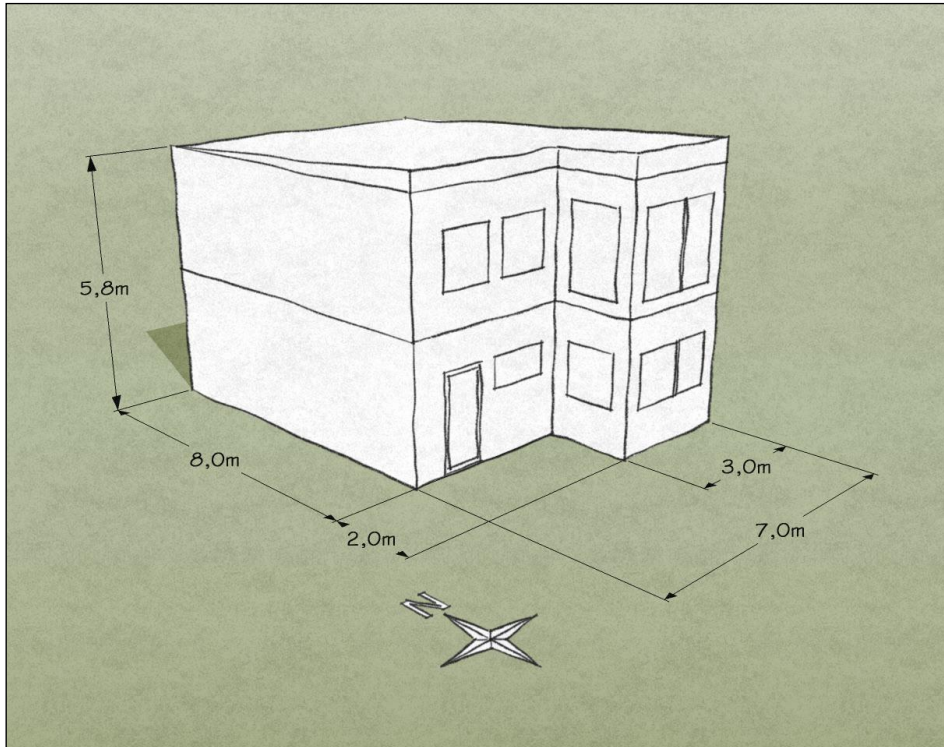
**Note:** Single 27 and 28 are the Reference House tripled to a triplex house. The windows and doors on are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same as the Reference House.

- Single 1            The Reference House.
- Single 27        The Reference House tripled to a square, triplex house.
- Single 28        The Reference House doubled to an oblong, triplex house.

## 4.9 Row-house

### 4.9.1 Single 29

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **94,4 % of the Reference House**



**Description** A two floor row-house, with a protruding part. One dwelling. Non-heated attic.

**Note** Single 29–33 are row-houses, going from one to five dwellings.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	94,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-5,6 %
Energy Use – Total	75,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	69,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,27 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

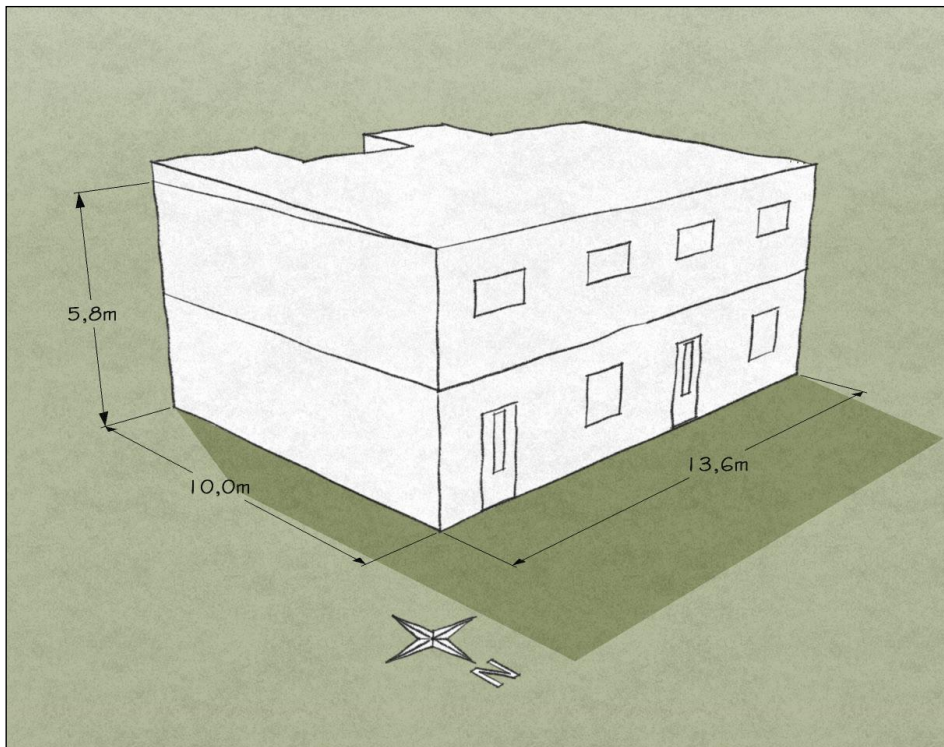
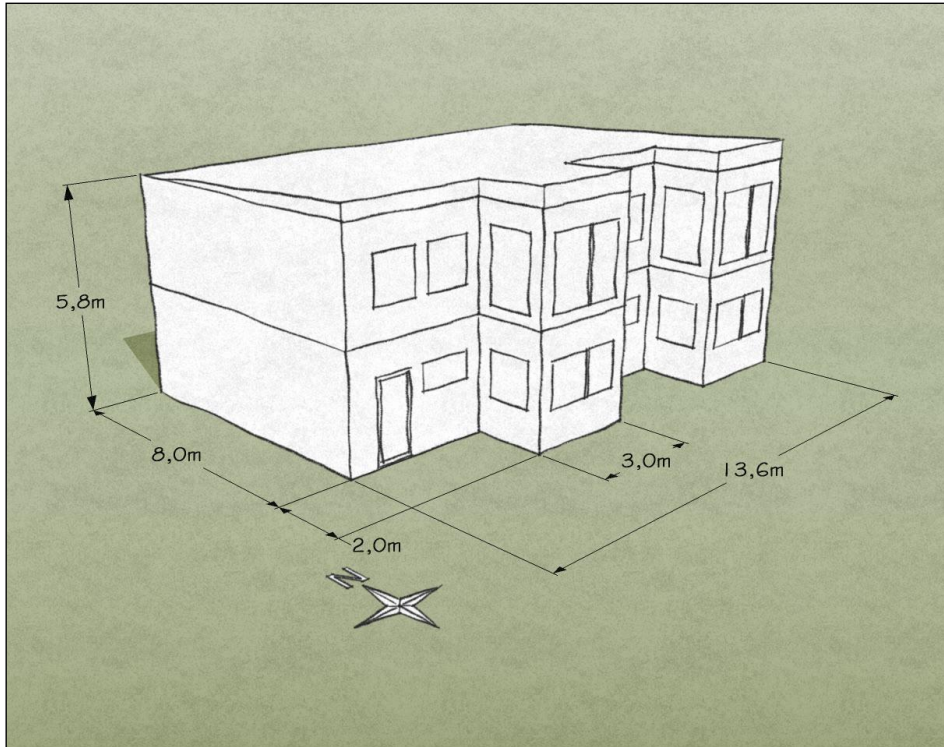
Living Area	110,7 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	110,7 m <sup>2</sup>
Window Area	19,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	171,7 m <sup>2</sup>
Envelope Area	282,4 m <sup>2</sup>
Volume	293,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,18
$A_w / A_f$	0,11
$A_f / A_l$	1,55
$A_e / A_l$	2,55
$V / A_e$	1,04

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	19,5 %	Window	1,4 x 0,7 m	2
		Window	1,2 x 1,2 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	1
East	0,0 %	-	-	-
South	61,3 %	Window	1,2 x 1,2 m	3
		Window	1,2 x 1,9 m	1
		Window	0,9 x 1,9 m	1
		Window	0,9 x 1,2 m	1
		Window	1,4 x 0,7 m	1
West	19,2 %	Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1
		Window	1,2 x 1,9 m	1
		Window	1,2 x 1,2 m	1

## 4.9.2 Single 30

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **82,5 % of the Reference House**



**Description** A two floor row-house, with a protruding part. Two dwellings. Non-heated attic.

**Note** Single 29–33 are row-houses, going from one to five dwellings.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	82,5 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-17,5 %
Energy Use – Total	66,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	59,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,27 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

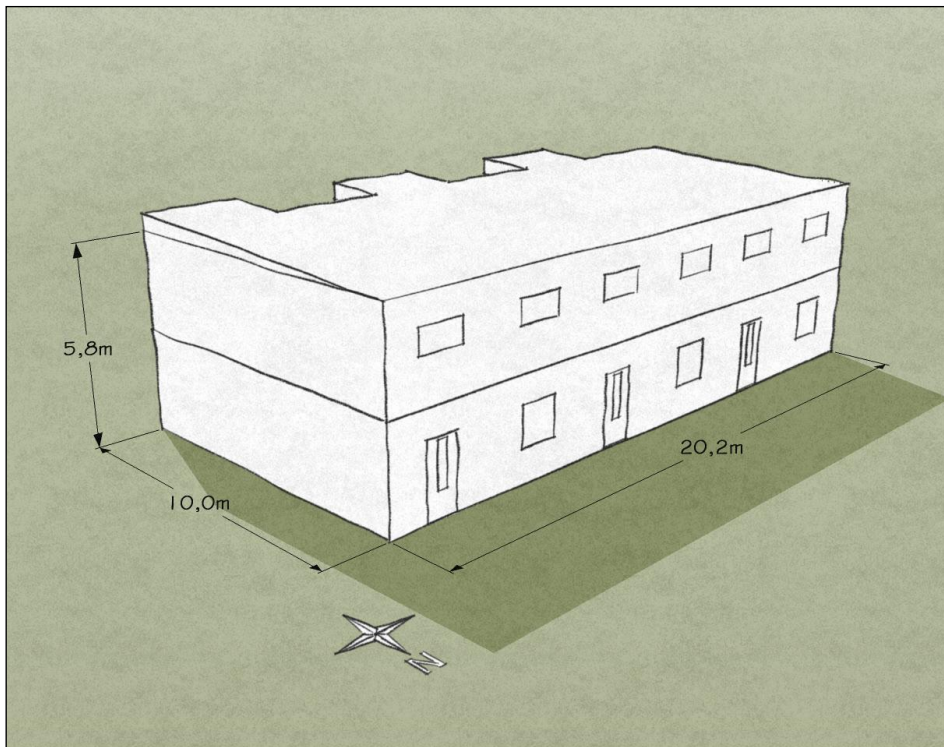
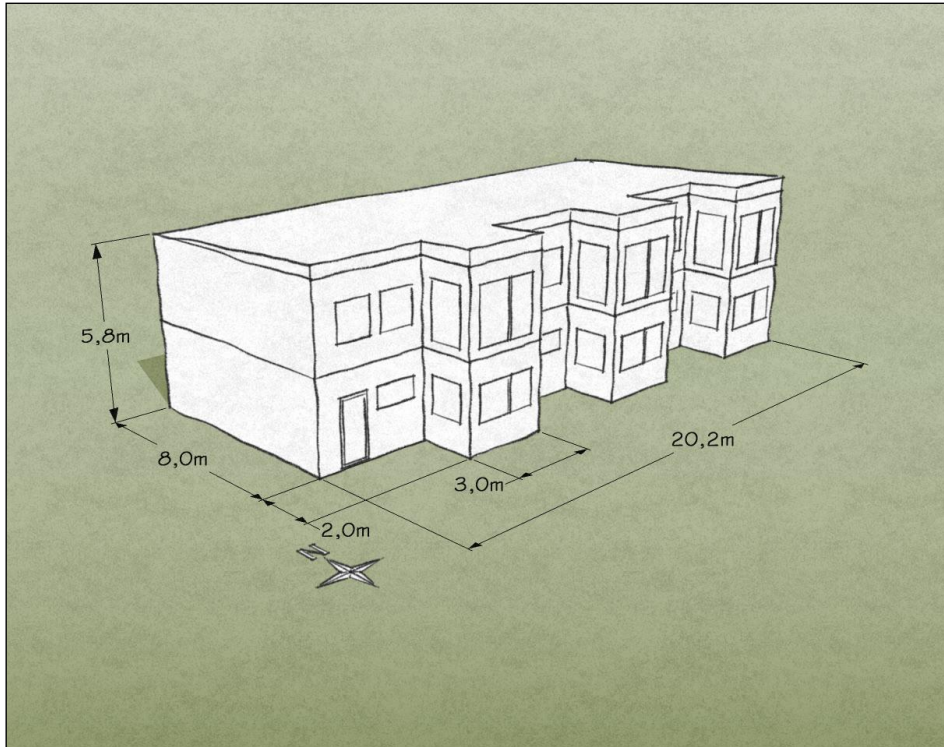
Living Area	221,4 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	221,4 m <sup>2</sup>
Window Area	38,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	262,9 m <sup>2</sup>
Envelope Area	484,3 m <sup>2</sup>
Volume	586,8 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,18
$A_w / A_f$	0,15
$A_f / A_l$	1,19
$A_e / A_l$	2,19
$V / A_e$	1,21

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	19,5 %	Window	1,4 x 0,7 m	4
		Window	1,2 x 1,2 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
East	0,0 %	-	-	-
South	61,3 %	Window	1,2 x 1,2 m	6
		Window	1,2 x 1,9 m	2
		Window	0,9 x 1,9 m	2
		Window	0,9 x 1,2 m	2
		Window	1,4 x 0,7 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	2
West	19,2 %	Window	1,2 x 1,9 m	2
		Window	1,2 x 1,2 m	2

### 4.9.3 Single 31

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **78,7 % of the Reference House**



**Description** A two floor row-house, with a protruding part. Three dwellings. Non-heated attic.

**Note** Single 29–33 are row-houses, going from one to five dwellings.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	78,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-21,3 %
Energy Use – Total	63,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	56,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,27 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

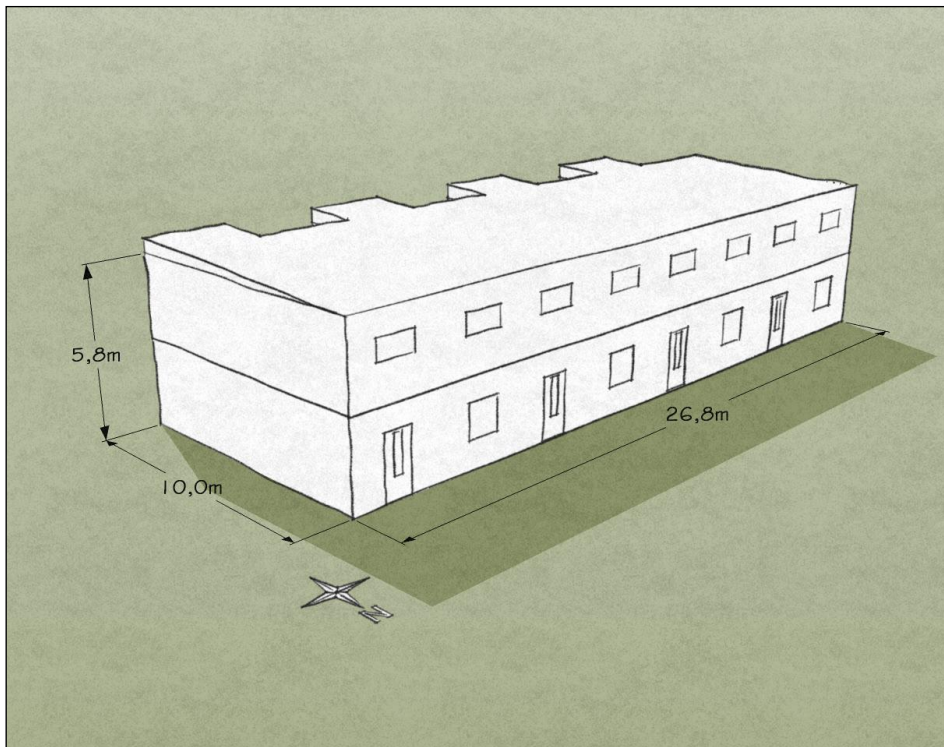
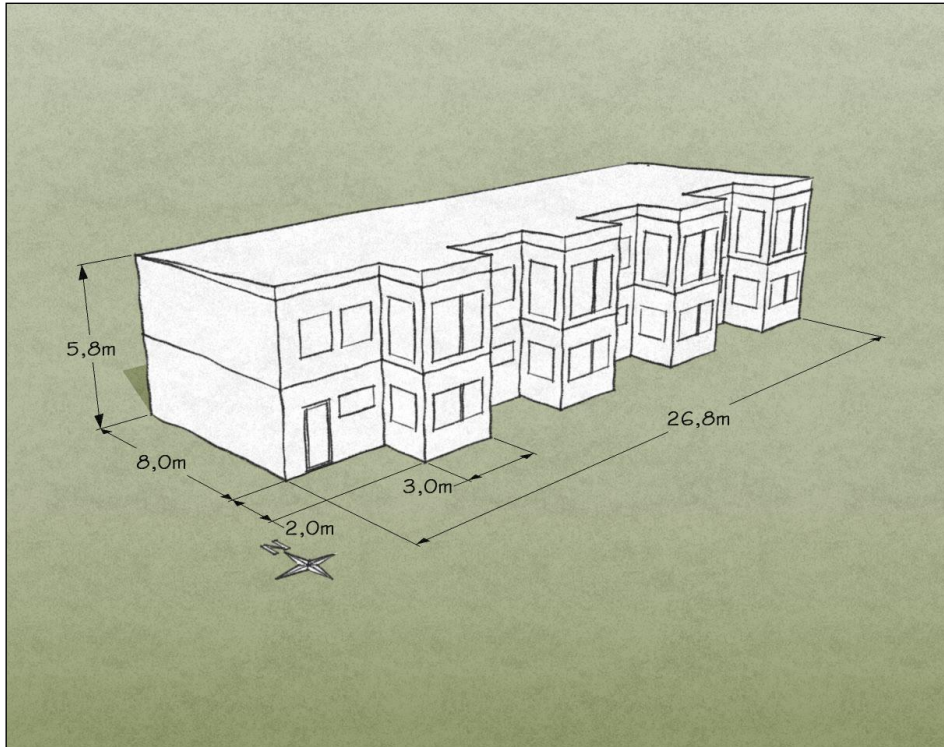
Living Area	332,2 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	332,2 m <sup>2</sup>
Window Area	58,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	354,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	686,2 m <sup>2</sup>
Volume	880,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,18
$A_w / A_f$	0,16
$A_f / A_l$	1,07
$A_e / A_l$	2,07
$V / A_e$	1,28

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	19,5 %	Window	1,4 x 0,7 m	6
		Window	1,2 x 1,2 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	3
East	0,0 %	-	-	-
South	61,3 %	Window	1,2 x 1,2 m	9
		Window	1,2 x 1,9 m	3
		Window	0,9 x 1,9 m	3
		Window	0,9 x 1,2 m	3
		Window	1,4 x 0,7 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	3
West	19,2 %	Window	1,2 x 1,9 m	3
		Window	1,2 x 1,2 m	3

## 4.9.4 Single 32

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **76,8 % of the Reference House**





**Description** A two floor row-house, with a protruding part. Four dwellings. Non-heated attic.

**Note** Single 29–33 are row-houses, going from one to five dwellings.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	76,8 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-23,2 %
Energy Use – Total	61,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	55,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,27 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

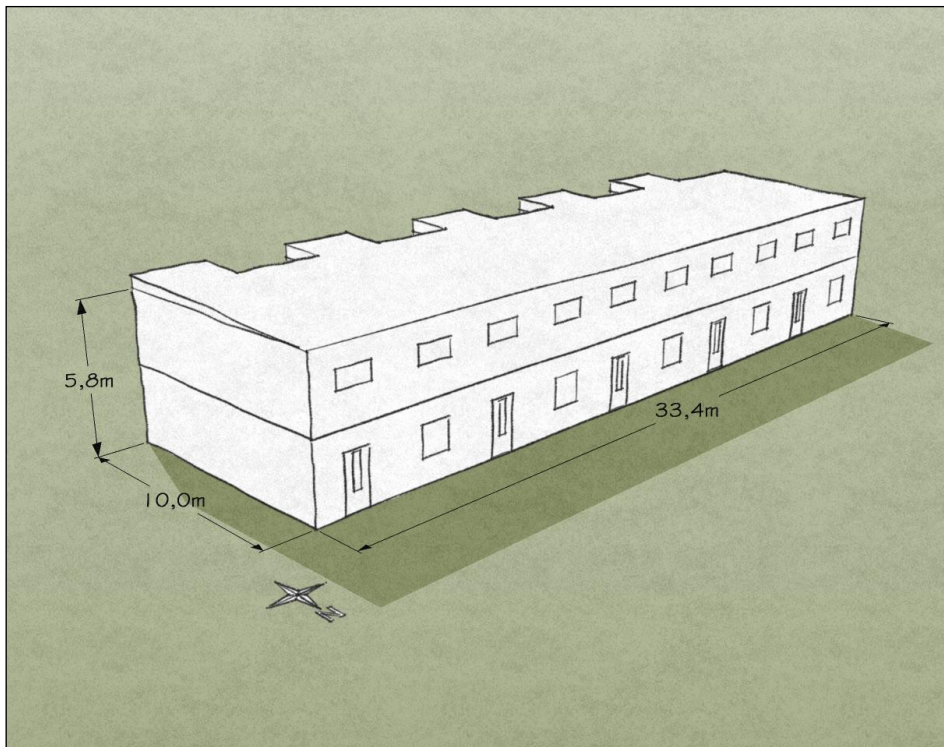
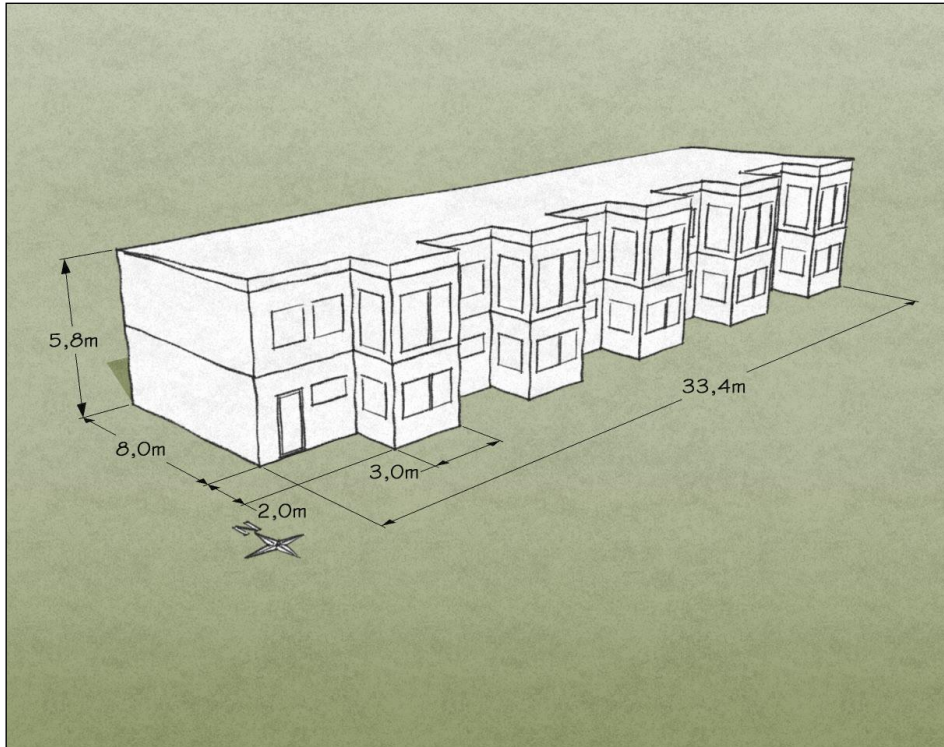
Living Area	442,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	442,8 m <sup>2</sup>
Window Area	77,6 m <sup>2</sup>
Façade Area	445,2 m <sup>2</sup>
Envelope Area	888,0 m <sup>2</sup>
Volume	1 173,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,18
$A_w / A_f$	0,17
$A_f / A_l$	1,01
$A_e / A_l$	2,01
$V / A_e$	1,32

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	19,5 %	Window	1,4 x 0,7 m	8
		Window	1,2 x 1,2 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	4
East	0,0 %	-	-	-
South	61,3 %	Window	1,2 x 1,2 m	12
		Window	1,2 x 1,9 m	4
		Window	0,9 x 1,9 m	4
		Window	0,9 x 1,2 m	4
		Window	1,4 x 0,7 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	4
West	19,2 %	Window	1,2 x 1,9 m	4
		Window	1,2 x 1,2 m	4

## 4.9.5 Single 33

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **75,6 % of the Reference House**



**Description** A two floor row-house, with a protruding part. Five dwellings. Non-heated attic.

**Note** Single 29–33 are row-houses, going from one to five dwellings.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	75,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-24,4 %
Energy Use – Total	60,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	54,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,27 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	553,6 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	553,6 m <sup>2</sup>
Window Area	97,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	536,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	1 090,0 m <sup>2</sup>
Volume	1 467,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,18
$A_w / A_f$	0,18
$A_f / A_l$	0,97
$A_e / A_l$	1,97
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	19,5 %	Window	1,4 x 0,7 m	10
		Window	1,2 x 1,2 m	5
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	5
East	0,0 %	-	-	-
South	61,3 %	Window	1,2 x 1,2 m	15
		Window	1,2 x 1,9 m	5
		Window	0,9 x 1,9 m	5
		Window	0,9 x 1,2 m	5
		Window	1,4 x 0,7 m	5
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	5
West	19,2 %	Window	1,2 x 1,9 m	5
		Window	1,2 x 1,2 m	5

**SKANSKA**

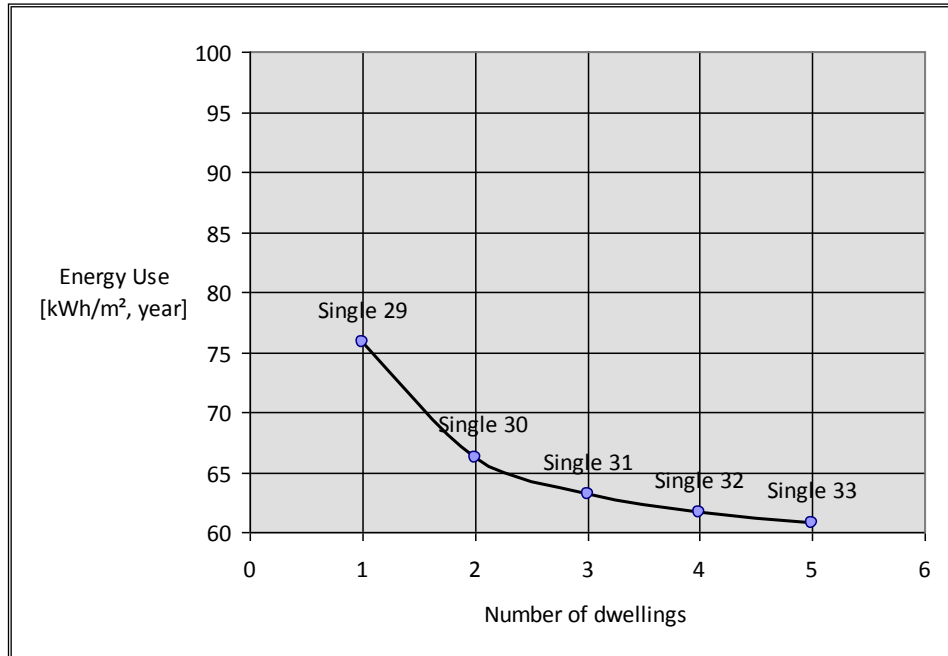
Skanska Xchange  
Center Residential

92 (213)

*Date:*  
2010-06-01

## 4.9.6 Relation

The number of dwellings in Row-houses has a rather big impact on Energy Use



**Description:** Row-house with increasing number of dwellings.

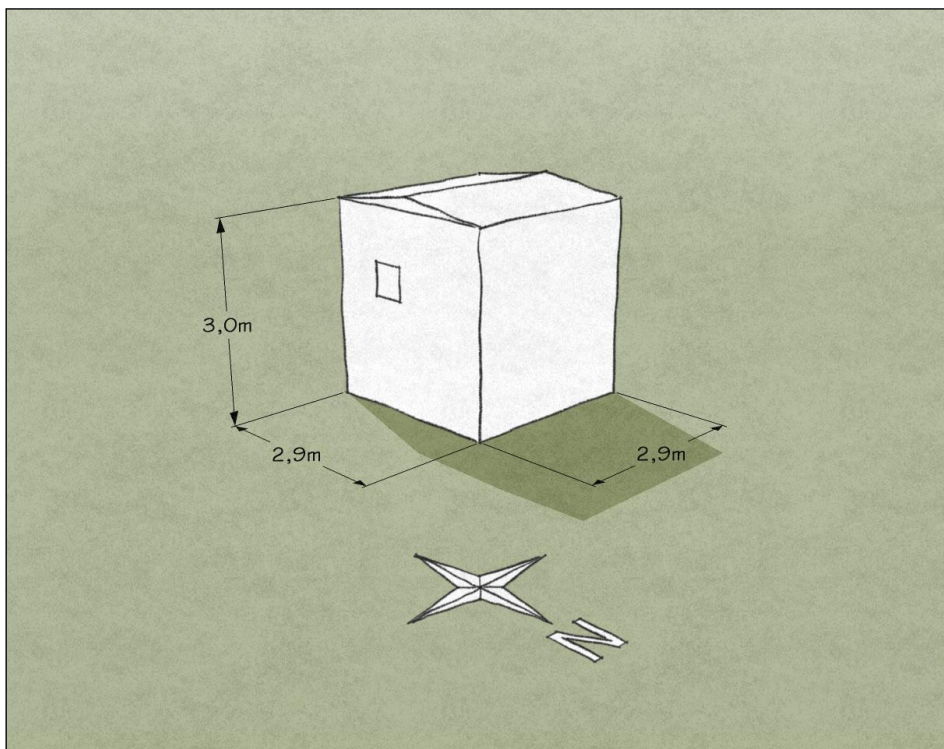
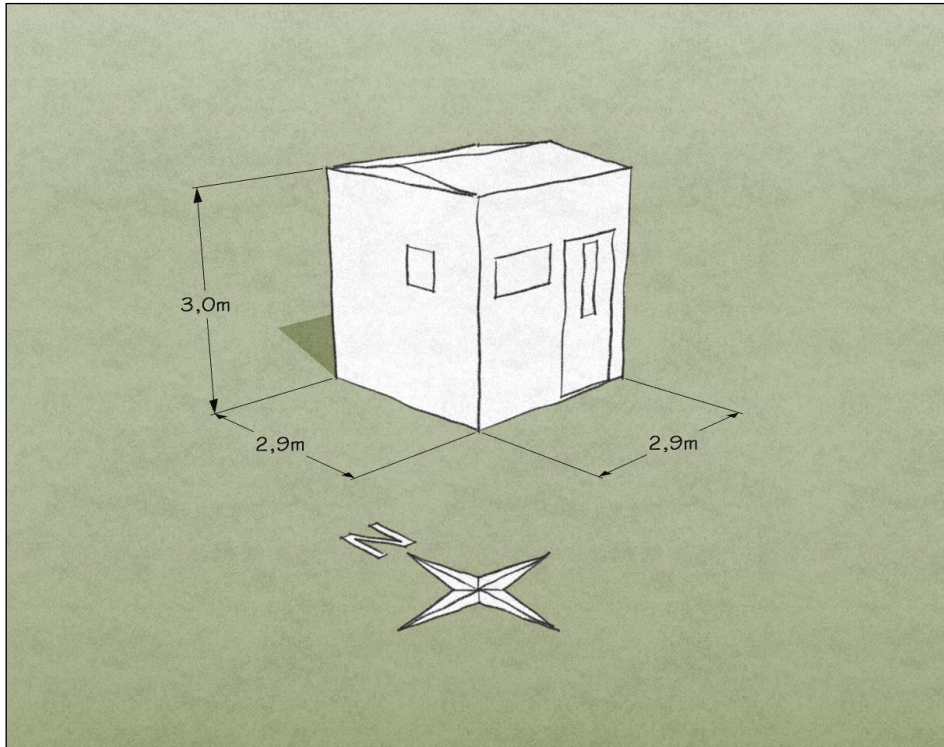
**Note:** The line between the dots is not a mathematical function; it is an approximated line to demonstrate the relation between the numbers of dwellings.

- Single 29      Row-house, one dwelling.
- Single 30      Row-house, two dwellings.
- Single 31      Row-house, three dwellings.
- Single 32      Row-house, four dwellings.
- Single 33      Row-house, five dwellings.

## 4.10 Building Size

### 4.10.1 Single 34

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **272,9 % of the Reference House**



**Description** One floor house with the interior measurements forming a perfect cube. Non-heated attic.

**Note** Single 34–36 have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	272,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+172,9 %
Energy Use – Total	219,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	211,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	7,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

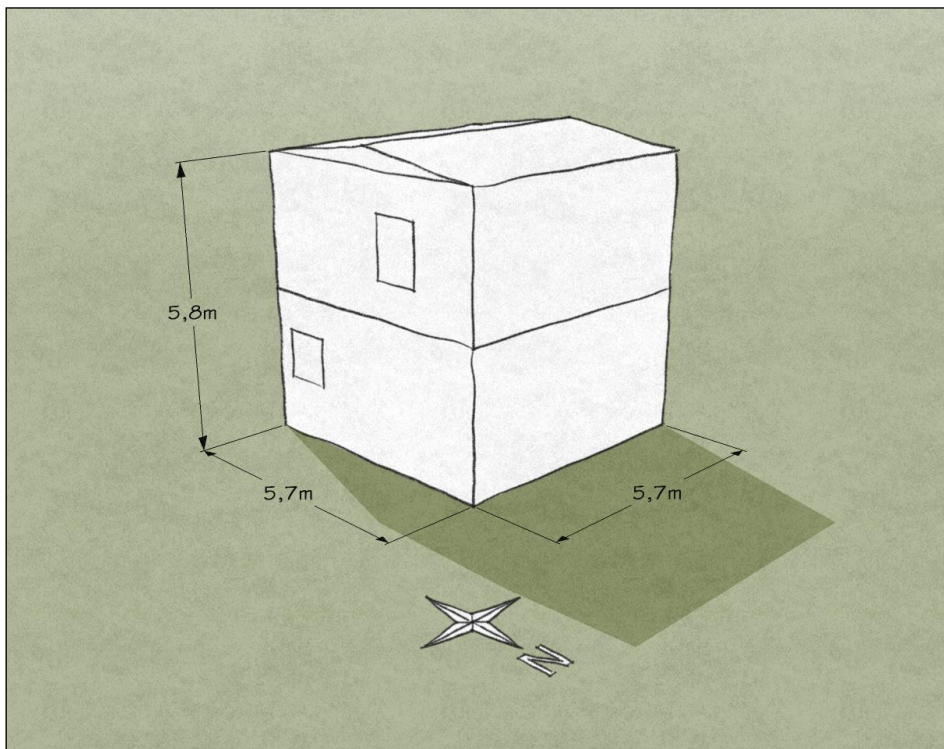
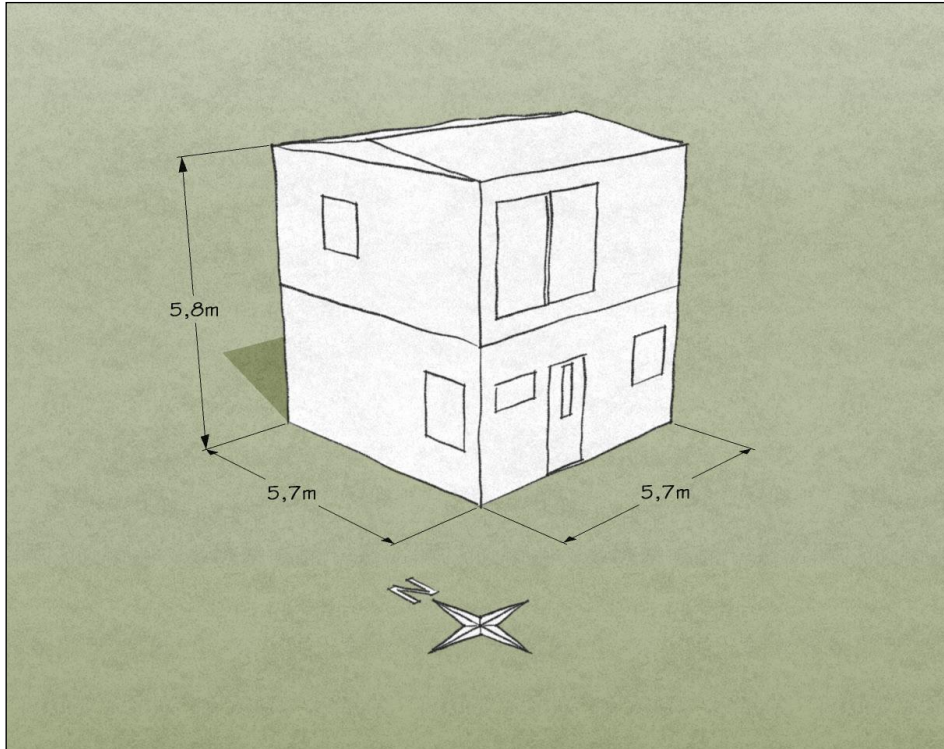
Living Area	6,3 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	6,3 m <sup>2</sup>
Window Area	1,3 m <sup>2</sup>
Façade Area	25,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	37,5 m <sup>2</sup>
Volume	15,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,05
$A_f / A_l$	4,00
$A_e / A_l$	6,00
$V / A_e$	0,42

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	0,0 %	-	-	-
East	20,0 %	Window	0,5 x 0,5 m	1
South	60,0 %	Window	1,0 x 0,5 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,25 x 1,0m	1
West	20,0 %	Window	0,5 x 0,5 m	1

## 4.10.2 Single 35

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **113,1 % of the Reference House**





**Description** Two floor house with the interior measurements forming a perfect cube. Non-heated attic.

**Note** Single 34–36 have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	113,1 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+13,1 %
Energy Use – Total	90,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	84,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,28 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

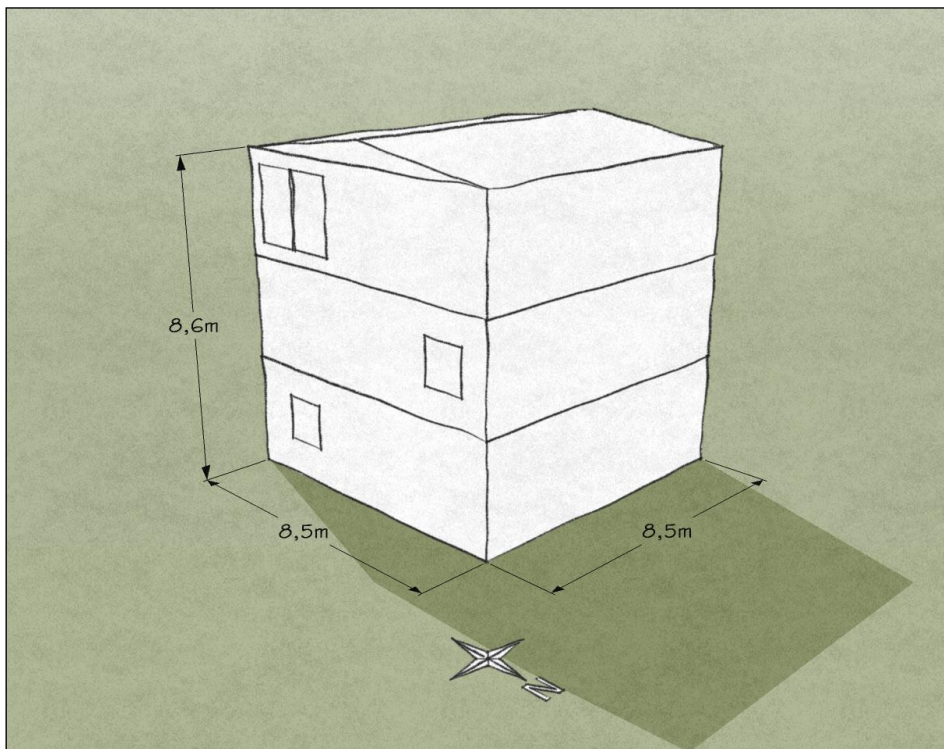
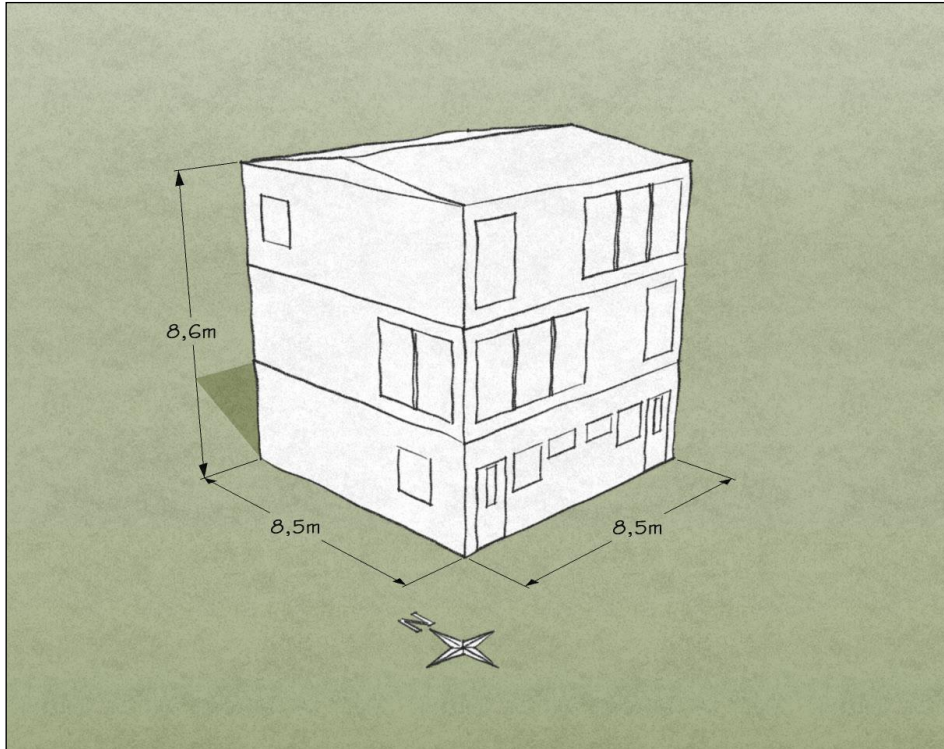
Living Area	56,2 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	56,2 m <sup>2</sup>
Window Area	11,3 m <sup>2</sup>
Façade Area	112,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	168,5 m <sup>2</sup>
Volume	148,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,10
$A_f / A_l$	2,00
$A_e / A_l$	3,00
$V / A_e$	0,88

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	0,0 %	-	-	-
East	20,0 %	Window	1,0 x 1,3 m	1
		Window	1,0 x 1,0 m	1
South	60,0 %	Window	1,3 x 2,0 m	2
		Window	1,0 x 1,0 m	1
		Window	1,0 x 0,5 m	1
West	20,0 %	Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,0 m	1
		Window	1,0 x 1,3 m	1
		Window	1,0 x 1,0 m	1

### 4.10.3 Single 36

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **82,0 %** of the Reference House



**Description** Three floor house with the interior measurements forming a perfect cube. Non-heated attic.

**Note** Single 34–36 have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	82,0 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-18,0 %
Energy Use – Total	65,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	59,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	196,8 m <sup>2</sup>
Window Area	39,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	262,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	393,7 m <sup>2</sup>
Volume	531,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,15
$A_f / A_l$	1,33
$A_e / A_l$	2,00
$V / A_e$	1,35

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	0,0 %	-	-	-
East	20,0 %	Window	1,3 x 2,0 m	2
		Window	1,2 x 1,2 m	2
South	60,0 %	Window	1,3 x 2,0 m	8
		Window	1,0 x 1,0 m	2
		Window	1,0 x 0,5 m	2
West	20,0 %	Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,0 m	2
		Window	1,3 x 2,0 m	2
		Window	1,2 x 1,2 m	2

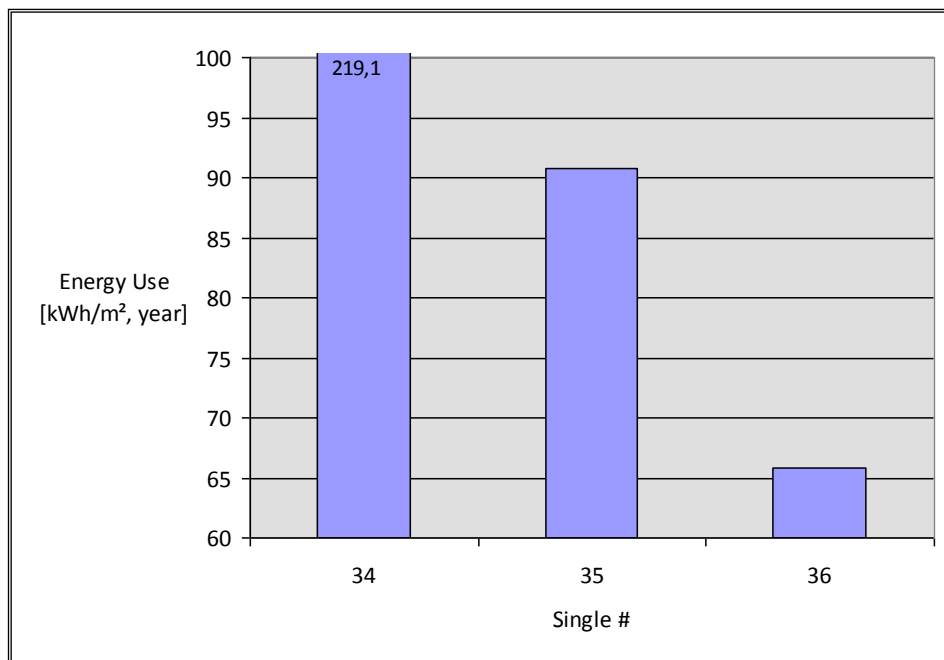
**SKANSKA**

Skanska Xchange 100 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 4.10.4 Relation

Building size, within the same geometry, has a very big impact on Energy Use



**Description:** Cube shaped house with increased size.

**Note:** Single 34, 35 and 36 are all houses with the interior measurements forming a perfect cube, they have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

Single 34      One floor house.

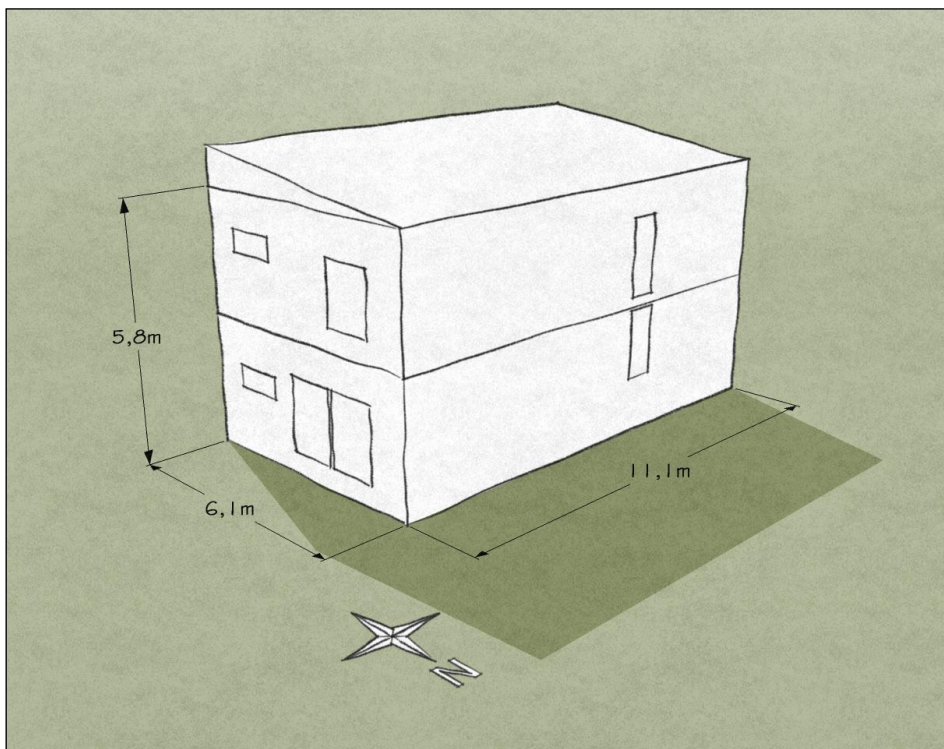
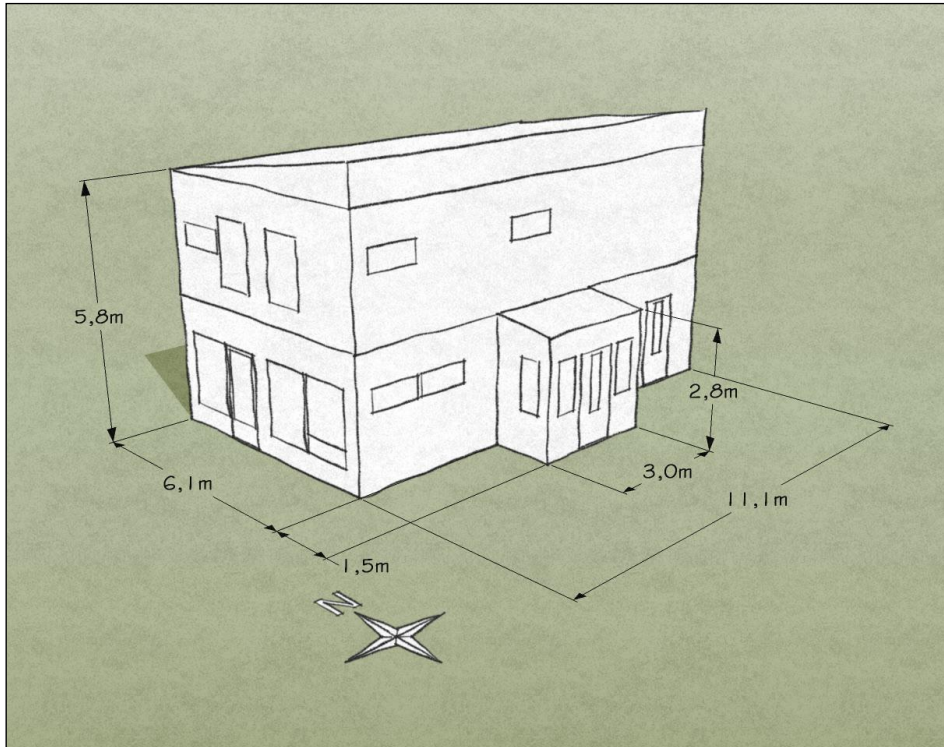
Single 35      Two floor house.

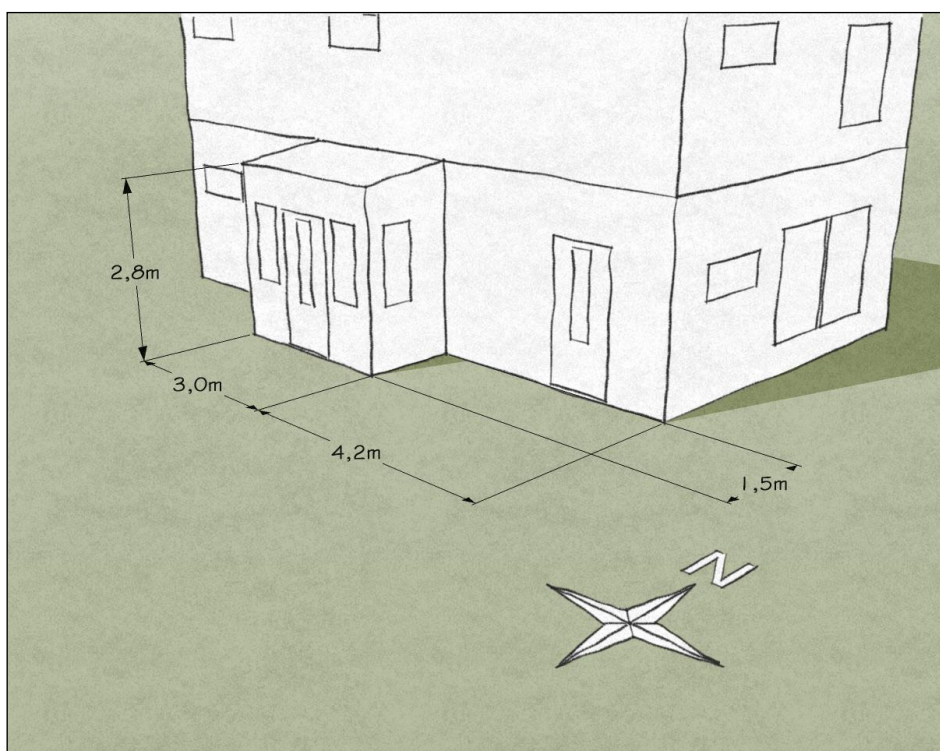
Single 36      Three floor house.

## 4.11 Details

### 4.11.1 Single 37

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **103,6 % of the Reference House**





**Description** The Reference House with a 3,9 m<sup>2</sup> entrance hall added. Non-heated attic.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	103,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+3,6 %
Energy Use – Total	83,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	76,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,30 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	125,9 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	125,9 m <sup>2</sup>
Window Area	25,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	181,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	311,2 m <sup>2</sup>
Volume	333,0 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,14
$A_f / A_l$	1,44
$A_e / A_l$	2,47
$V / A_e$	1,07

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	8,7 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,3 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Window	0,5 x 1,2 m	1
South	17,0 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Window	0,5 x 1,2 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	45,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	0,5 x 1,2 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1



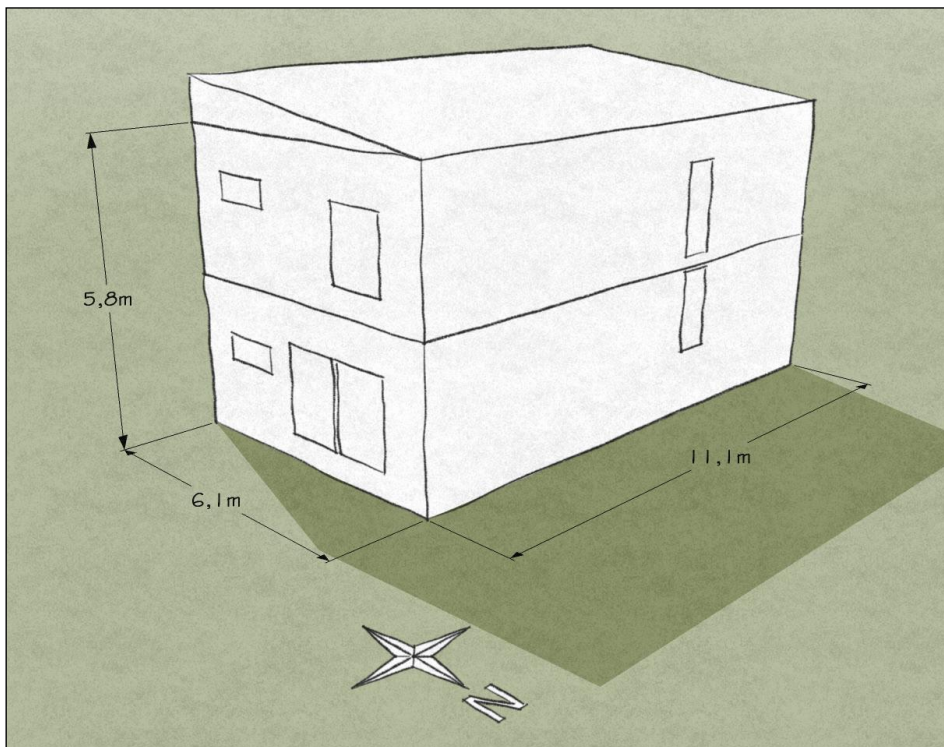
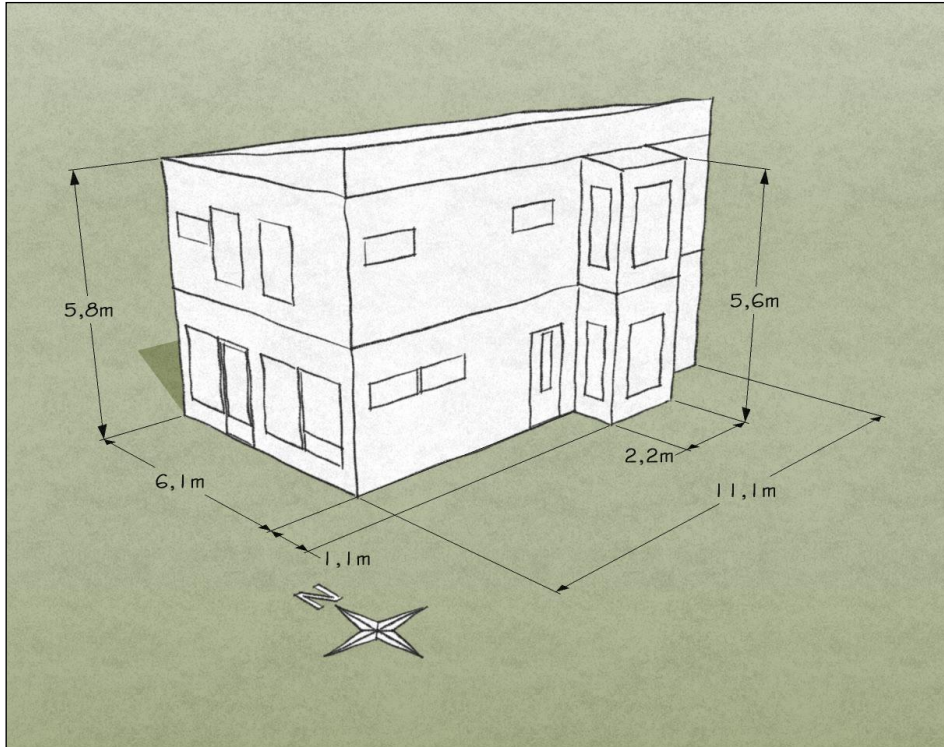
**SKANSKA**

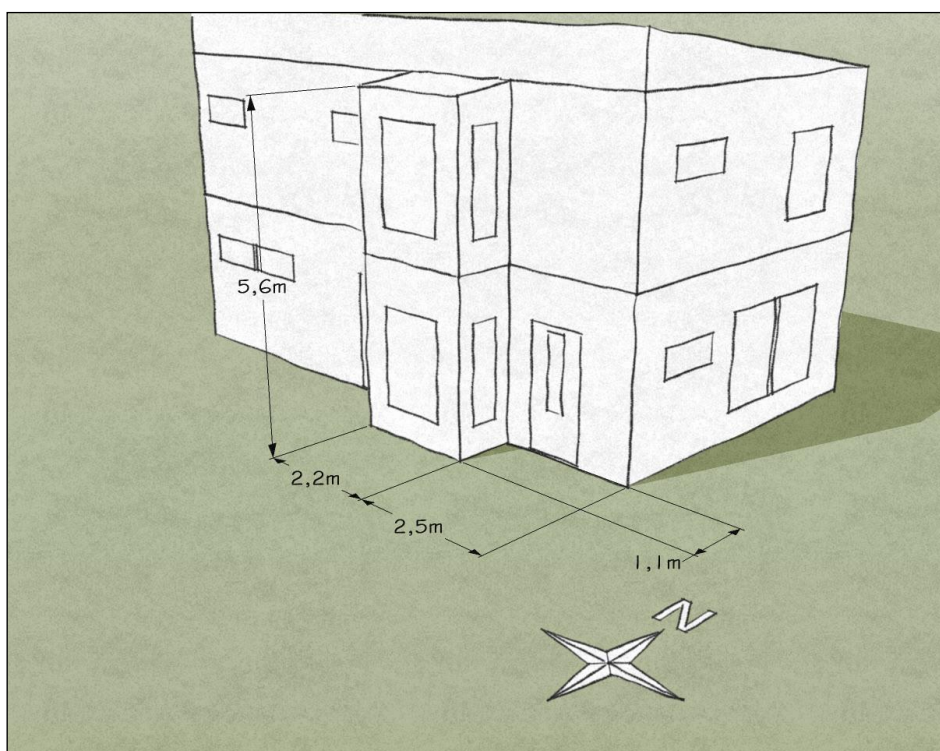
Skanska Xchange 105 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 4.11.2 Single 38

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **105,3 % of the Reference House**





**Description** The Reference House with one set of bay windows added. Non-heated attic.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	105,3 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+5,3 %
Energy Use – Total	84,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	78,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	125,9 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	125,9 m <sup>2</sup>
Window Area	30,9 m <sup>2</sup>
Façade Area	185,1 m <sup>2</sup>
Envelope Area	312,3 m <sup>2</sup>
Volume	333,7 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,25
$A_w / A_f$	0,17
$A_f / A_l$	1,47
$A_e / A_l$	2,48
$V / A_e$	1,07

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	7,3 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	28,1 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	23,5 %	Window	0,5 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	4
West	45,1 %	Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
		Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	0,5 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	0,5 x 1,2 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

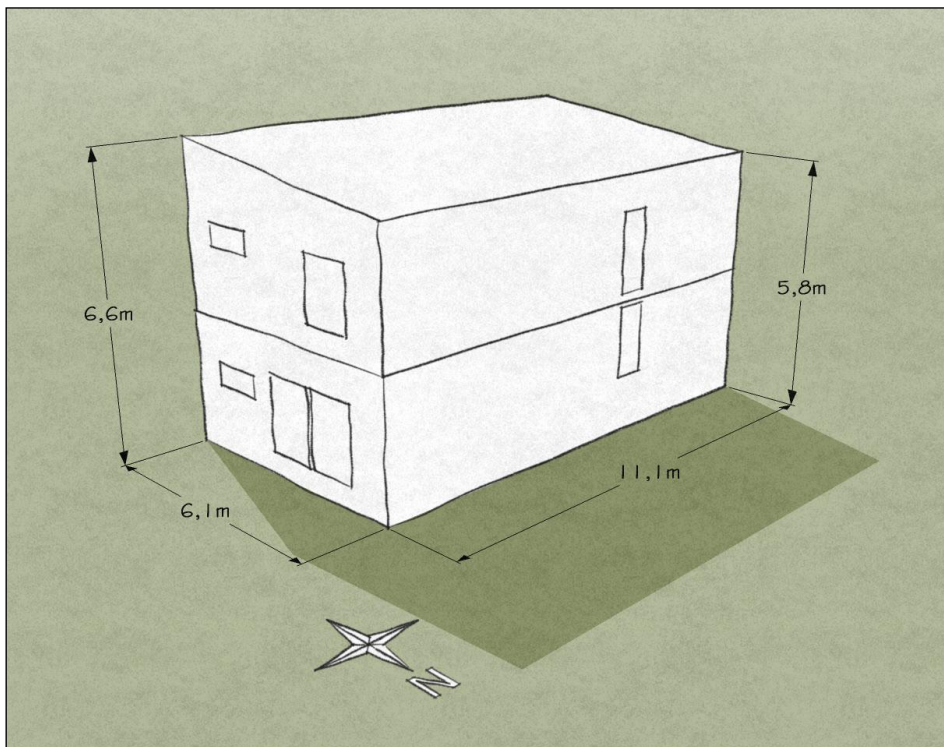
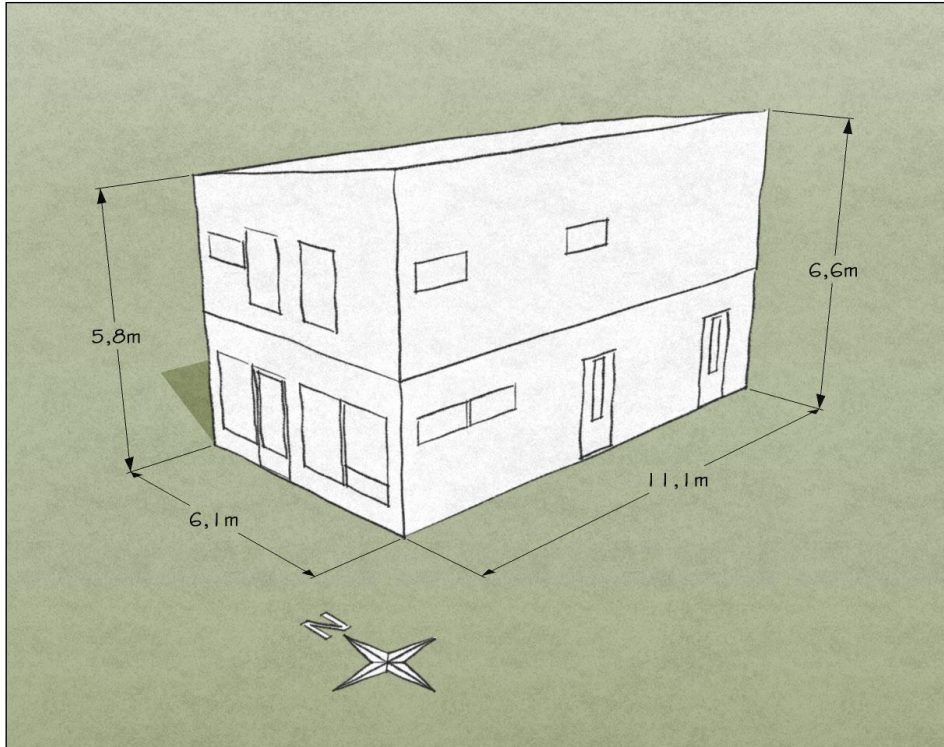
**SKANSKA**

Skanska Xchange 109 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

### 4.11.3 Single 39

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **106,5 %** of the Reference House



**Description** The Reference House with ceiling height up to the roof-ridge on the second floor.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	106,5 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	+6,5 %
Energy Use – Total	85,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	78,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	122,0 m <sup>2</sup>
Window Area	23,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	187,6 m <sup>2</sup>
Envelope Area	310,2 m <sup>2</sup>
Volume	342,8 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,12
$A_f / A_l$	1,54
$A_e / A_l$	2,54
$V / A_e$	1,10

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	9,6 %	Window	0,7 x 1,7 m	1
		Window	0,7 x 1,5 m	1
East	29,8 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,2 x 1,4 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	2
		Window	1,2 x 0,5 m	2
South	13,6 %	Window	1,2 x 0,5 m	4
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	2
West	47,0 %	Window	1,2 x 1,7 m	2
		Window	1,0 x 1,5 m	2
		Window	1,2 x 1,3 m	1
		Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	1,2 x 0,4 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,6 m	1

**SKANSKA**

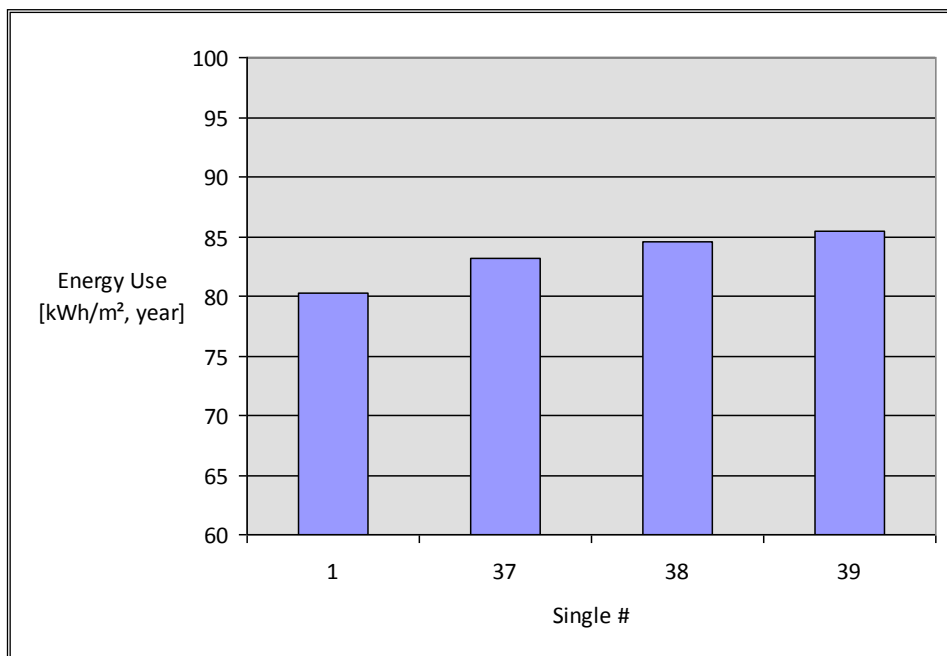
Skanska Xchange 112 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01



## 4.11.4 Relation

Application of various details to the Reference House has a rather small impact on the Energy Use



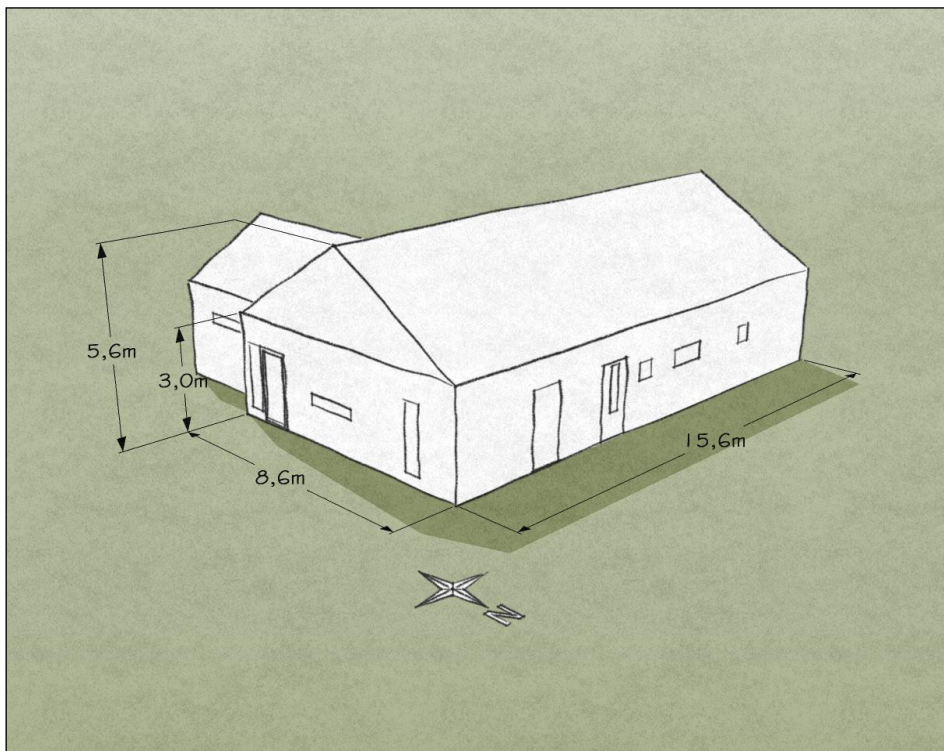
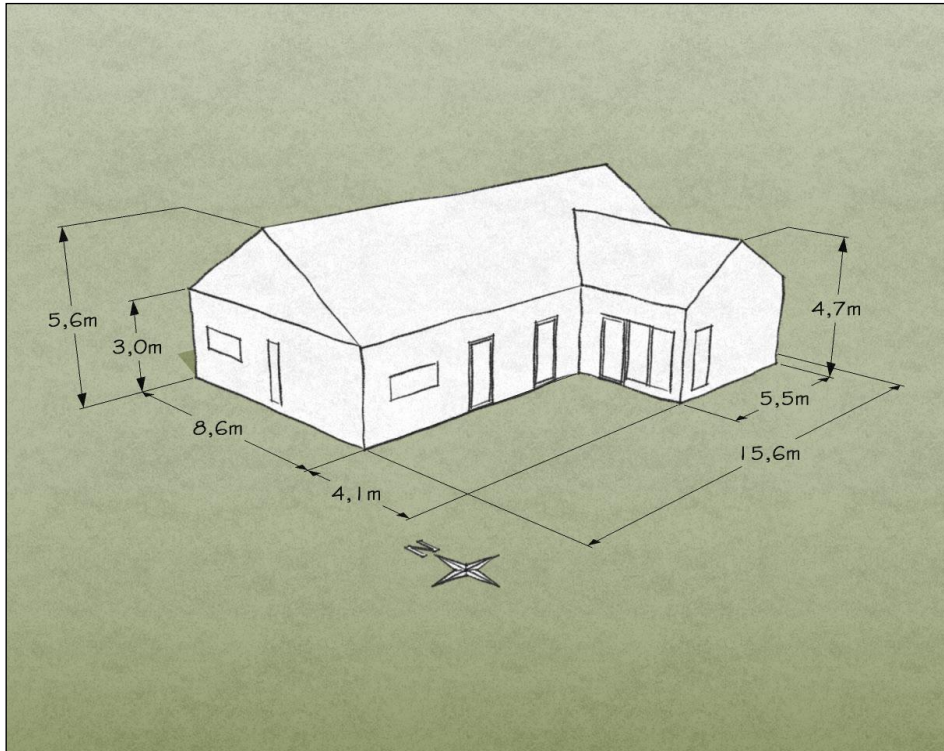
**Description:** Application of various details to the Reference House.

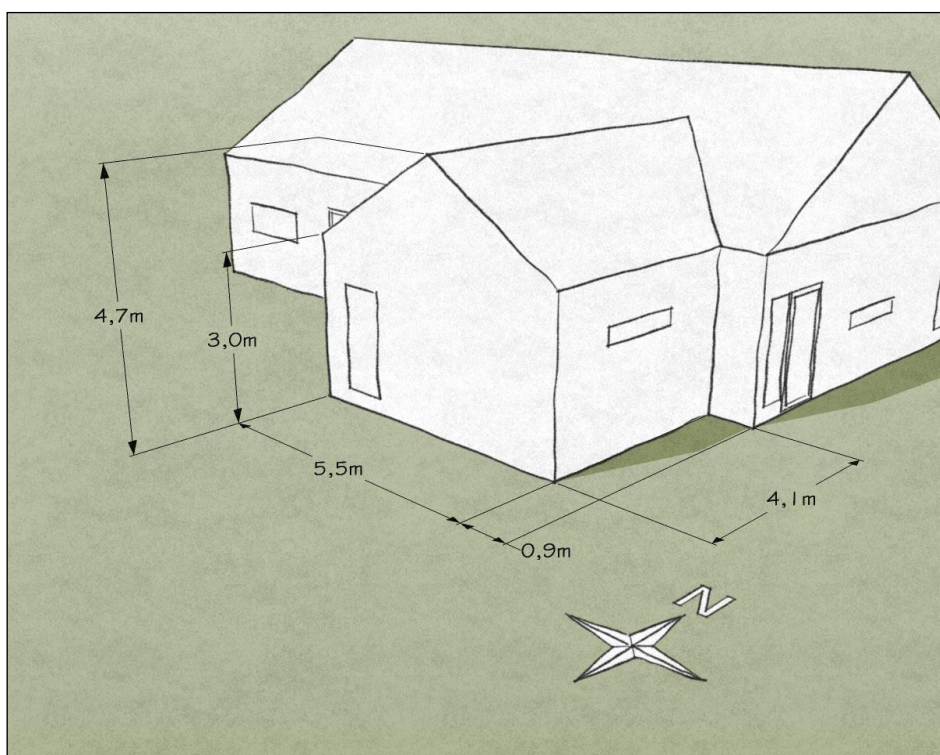
- Single 1            The Reference House.
- Single 37        The Reference House with a 3,9 m<sup>2</sup> entrance hall added.
- Single 38        The Reference House with bay windows added.
- Single 39        The Reference House with ceiling height up to the roof-ridge on the second floor.

## 4.12 Standard Houses

### 4.12.1 Single 40

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **90,7 % of the Reference House**





**Description** Angled, one floor house. Ceiling height up to the roof-ridge in the protruding part of the house. Non-heated attic.

**Note** A Skanska House: Villa Öresund.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	90,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-9,3 %
Energy Use – Total	72,80 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	66,10 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,22 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	145,6 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	138,6 m <sup>2</sup>
Window Area	18,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	141,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	433,5 m <sup>2</sup>
Volume	378,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,13
$A_f / A_l$	0,97
$A_e / A_l$	2,98
$V / A_e$	0,87

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	8,1 %	Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	0,5 x 0,5 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	1
		Door	1,0 x 2,1 m	1
East	23,8 %	Window	0,5 x 1,9 m	2
		Window	1,6 x 0,3 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1
South	31,2 %	Window	0,8 x 1,8 m	1
		Window	1,8 x 0,7 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	2
West	36,8 %	Window	0,8 x 1,9 m	2
		Window	1,8 x 0,7 m	1
		Window	0,5 x 1,9 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1

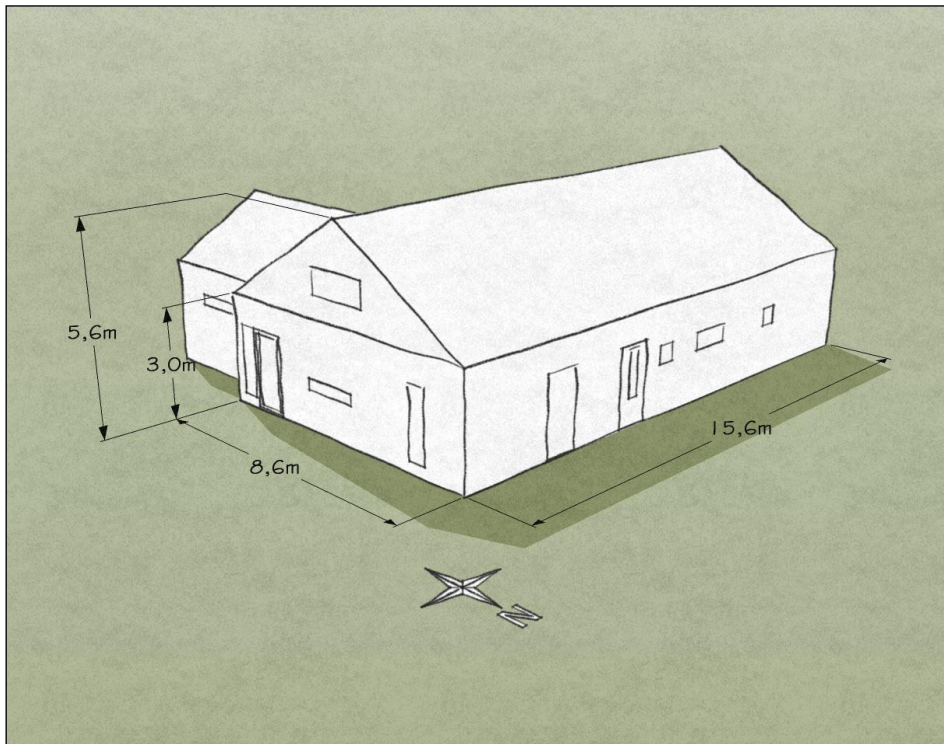
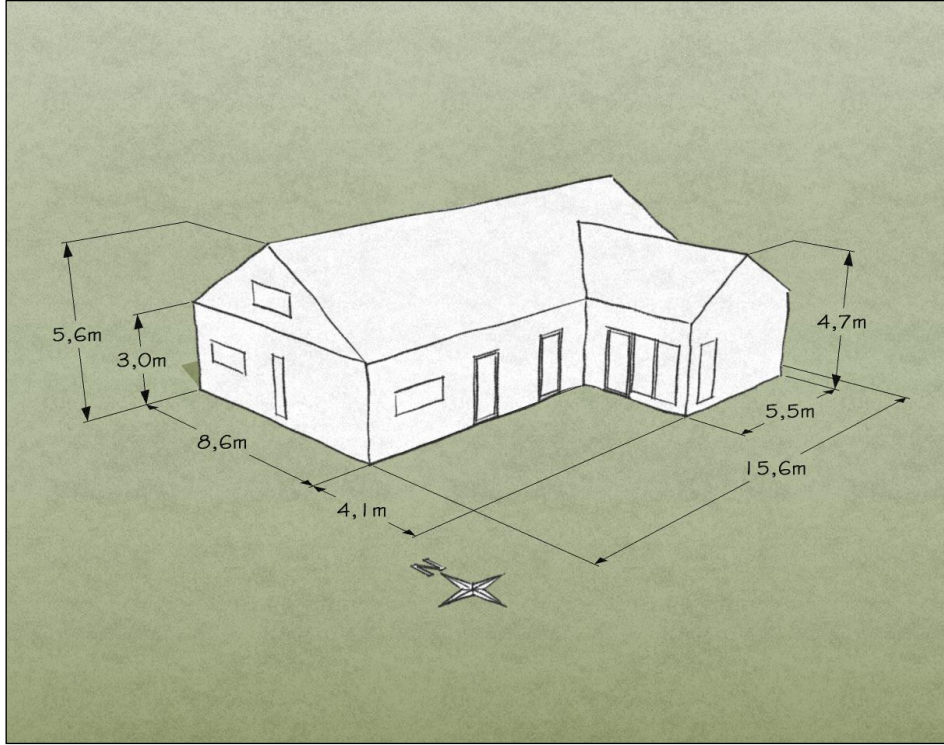
**SKANSKA**

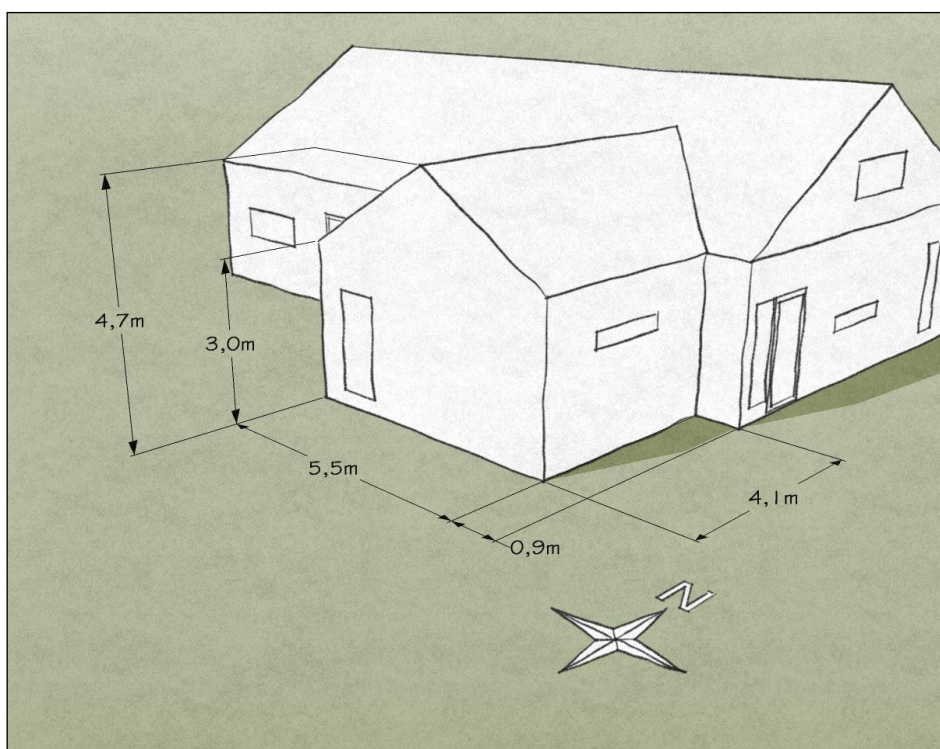
Skanska Xchange 117 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 4.12.2 Single 41

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **57,2 %\*** of the Reference House





**Description** Single 27 as a one and a half floor house. Ceiling height on the second floor up to the roof-ridge. Heated attic.

**Note** \*Unrepresentative measurement. Compare Energy Use to Sellable Living Area.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	57,2 %*
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-42,8 %*
Energy Use – Total	45,9 kWh/m <sup>2</sup> , year*
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	40,9 kWh/m <sup>2</sup> , year*
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,0 kWh/m <sup>2</sup> , year*
U-value – Mean	0,23 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	270,2 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	257,3 m <sup>2</sup>
Window Area	20,9 m <sup>2</sup>
Façade Area	159,9 m <sup>2</sup>
Envelope Area	467,7 m <sup>2</sup>
Volume	570,8 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,08
$A_w / A_f$	0,13
$A_f / A_l$	0,59
$A_e / A_l$	1,73
$V / A_e$	1,22

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	7,1 %	Window	1,2 x 0,5 m	1
		Window	0,5 x 0,5 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	1
		Door	1,0 x 2,1 m	1
East	27,0 %	Window	0,5 x 1,9 m	2
		Window	1,8 x 0,7 m	1
		Window	1,6 x 0,3 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1
South	27,5 %	Window	0,8 x 1,8 m	1
		Window	1,8 x 0,7 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	2
West	38,4 %	Window	0,8 x 1,9 m	2
		Window	1,8 x 0,7 m	2
		Window	0,5 x 1,9 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1



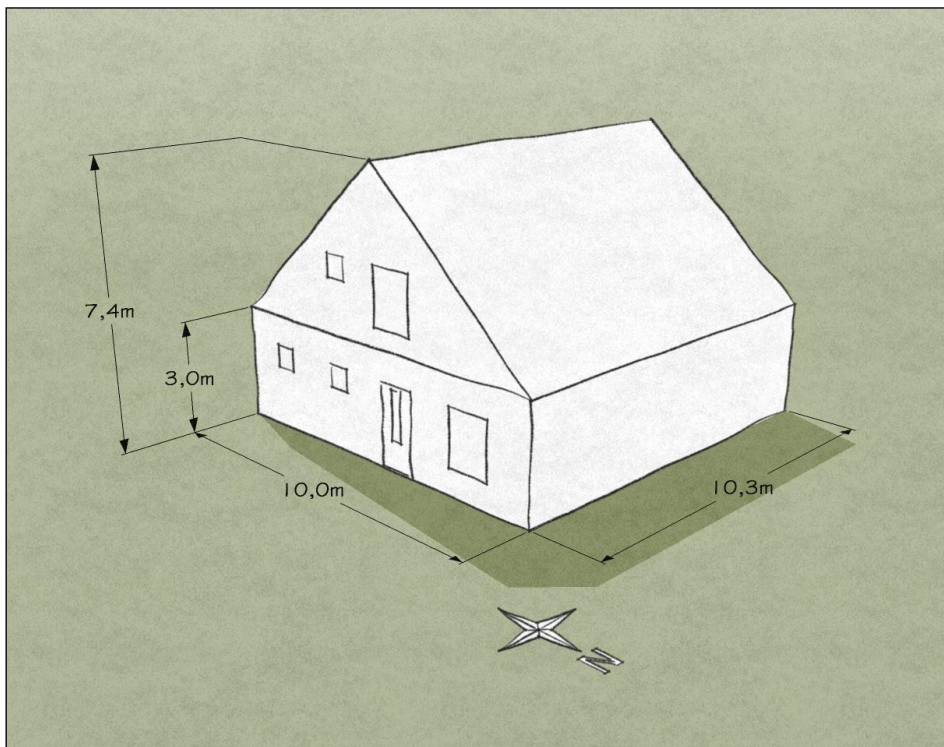
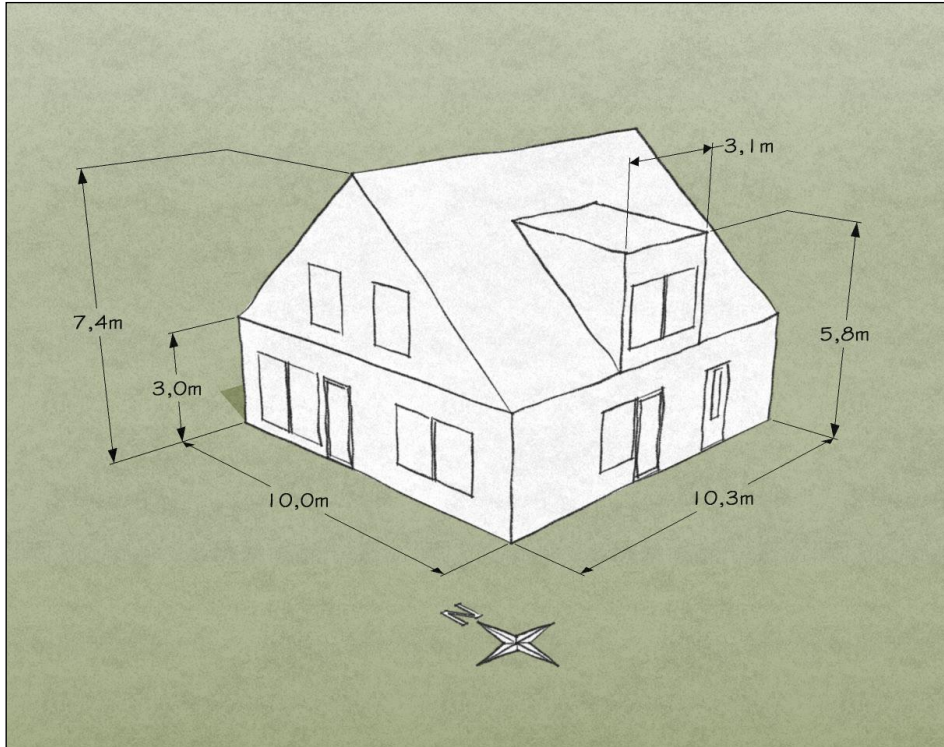
**SKANSKA**

Skanska Xchange 121 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

### 4.12.3 Single 42

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **69,2 %\*** of the Reference House



<b>Description</b>	One and a half floor house. Ceiling height on the second floor up to the roof-ridge. Heated attic.
<b>Note</b>	*Unrepresentative measurement. Compare Energy Use to Sellable Living Area. A Skanska House: Villa Freja.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Single 1</i>	69,2 %*
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Single 1</i>	-30,8 %*
Energy Use – Total	55,6 kWh/m <sup>2</sup> , year*
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	45,5 kWh/m <sup>2</sup> , year*
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	6,1 kWh/m <sup>2</sup> , year*
U-value – Mean	0,25 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	190,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	181,0 m <sup>2</sup>
Window Area	25,7 m <sup>2</sup>
Façade Area	151,7 m <sup>2</sup>
Envelope Area	362,9 m <sup>2</sup>
Volume	479,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,17
$A_f / A_l$	0,80
$A_e / A_l$	1,91
$V / A_e$	1,32

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	0 %	-	-	-
East	19,8 %	Window	1,2 x 1,5 m	2
		Window	0,6 x 0,6 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	1
South	28,5 %	Window	1,2 x 1,5 m	3
		Door	1,0 x 2,1; 0,3 x 1,3 m	1
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1
West	51,7 %	Window	1,2 x 1,5 m	4
		Window	1,2 x 1,9 m	2
		Door	1,0 x 2,1; 0,8 x 1,9 m	1

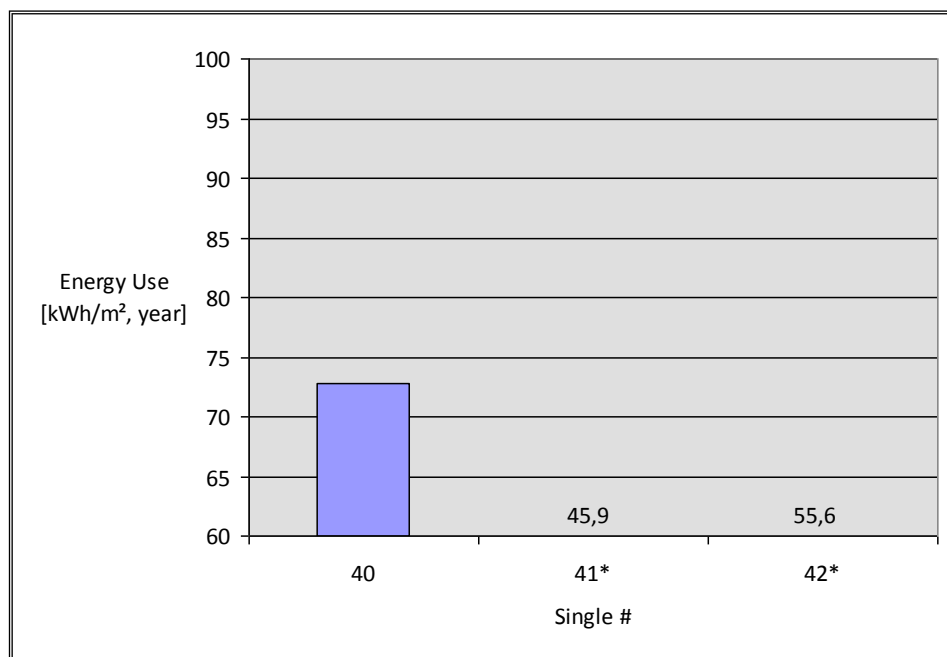
**SKANSKA**

Skanska Xchange 124 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 4.12.4 Relation

### Various Standard Houses without a point of reference



**Description:** Three Standard Houses.

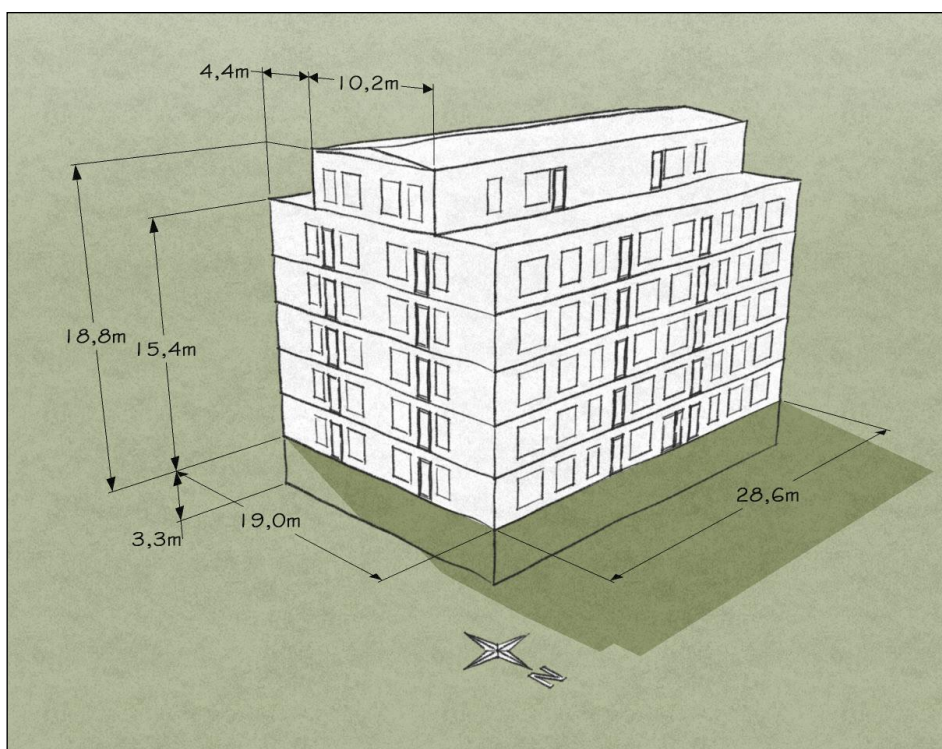
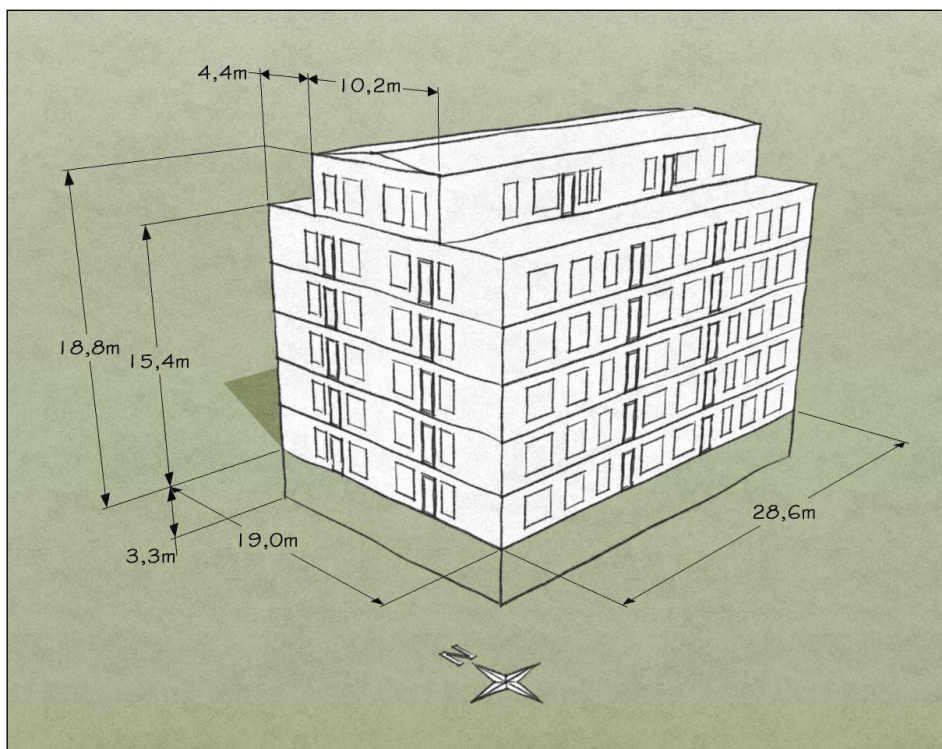
**Note:** \*Unrepresentative measurement. Compare Energy Use to Sellable Living Area.

- Single 40      Angled, one floor house. Ceiling height up to the roof-ridge in the corbel part of the house. Non-heated attic.
- Single 41      Single 40 as a one and a half floor house. Ceiling height on the second floor up to the roof-ridge. Heated attic.
- Single 42      One and a half floor house. Ceiling height on the second floor up to the roof-ridge. Heated attic.

## 5 MULTI FAMILY HOUSE – PLATFORM M2

### 5.1 Multi 1 – The Reference House

The point of reference for the following houses within the current platform



**Description** The Reference House for *Platform M2*. Five regular floors, penthouse and cellar. French balconies or column supported balconies (not illustrated in the pictures; does not affect Energy Use). Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	100,0 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	0,0 %
Energy Use – Total	58,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,2kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	441,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

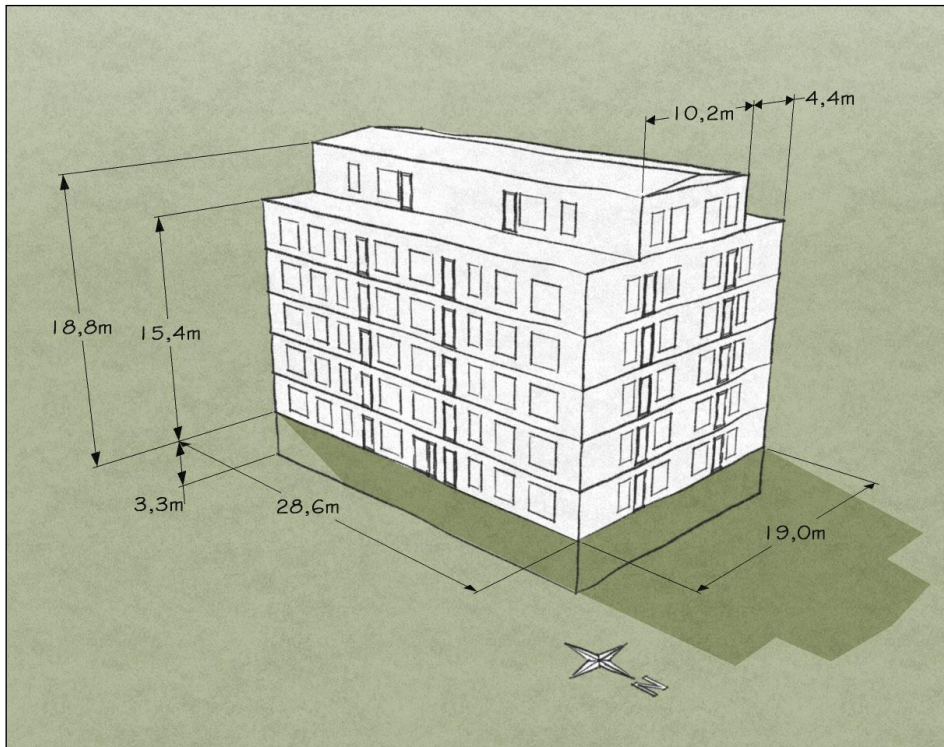
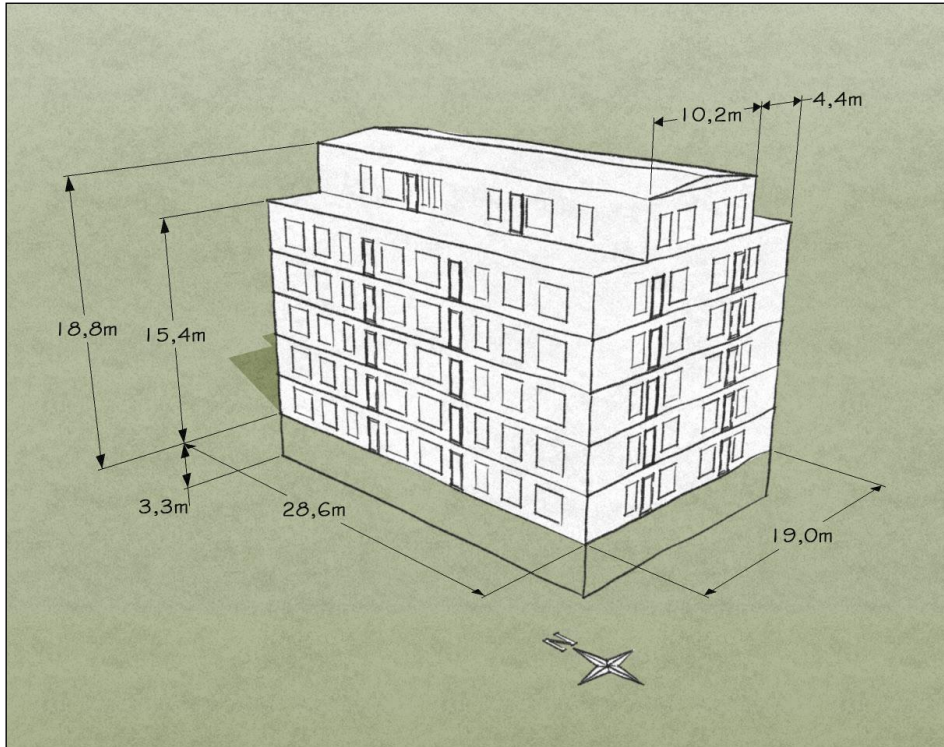
## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	33,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	34,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		West	16,0%	Window
Window	1,0x 1,8 m			12
Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m			10

## 5.2 Orientation

### 5.2.1 Multi 2

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **100,3 % of the Reference House**





**Description** The Reference House, rotated 90° clockwise.

**Note** Due to the similarity of the façades further rotation of the Reference House is superfluous.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	100,3 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+0,3 %
Energy Use – Total	58,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	441,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	16,0%	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
East	33,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
South	16,0	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
West	34,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12

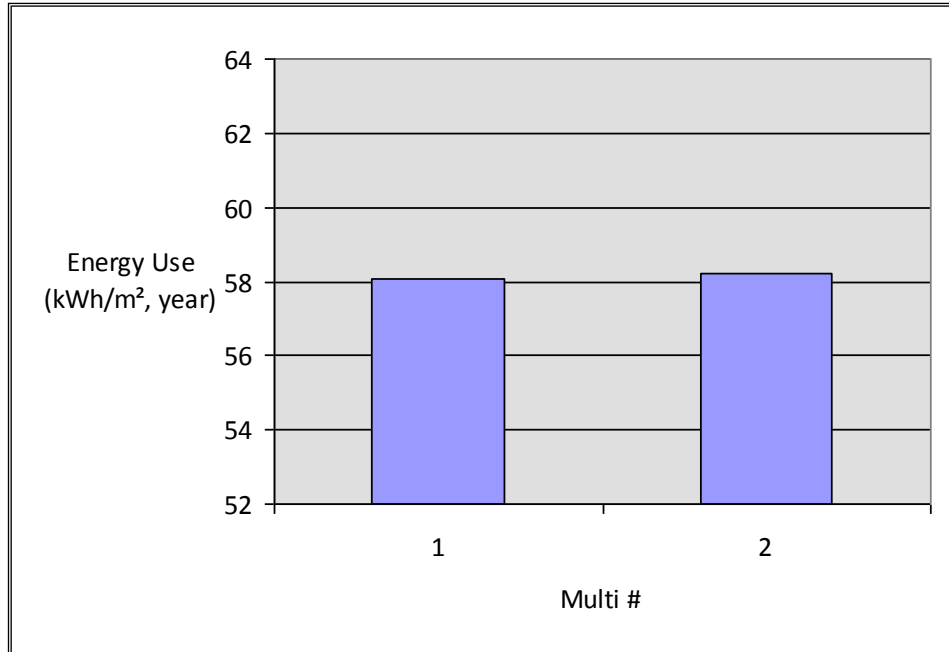
**SKANSKA**

Skanska Xchange 130 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.2.2 Relation

Orientation of the Reference House has a diminutive impact on Energy Use



**Description:** The Reference house rotated in two different orientations.

**Note:** Due to the similarity of the façades Multi 1 can be seen as The Reference House, rotated 180°; and Multi 7 can be seen as The Reference House, rotated 270°.

Multi 1            The Reference House.

Multi 2            The Reference House, rotated 90° clockwise.

**SKANSKA**

Skanska Xchange 132 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.3 Orientation Thermal Bridges

### 5.3.1 Relation

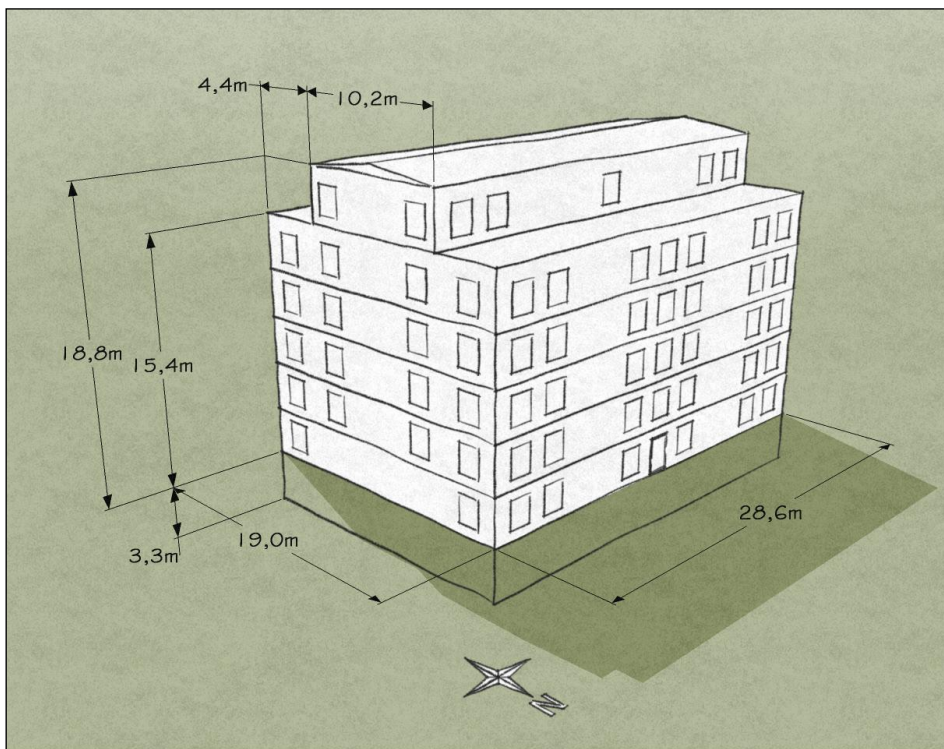
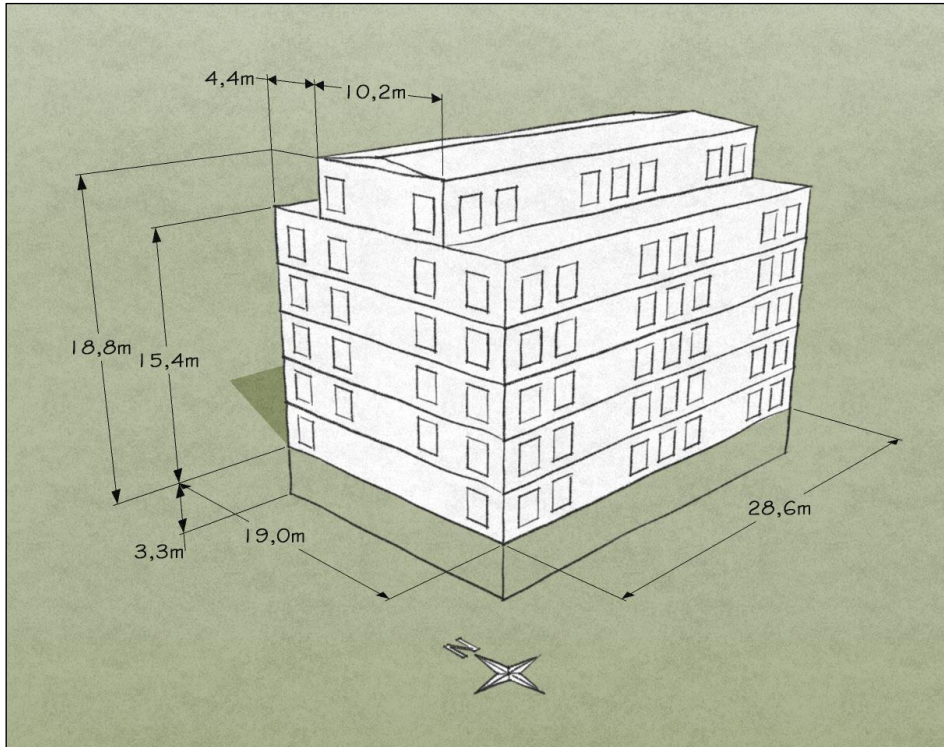
Orientation of thermal bridges does not have an impact on Energy Use

**Note:** As the principals for this relation are the same for Single and Multi Family Houses, see chapter 3.3.5 *Relation* for evidence.

## 5.4 Window Area

### 5.4.1 Multi 3

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **96,9 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with Window Area 10 % of Living Area.

**Note** Multi 3–5 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations are the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	96,9%
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-3,1 %
Energy Use – Total	56,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	42,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,29 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

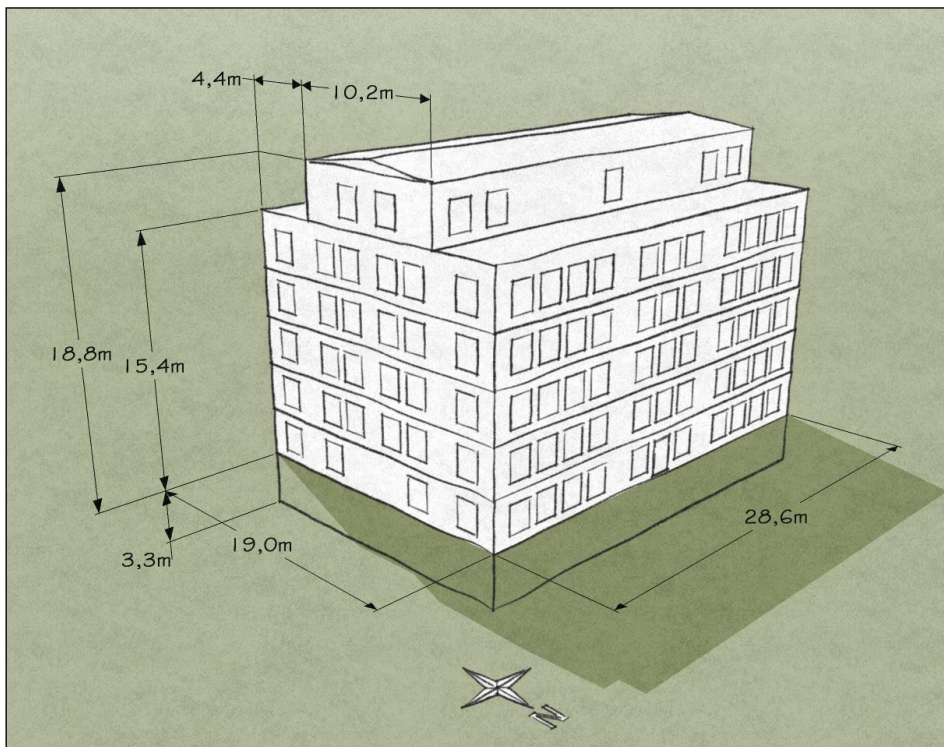
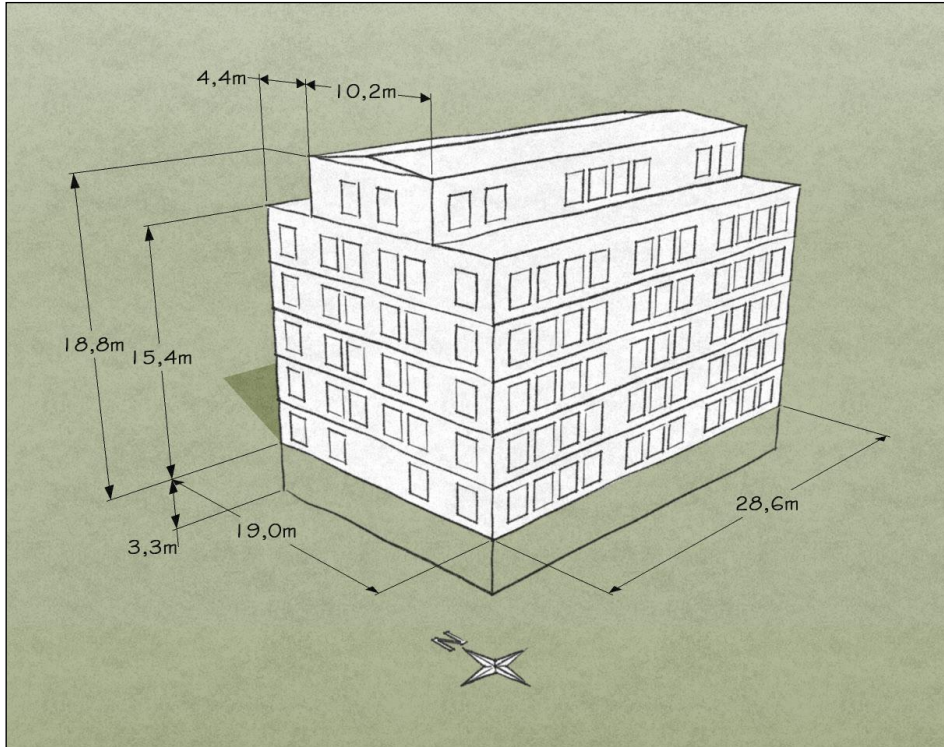
Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	329,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,10
$A_w / A_f$	0,22
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	32,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	39
		Door	1,5 x 2,3; 1,3 x 2,1 m	1
East	16,4 %	Window	1,5 x 1,8 m	20
South	34,4 %	Window	1,5 x 1,8 m	42
West	16,4%	Window	1,5 x 1,8 m	20

## 5.4.2 Multi 4

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **100,1 % of the Reference House**





**Description** The Reference House with Window Area 15 % of Living Area.

**Note** Multi 3–5 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations are the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	100,1%
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+0,1 %
Energy Use – Total	58,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	42,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

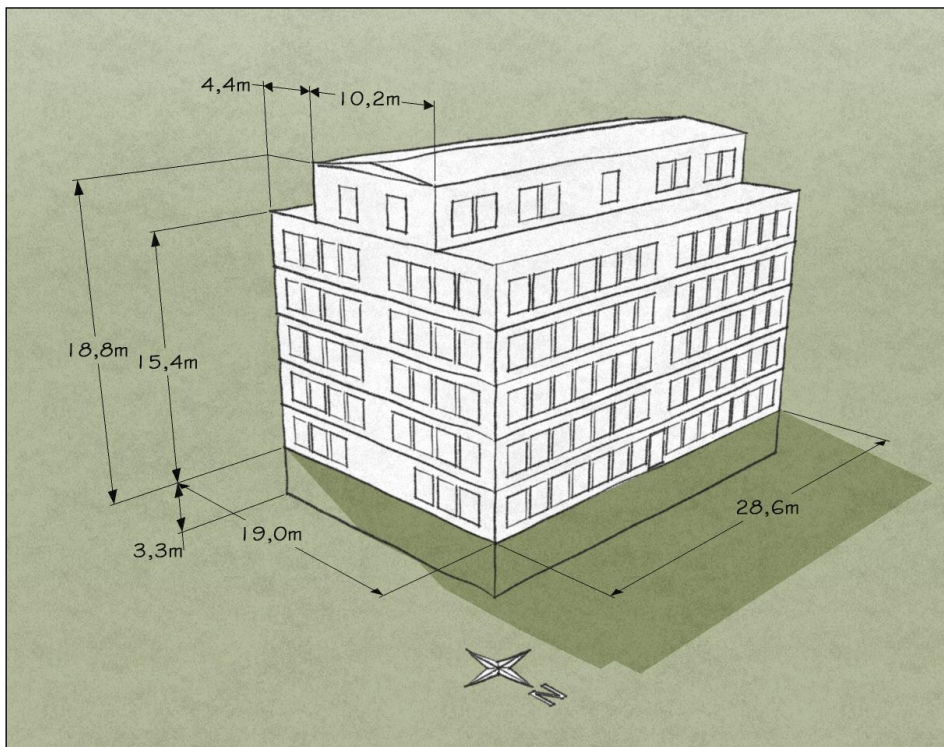
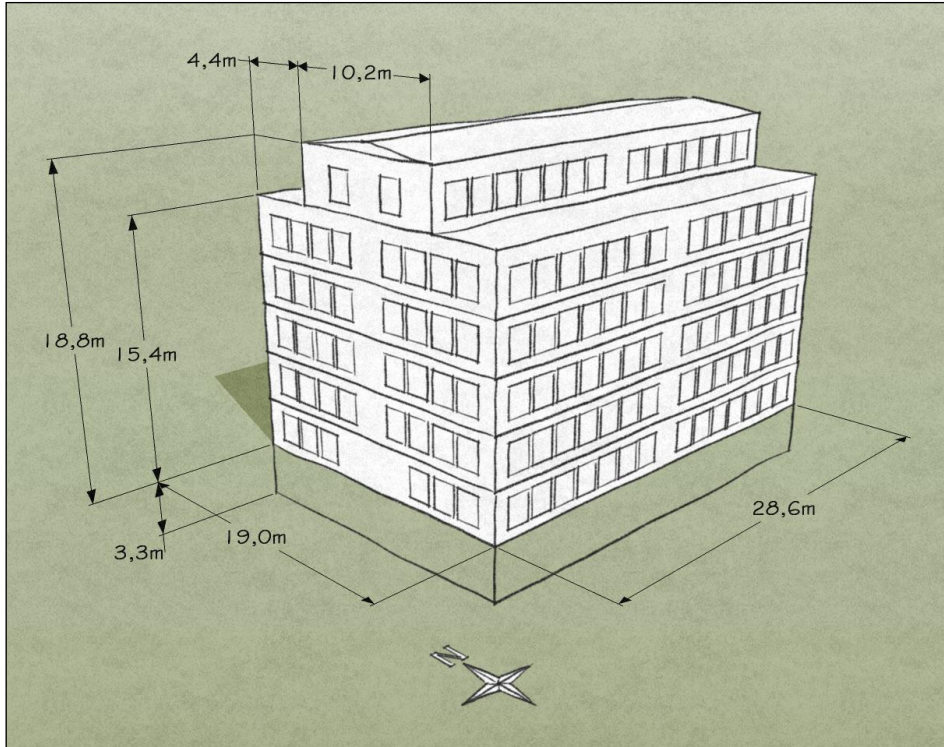
Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	494,1 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,15
$A_w / A_f$	0,33
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	32,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	59
		Door	1,5 x 2,3; 1,3 x 2,1 m	1
East	16,4 %	Window	1,5 x 1,8 m	30
South	34,4 %	Window	1,5 x 1,8 m	63
West	16,4%	Window	1,5 x 1,8 m	30

## 5.4.3 Multi 5

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **103,4 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with Window Area 20 % of Living Area.

**Note** Multi 3–5 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations are the same.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	103,4%
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+3,4 %
Energy Use – Total	60,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	46,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,38 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	658,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,20
$A_w / A_f$	0,43
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	32,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	79
		Door	1,5 x 2,3; 1,3 x 2,1 m	1
East	16,4 %	Window	1,5 x 1,8 m	40
South	34,4 %	Window	1,5 x 1,8 m	84
West	16,4%	Window	1,5 x 1,8 m	40

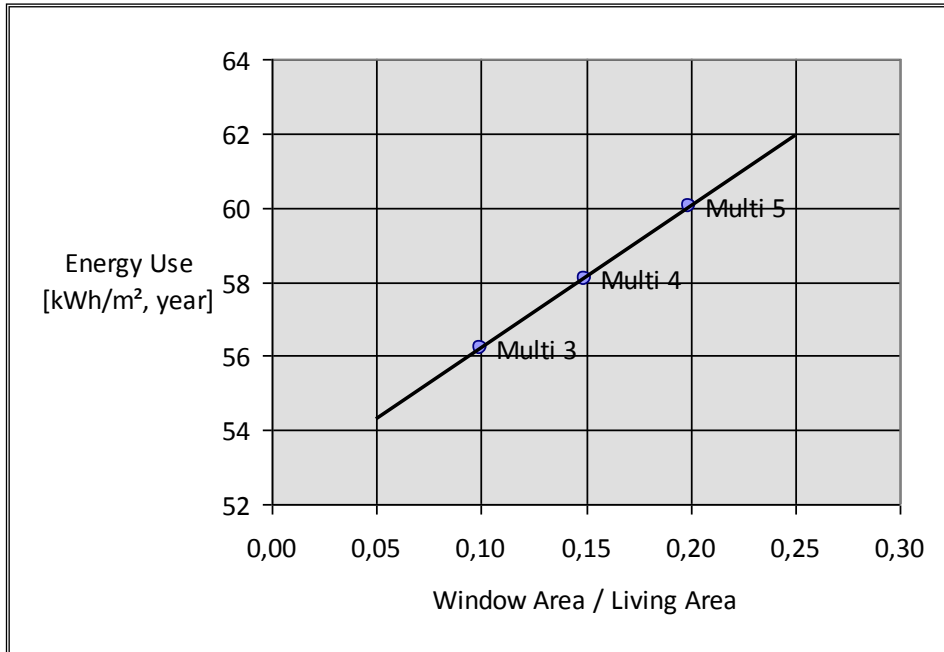
**SKANSKA**

Skanska Xchange 140 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.4.4 Relation

Window Area has a rather big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House with gradually increased Window Area.

**Note:** Multi 3–5 are identical, except for the Window Area. Ratio of Window Area in the four orientations are the same.

Multi 3            The Reference House with Window Area 10 % of Living Area.

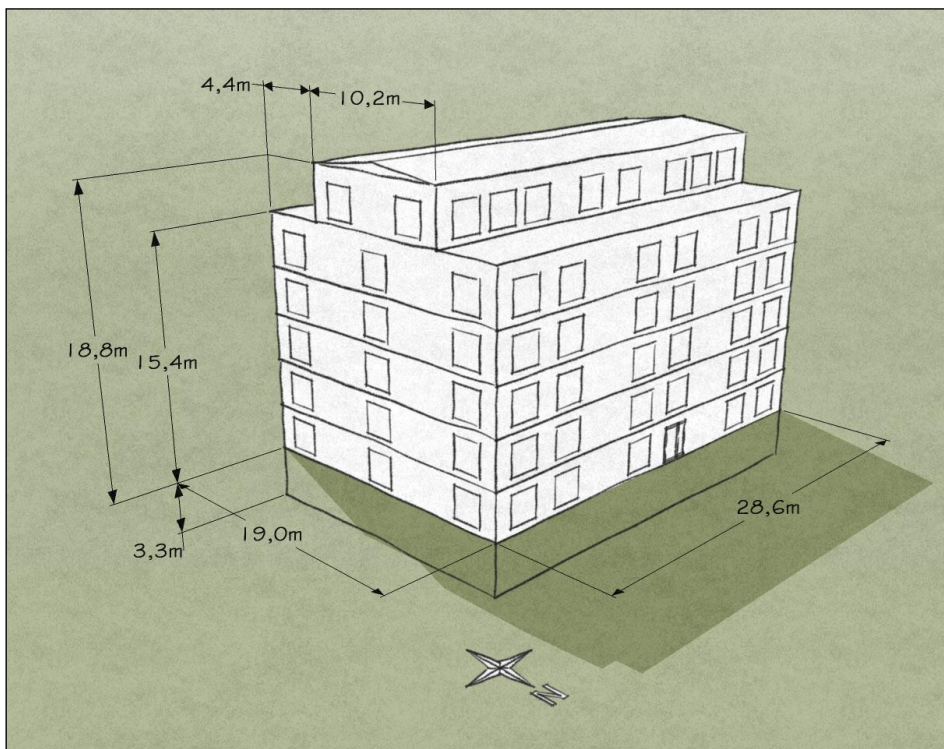
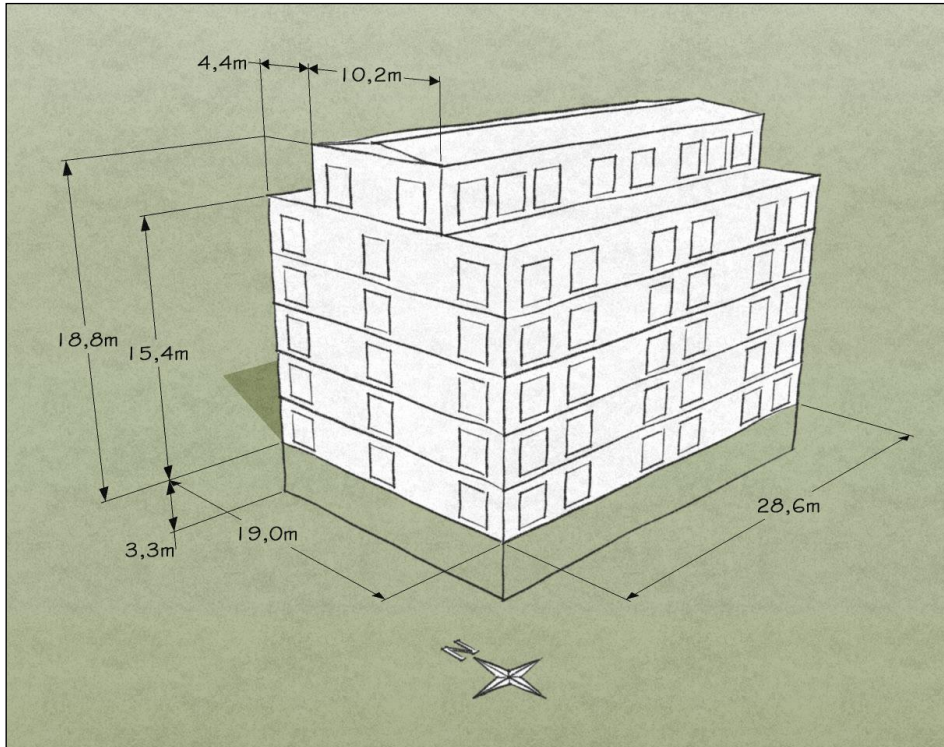
Multi 4            The Reference House with Window Area 15 % of Living Area.

Multi 5            The Reference House with Window Area 20 % of Living Area.

## 5.5 Window Dimension

### 5.5.1 Multi 6

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **97,5 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with 2,0 x 2,0 m windows.

**Note** Multi 6–8 are identical, except for Window Dimension. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the Window Dimension vary. Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	97,5%
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-2,5 %
Energy Use – Total	56,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	42,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

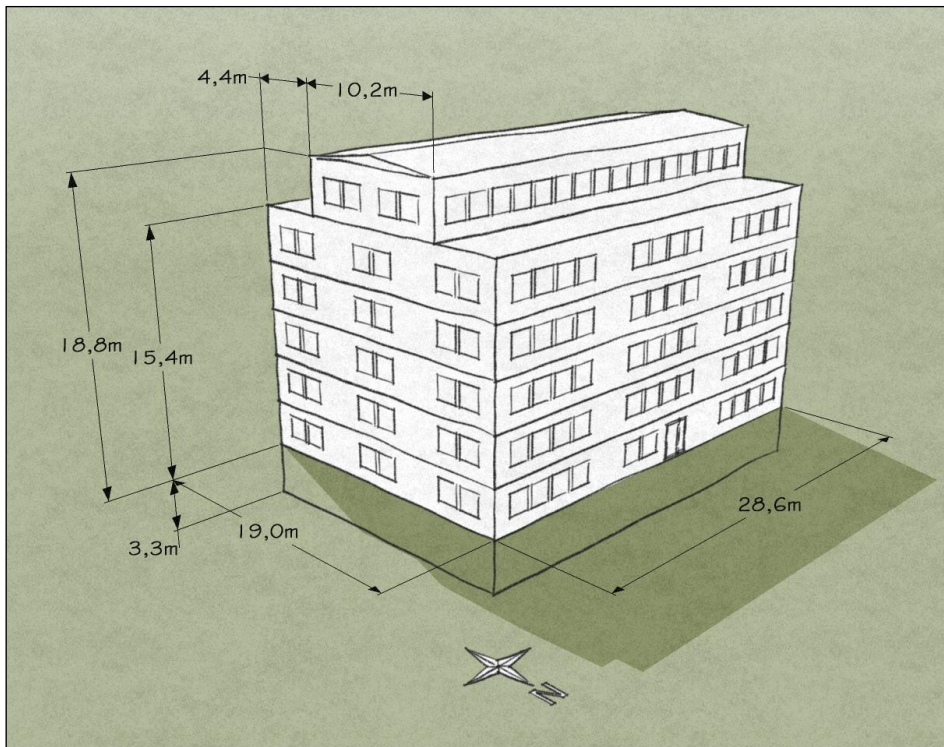
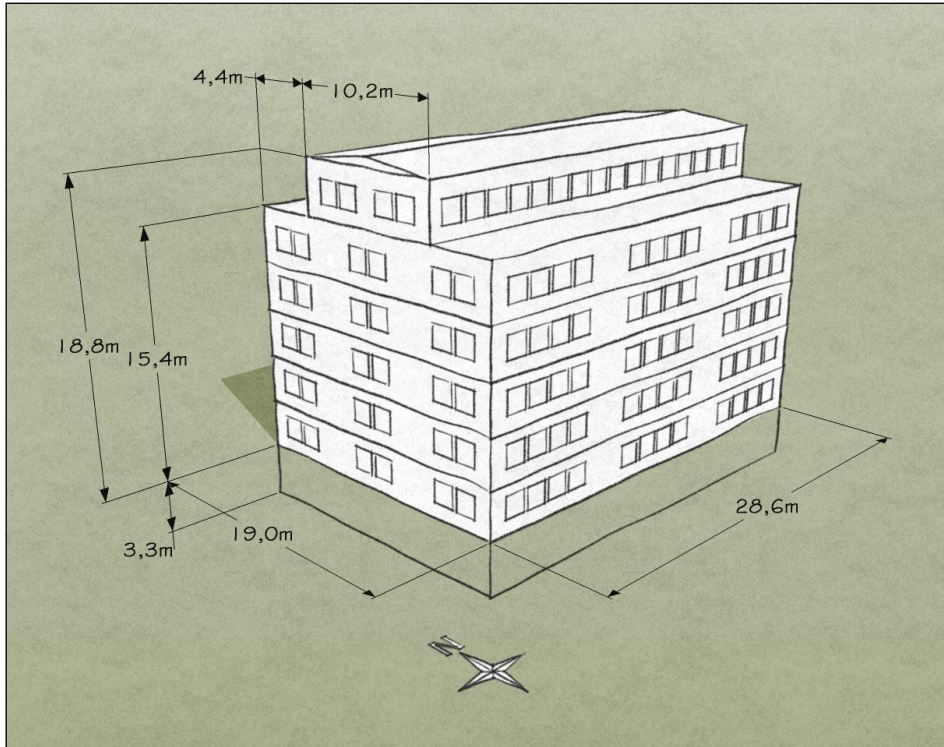
Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	439,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	34,4 %	Window	2,0 x 2,0 m	37
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	15,5 %	Window	2,0 x 2,0 m	17
South	34,6 %	Window	2,0 x 2,0 m	38
West	15,5%	Window	2,0 x 2,0 m	17

## 5.5.2 Multi 7

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **100,1 % of the Reference House**





**Description** The Reference House with 1,4 x 1,4 m windows.

**Note** Multi 6–8 are identical, except for Window Dimension. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the Window Dimension vary. Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	100,1%
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+0,1 %
Energy Use – Total	58,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,33 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

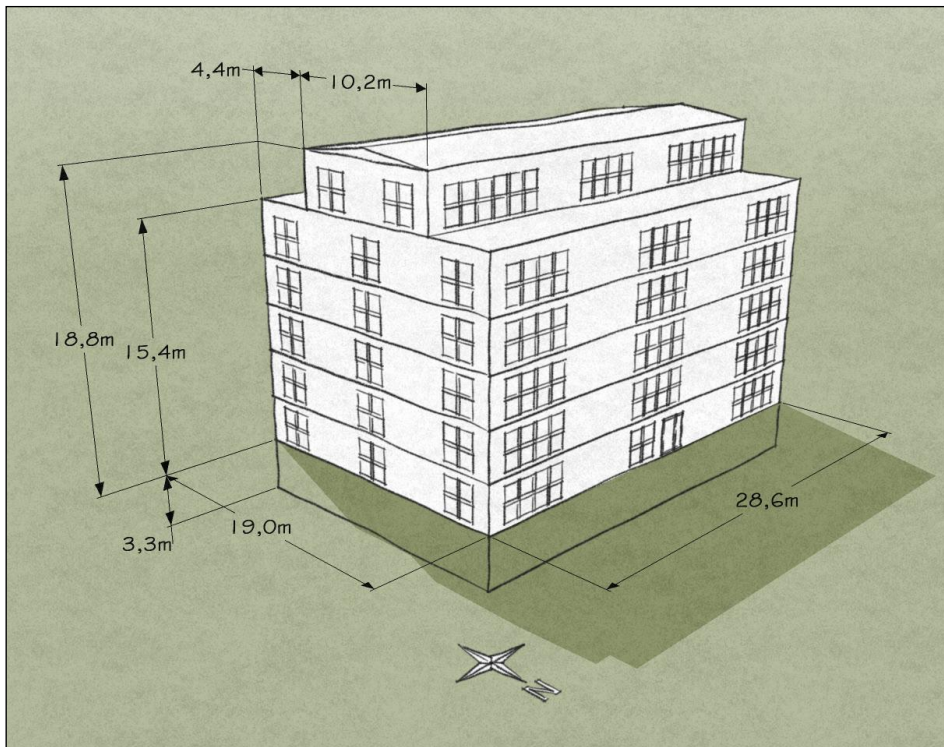
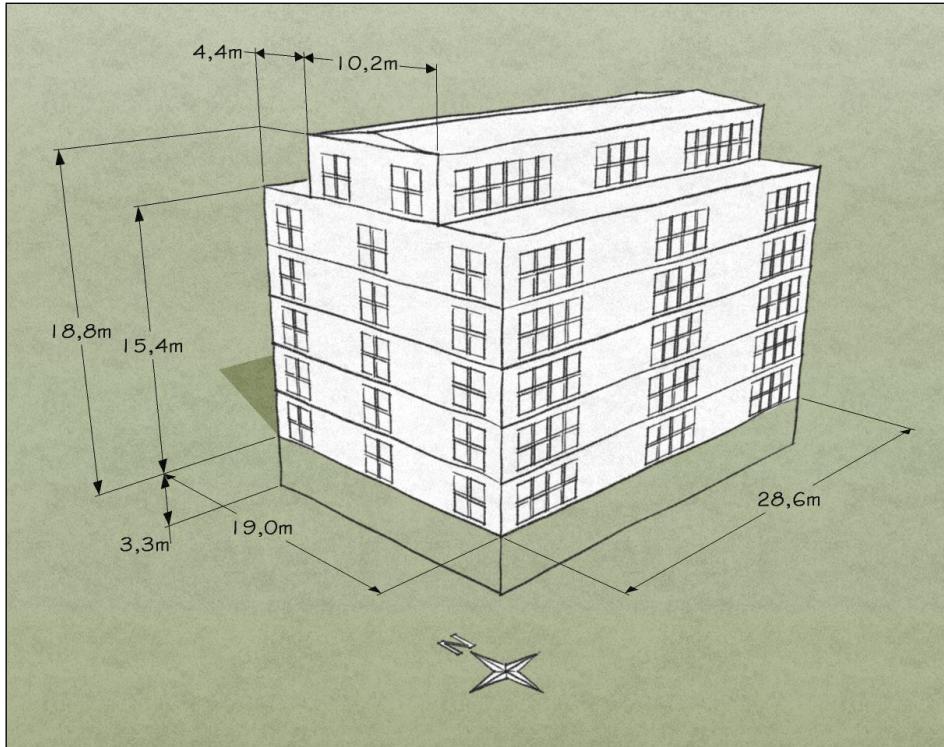
Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	439,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	34,4 %	Window	1,4 x 1,4 m	74
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	15,5 %	Window	1,4 x 1,4 m	34
South	34,6 %	Window	1,4 x 1,4 m	76
West	15,5%	Window	1,4 x 1,4 m	34

## 5.5.3 Multi 8

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **103,0 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with 1,0 x 1,0 m windows.

**Note** Multi 6–8 are identical, except for Window Dimension. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the Window Dimension vary. Smaller windows → More frame → Higher U-value. Also; More frame → More wall–window thermal bridge.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	103,0%
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+3,0 %
Energy Use – Total	59,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	45,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	439,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	34,4 %	Window	1,0 x 1,0 m	148
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	15,5 %	Window	1,0 x 1,0 m	68
South	34,6 %	Window	1,0 x 1,0 m	152
West	15,5%	Window	1,0 x 1,0 m	68

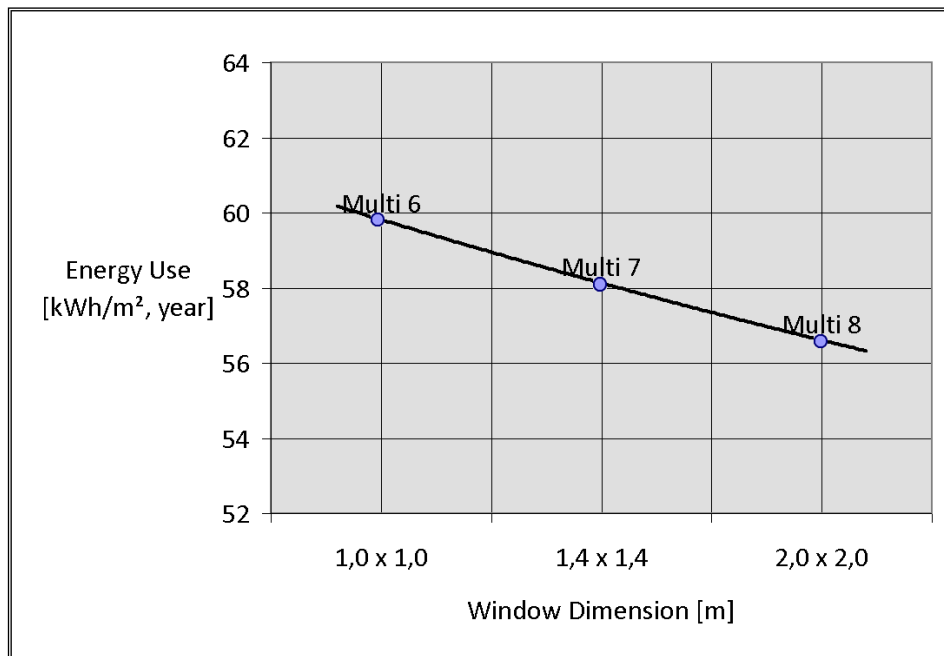
**SKANSKA**

Skanska Xchange 148 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.5.4 Relation

Window Dimension has a rather big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House with gradually decreased window dimensions.

**Note:** Multi 6–8 are identical, except the windows. The Window Area and Ratio of Window Area in the four orientations are the same, the dimension of windows vary. The line between the dots is not a mathematical function; it is an approximated line to demonstrate the relation of Window Dimension.

Multi 6      The Reference House with 2,0 x 2,0 m windows.

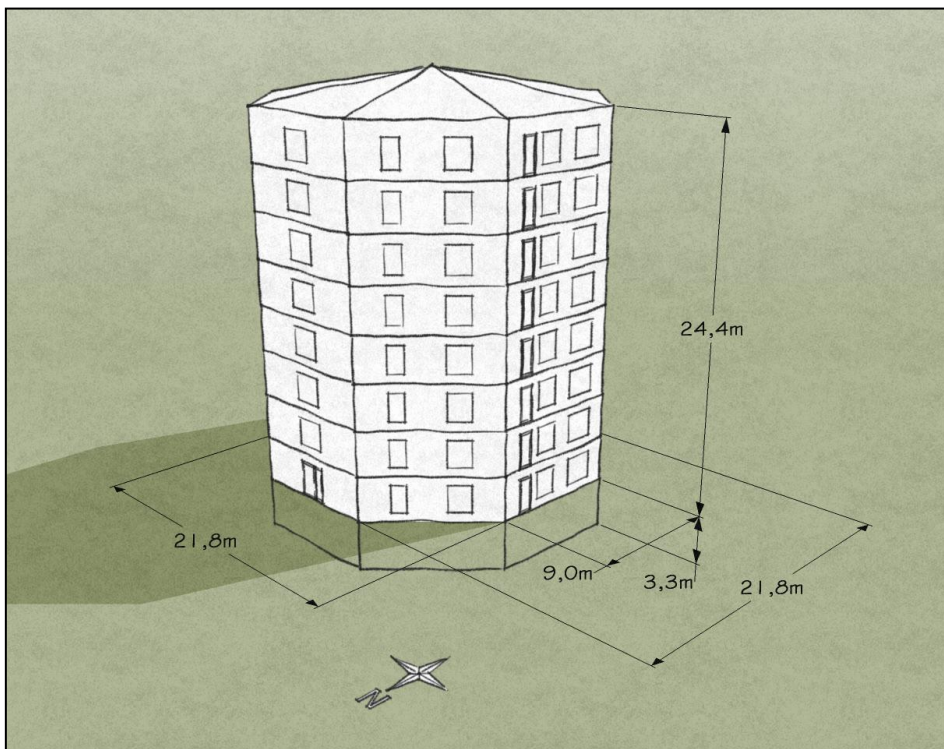
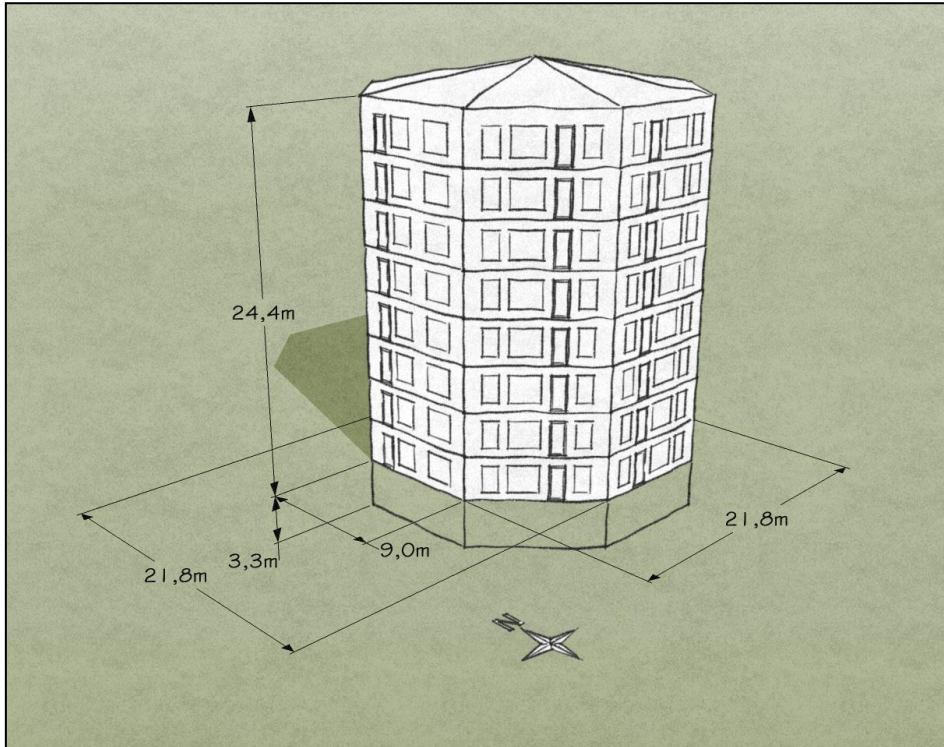
Multi 7      The Reference House with 1,4 x 1,4 m windows.

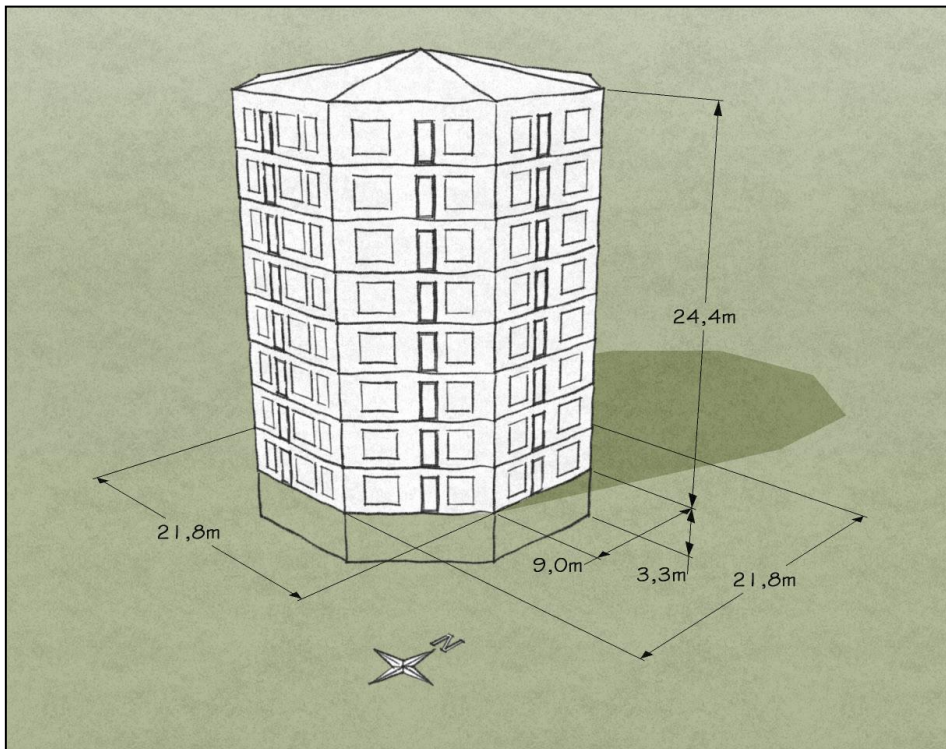
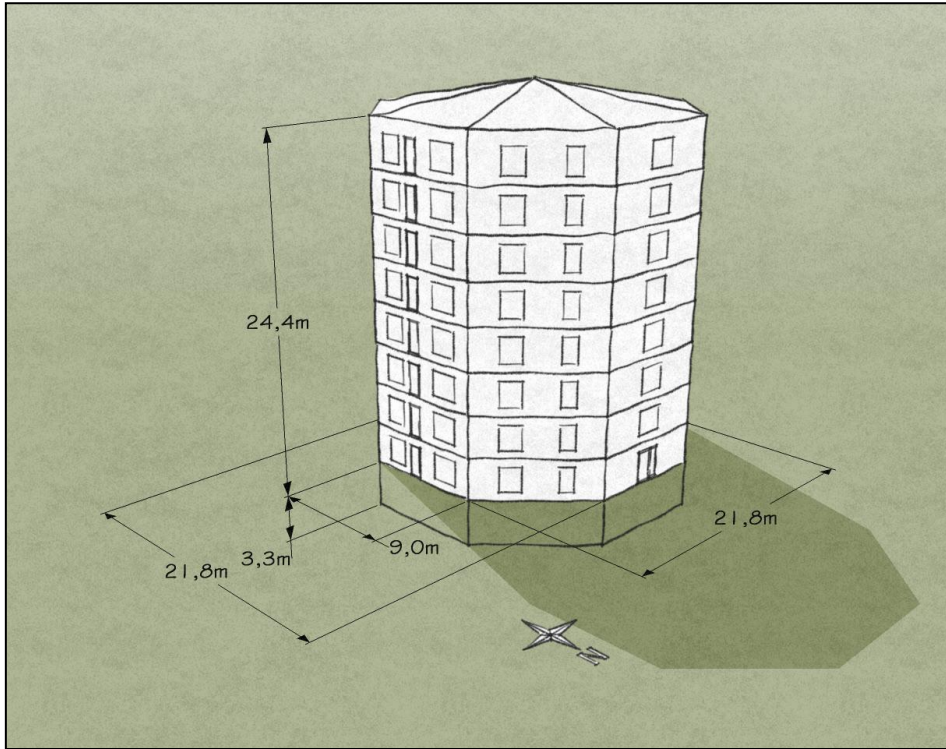
Multi 8      The Reference House with 1,0 x 1,0 m windows.

## 5.6 Variation of the Reference House

### 5.6.1 Multi 9

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **100,6 % of the Reference House**





**Description** The Reference House as an octagon, point block house with eight floors. The windows and doors are as much as possible retained and thereby, roughly, Window Area / Living Area are the same as the Reference House. Non-heated attic.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	100,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+0,8 %
Energy Use – Total	58,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,35 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Window Area	434,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 637,6 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 544,5 m <sup>2</sup>
Volume	9 524,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,27
$A_f / A_l$	0,50
$A_e / A_l$	0,77
$V / A_e$	3,74

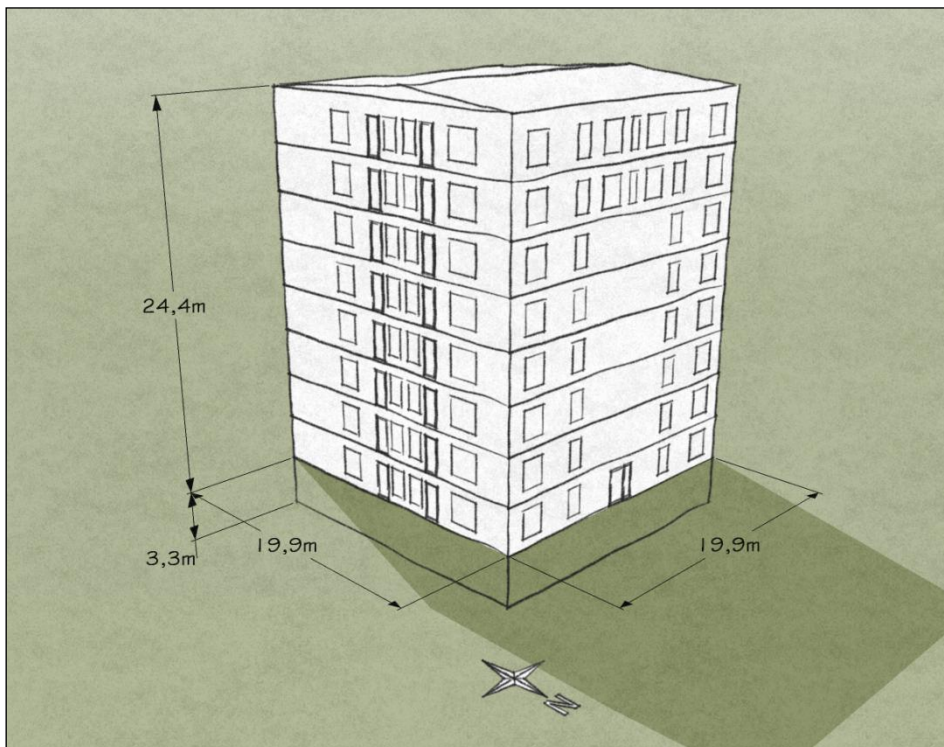
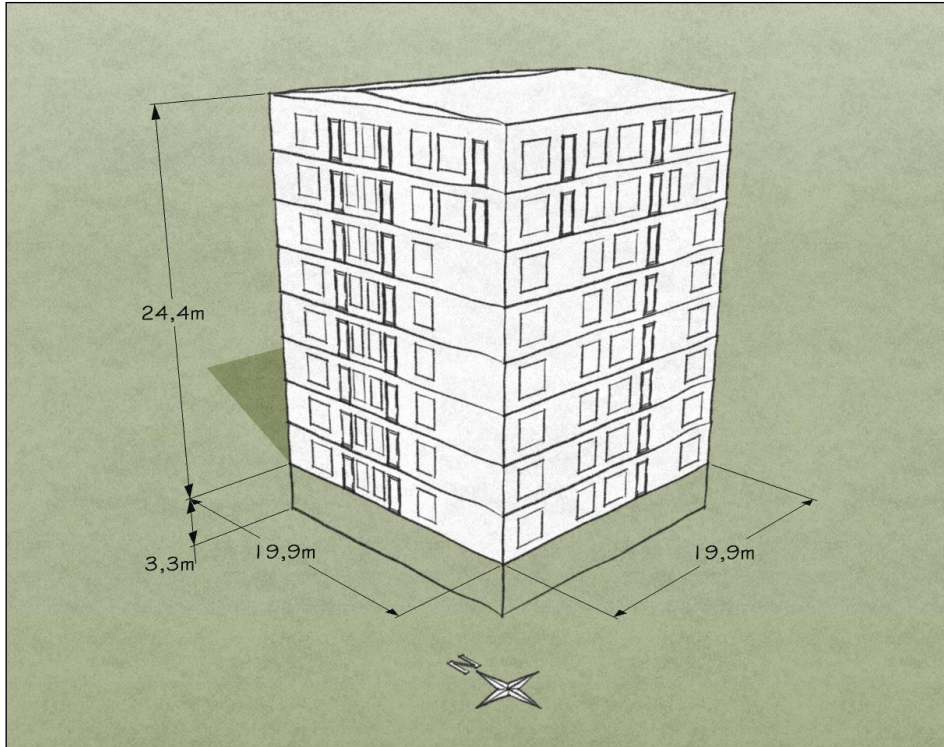


## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	6,7 %	Window	2,0 x 1,8 m	7
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
North-East	8,3 %	Window	1,5 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	8
East	14,7 %	Window	2,0 x 1,8 m	8
		Window	1,5 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
South-East	14,7 %	Window	2,0 x 1,8 m	8
		Window	1,5 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
South	16,3 %	Window	2,0 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
South-West	16,3 %	Window	2,0 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
West	14,7 %	Window	2,0 x 1,8 m	8
		Window	1,5 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
North-West	8,3 %	Window	1,5 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	8

## 5.6.2 Multi 10

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **101,9 %** of the Reference House



**Description** The Reference House as a point block house with eight floors. The windows and doors are retained and thereby Window Area / Living Area are the same as the Reference House. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	101,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-1,9 %
Energy Use – Total	59,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	45,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,35 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

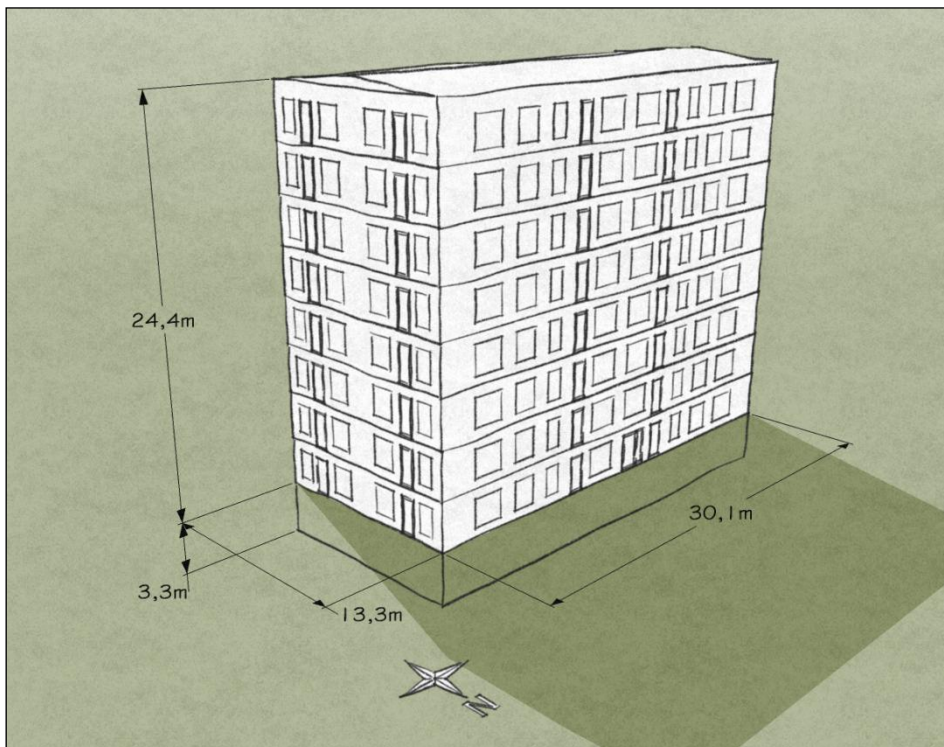
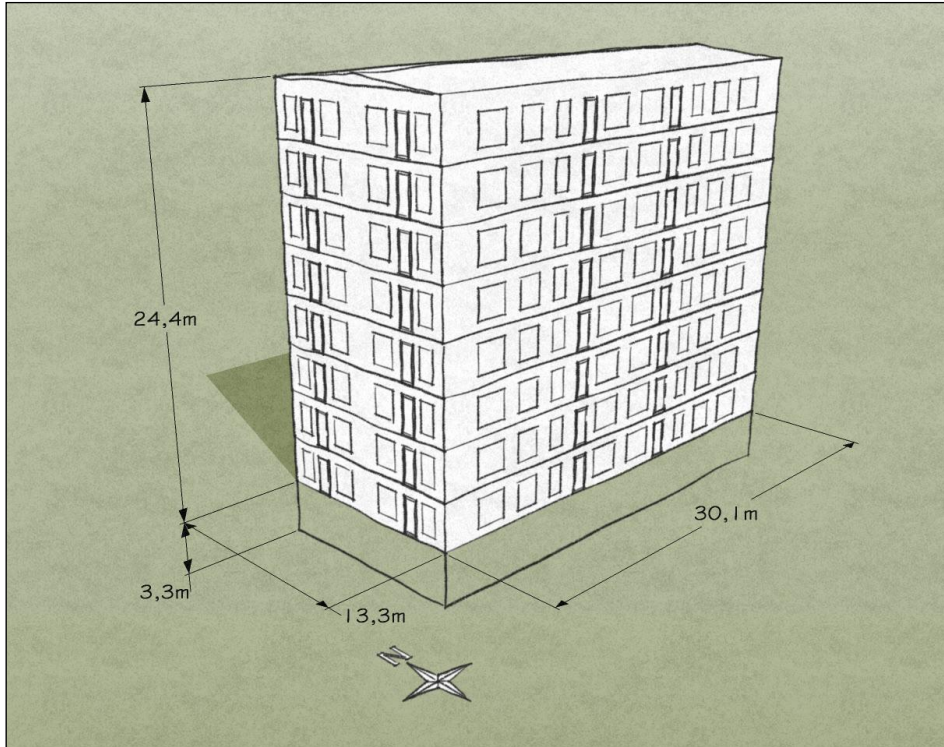
Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	441,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 799,2 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 723,3 m <sup>2</sup>
Volume	9 524,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,25
$A_f / A_l$	0,55
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,50

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	20,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	20
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	24,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Window	1,5 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
South	29,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	25
		Window	1,5 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	1
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
West	26,4 %	Window	2,0 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Window	1,5 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	18

## 5.6.3 Multi 11

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **108,4 % of the Reference House**



**Description** The Reference House as a lamellar house with eight floors. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	108,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+8,4 %
Energy Use – Total	63,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	49,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,40 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	3 296,3 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 866,3 m <sup>2</sup>
Window Area	625,7 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 964,6 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 906,1 m <sup>2</sup>
Volume	9 522,5 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,19
$A_w / A_f$	0,32
$A_f / A_l$	0,60
$A_e / A_l$	0,88
$V / A_e$	3,28

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	34,2 %	Window	2,0 x 1,8 m	31
		Window	1,5 x 1,8 m	16
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	15,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	16
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
South	34,2 %	Window	2,0 x 1,8 m	32
		Window	1,5 x 1,8 m	16
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
West	15,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	16
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16

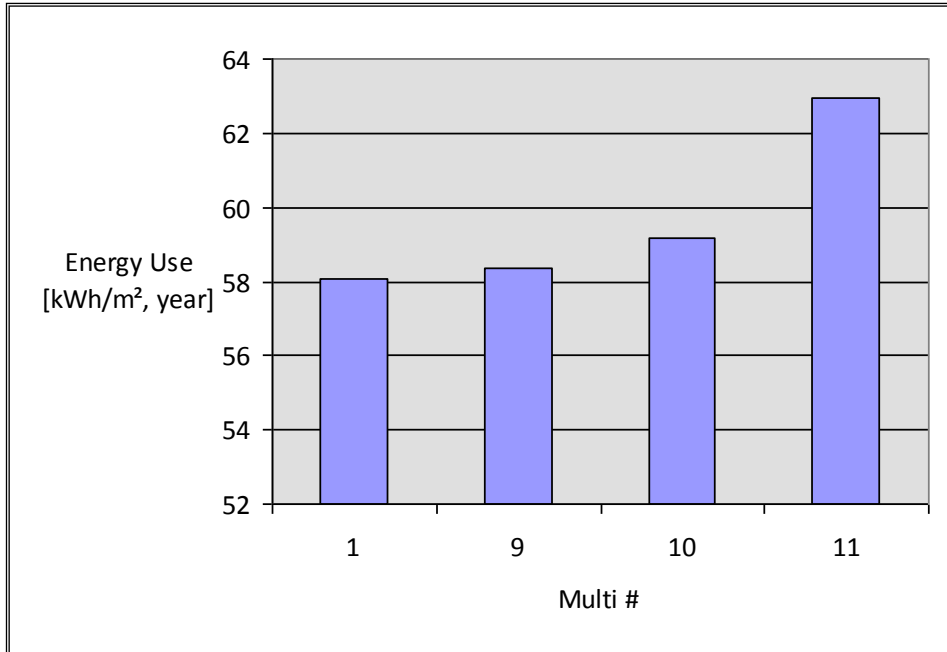
**SKANSKA**

Skanska Xchange 158 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.6.4 Relation

Variations of the Reference House have a big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House and three variations of the Reference House.

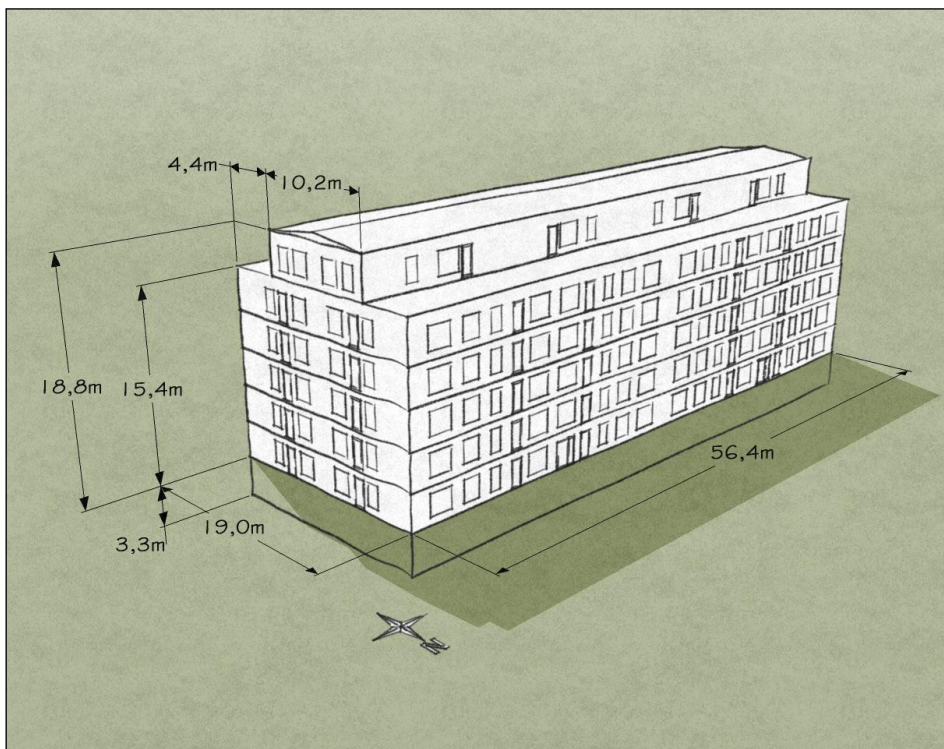
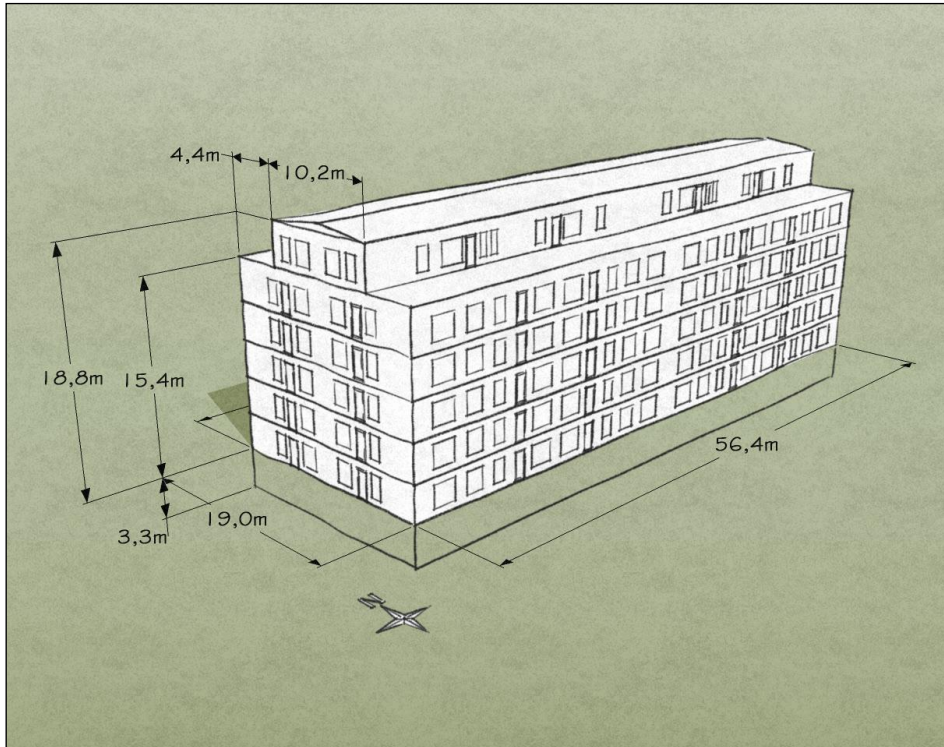
**Note:** Multi 9–11 are variations of the Reference House. The Living Area and, when possible, also windows and doors are retained.

- Multi 1            The Reference House.
- Multi 9            The Reference House as an octagon, point block house with eight floors.
- Multi 10          The Reference House as a point block house with eight floors.
- Multi 11          The Reference House as a lamellar house with eight floors.

## 5.7 Length

### 5.7.1 Multi 12

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **95,1 % of the Reference House**





**Description** The Reference House doubled to an oblong house. East façades put together. The remaining façades are kept in their original design. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	95,1 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-4,9 %
Energy Use – Total	55,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	41,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,32 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

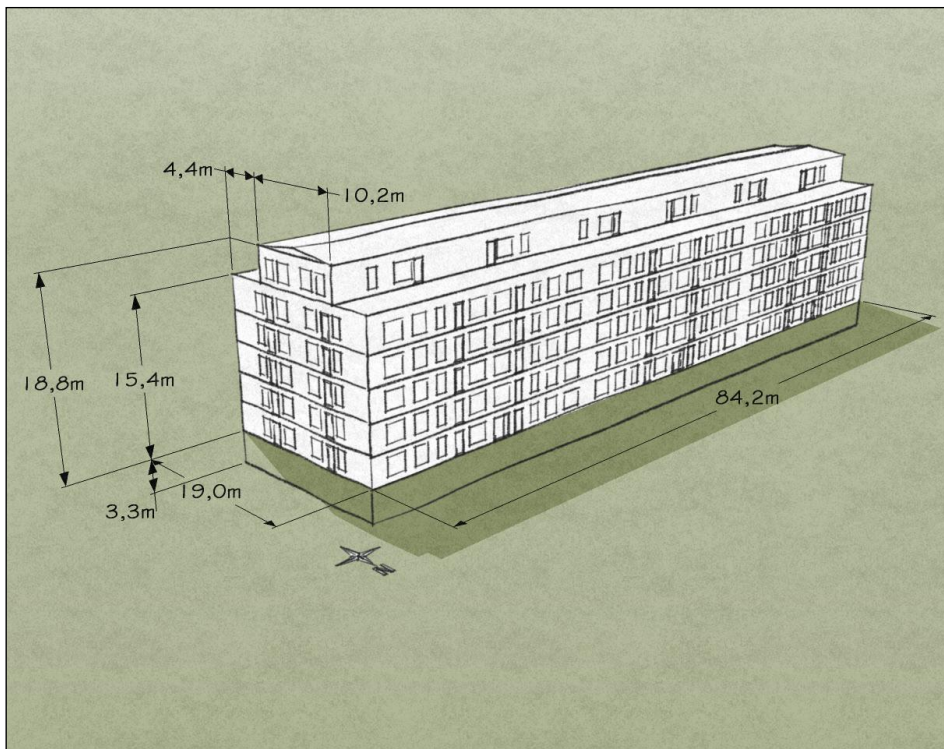
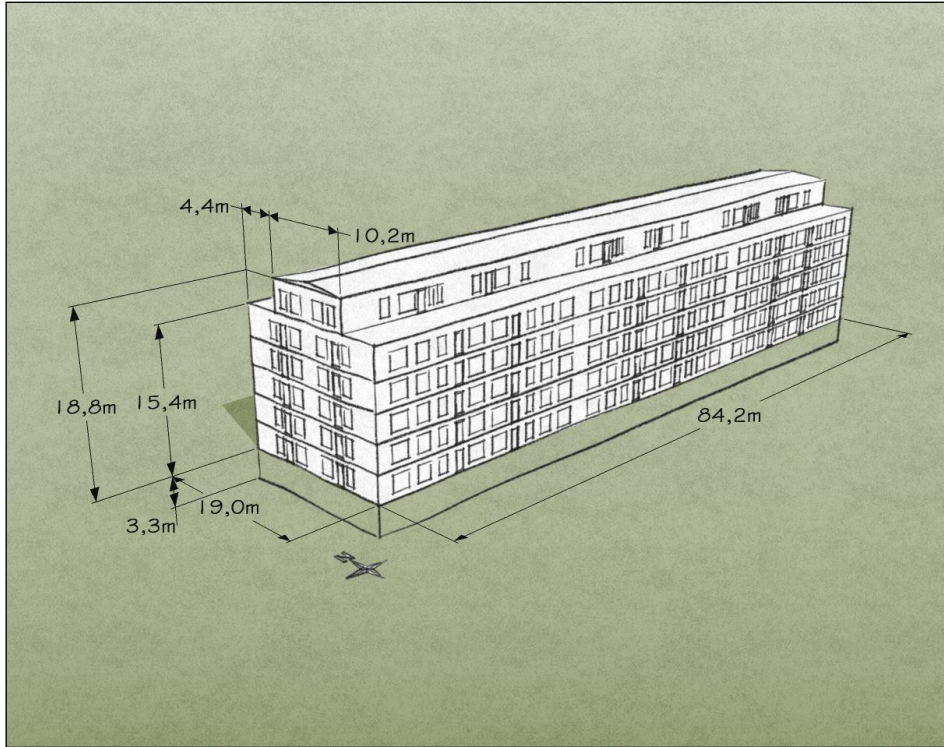
Living Area	6 594,2 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	5 734,1 m <sup>2</sup>
Window Area	740,9 m <sup>2</sup>
Façade Area	2 465,2 m <sup>2</sup>
Envelope Area	4 813,6 m <sup>2</sup>
Volume	18 509,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,11
$A_w / A_f$	0,30
$A_f / A_l$	0,37
$A_e / A_l$	0,73
$V / A_e$	3,85

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	39,8 %	Window	2 x 1,8 m	42
		Window	1,5 x 1,8 m	20
		Window	1 x 1,8 m	24
		Door	1 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	24
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	2
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	2
East	9,6 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1 x 1,8 m	12
		Door	1 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	41,0 %	Window	2 x 1,8 m	44
		Window	1,5 x 1,8 m	20
		Window	1 x 1,8 m	26
		Window	0,6 x 1,8 m	4
		Door	1 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	24
		Door	1 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	24
West	9,6%	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1 x 1,8 m	12
		Door	1 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10

## 5.7.2 Multi 13

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **92,9 %** of the Reference House



**Description** The Reference House tripled to an oblong house. East and West façades put together. The remaining façades are kept in their original design. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	92,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-7,1 %
Energy Use – Total	53,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	40,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	9 891,2 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	8 601,1 m <sup>2</sup>
Window Area	1 040,5 m <sup>2</sup>
Façade Area	3 410,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	6 887,4 m <sup>2</sup>
Volume	27 763,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,11
$A_w / A_f$	0,31
$A_f / A_l$	0,34
$A_e / A_l$	0,70
$V / A_e$	4,03

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	42,6 %	Window	2,0 x 1,8 m	63
		Window	1,5 x 1,8 m	30
		Window	1,0 x 1,8 m	36
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	36
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3
East	6,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	43,8 %	Window	2,0 x 1,8 m	66
		Window	1,5 x 1,8 m	30
		Window	1,0 x 1,8 m	39
		Window	0,6 x 1,8 m	6
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	36
		West	9,6%	Window
Window	1,0 x 1,8 m			12
Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m			10

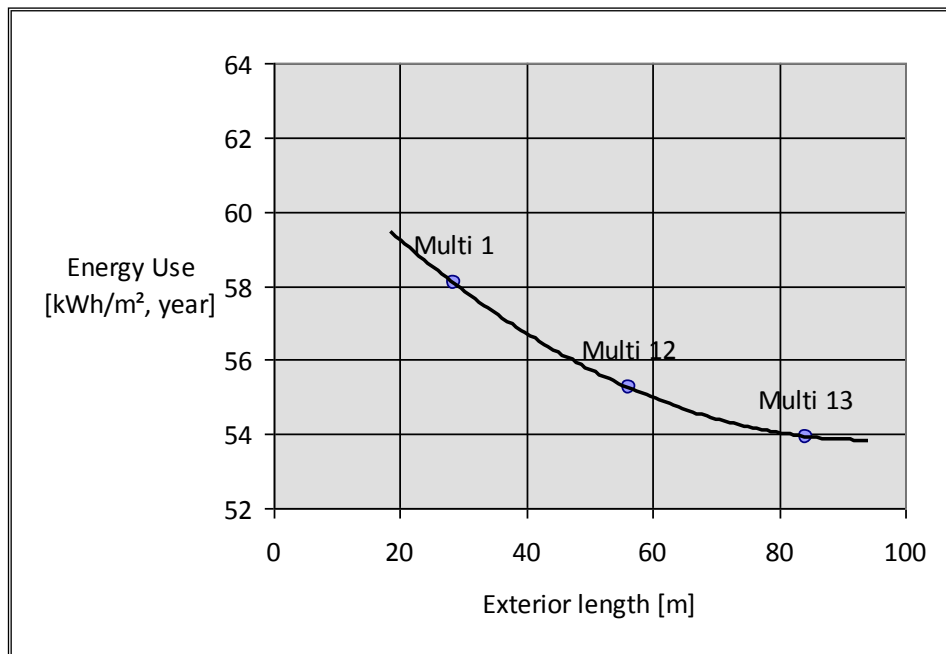
**SKANSKA**

Skanska Xchange 164 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.7.3 Relation

Length of the Reference House has a rather big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House with gradually increased length.

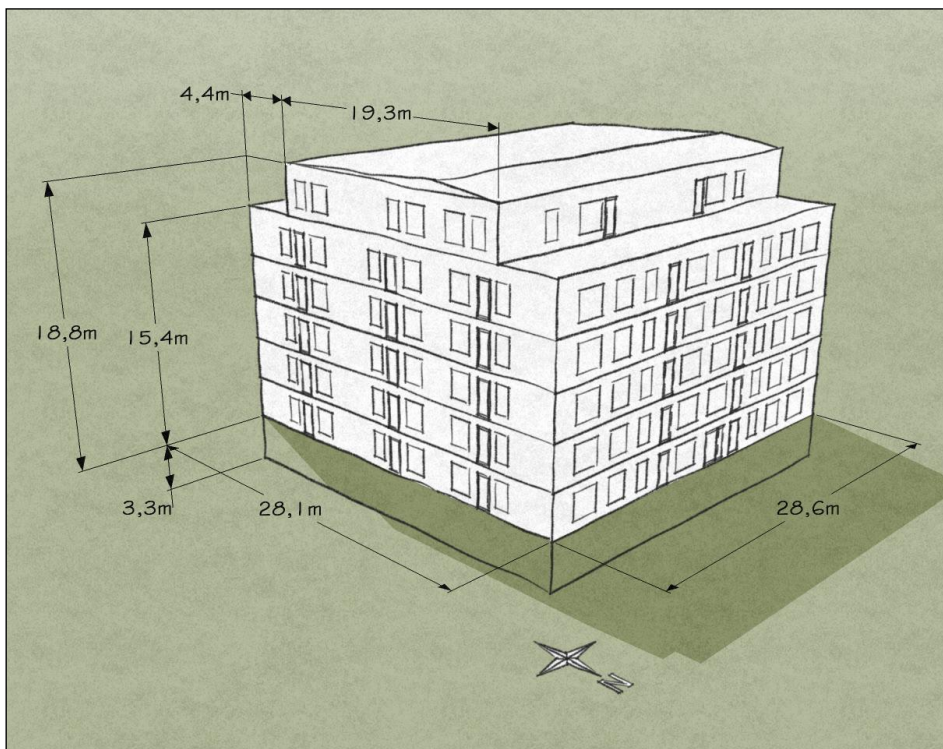
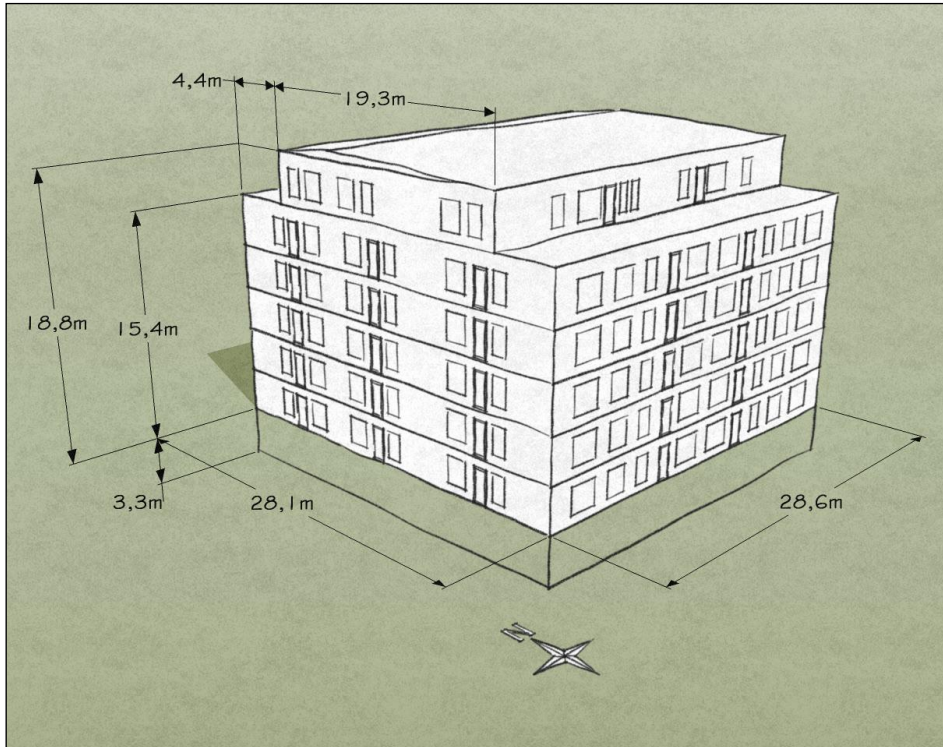
**Note:** On Multi 1, 12 and 13 only the length vary, all other exterior measurements are constant. The individual Window Area / Façade Area for each façade are the same on the three houses. The line between the dots is not a mathematical function; it is an approximated line to demonstrate the relation of length of the Reference House.

- Multi 1            The Reference House.
- Multi 12         The Reference House doubled to an oblong house.
- Multi 13         The Reference House tripled to an oblong house.

## 5.8 Width

### 5.8.1 Multi 14

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **93,6 % of the Reference House**



Internal information

**Description** The Reference House with half the interior width added. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	93,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-6,4 %
Energy Use – Total	54,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	40,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

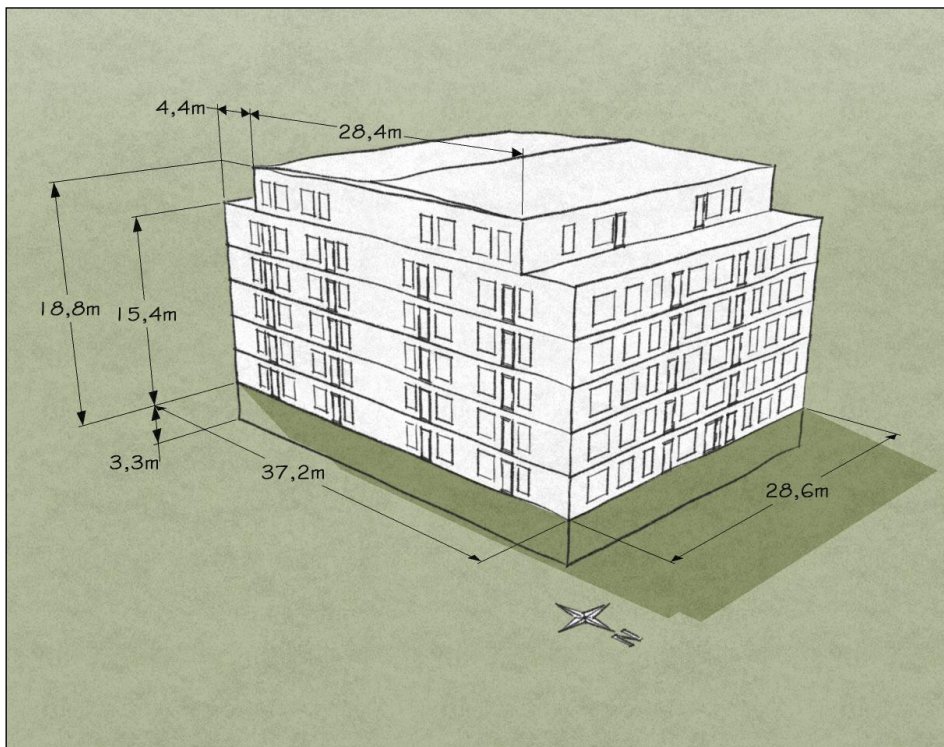
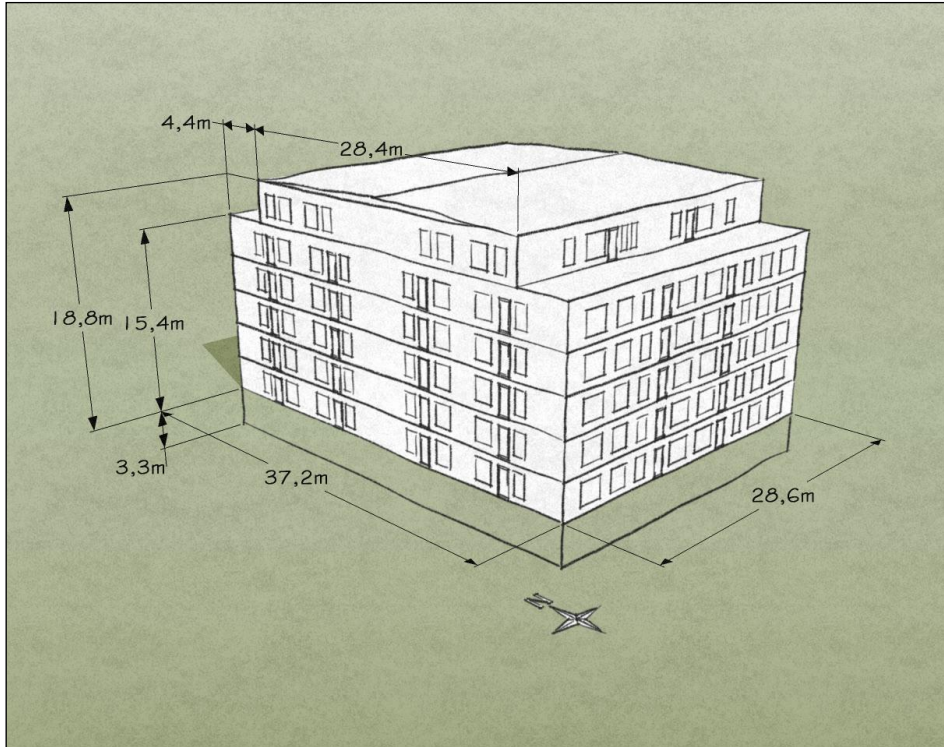
Living Area	5 062,4 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	4 402,1 m <sup>2</sup>
Window Area	512,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 829,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	3 600,5 m <sup>2</sup>
Volume	14 173,8 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,10
$A_w / A_f$	0,28
$A_f / A_l$	0,36
$A_e / A_l$	0,71
$V / A_e$	3,94

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	42,6 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	6,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	18
		Window	1,0 x 1,8 m	18
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	15
South	43,8 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
West	9,6%	Window	1,5 x 1,8 m	18
		Window	1,0 x 1,8 m	18
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	15

## 5.8.2 Multi 15

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **90,5 %** of the Reference House





**Description** The Reference House doubled to a square house. South façades put together. The remaining façades are kept in their original design. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	90,5 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-9,5 %
Energy Use – Total	52,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	38,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,30 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	6 838,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	5 946,8 m <sup>2</sup>
Window Area	582,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	2 138,8 m <sup>2</sup>
Envelope Area	4 461,4 m <sup>2</sup>
Volume	19 120,8 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,09
$A_w / A_f$	0,27
$A_f / A_l$	0,31
$A_e / A_l$	0,65
$V / A_e$	4,29

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	25,3 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	24,3 %	Window	1,5 x 1,8 m	24
		Window	1,0 x 1,8 m	24
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	20
South	26,1 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		West	24,3 %	Window
Window	1,0 x 1,8 m			24
Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m			20

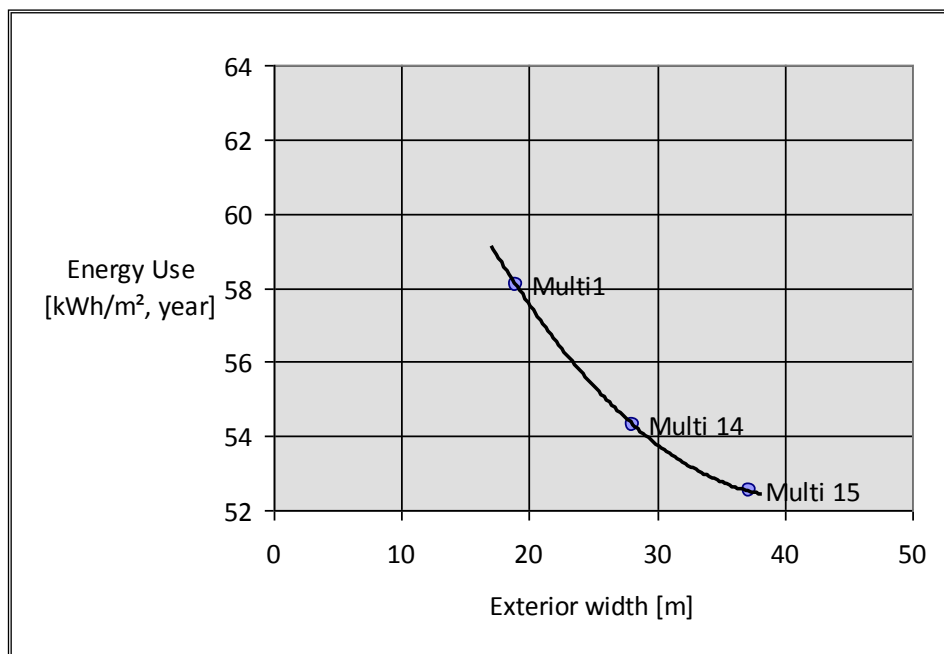
**SKANSKA**

Skanska Xchange 170 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.8.3 Relation

Width of the Reference House has a big impact on Energy Use



**Description:** The Reference House with gradually increased width.

**Note:** On Multi 1, 14 and 15 only the width vary, all other exterior measurements are constant. The individual Window Area / Façade Area for each façade, except the penthouse gables, are the same on the three houses. The line between the dots is not a mathematical function; it is an approximated line to demonstrate the relation of width concerning the Reference House.

Multi 1            The Reference House.

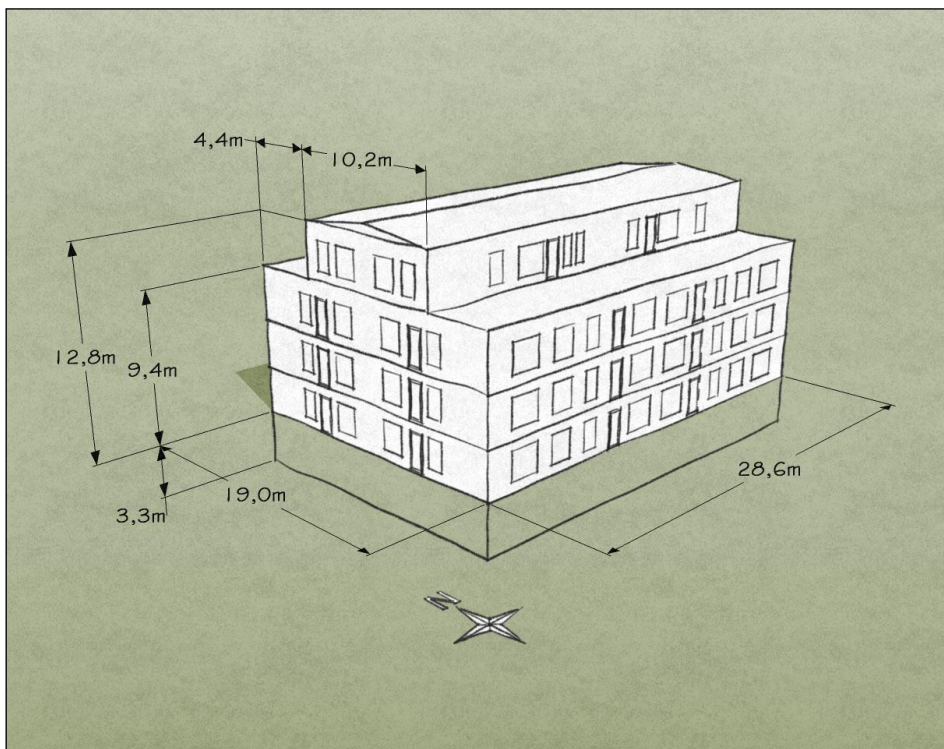
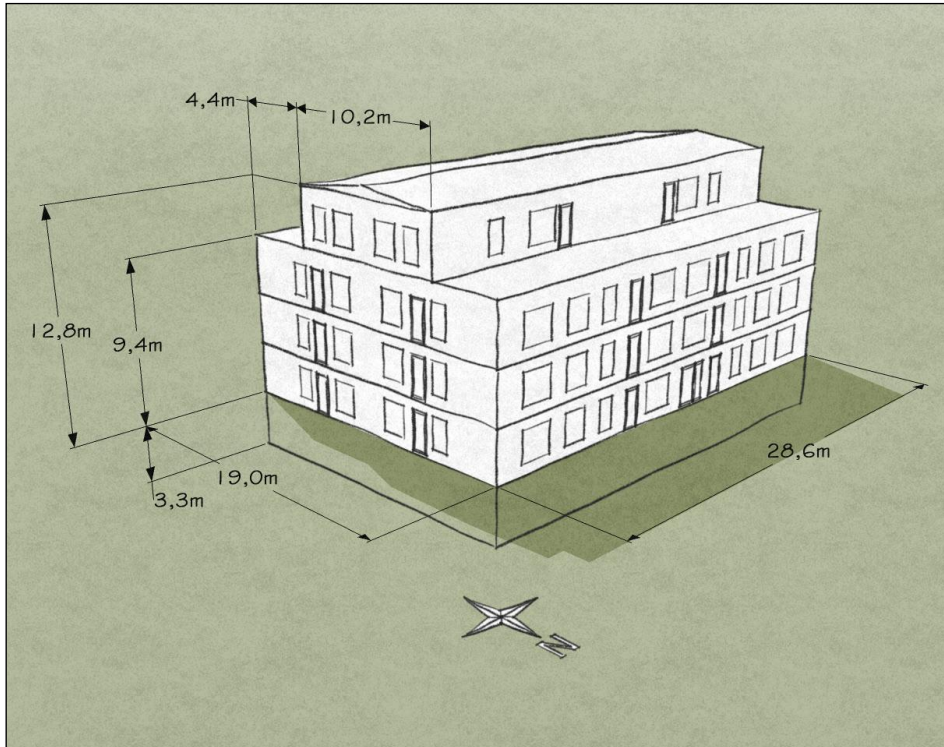
Multi 14          The Reference House, added half the interior width.

Multi 15          The Reference House doubled to a square house. South façades put together.

## 5.9 Height

### 5.9.1 Multi 16

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,9 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with two regular floors subtracted. Three regular floors, penthouse and cellar. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	99,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-0,1 %
Energy Use – Total	58,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,30 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

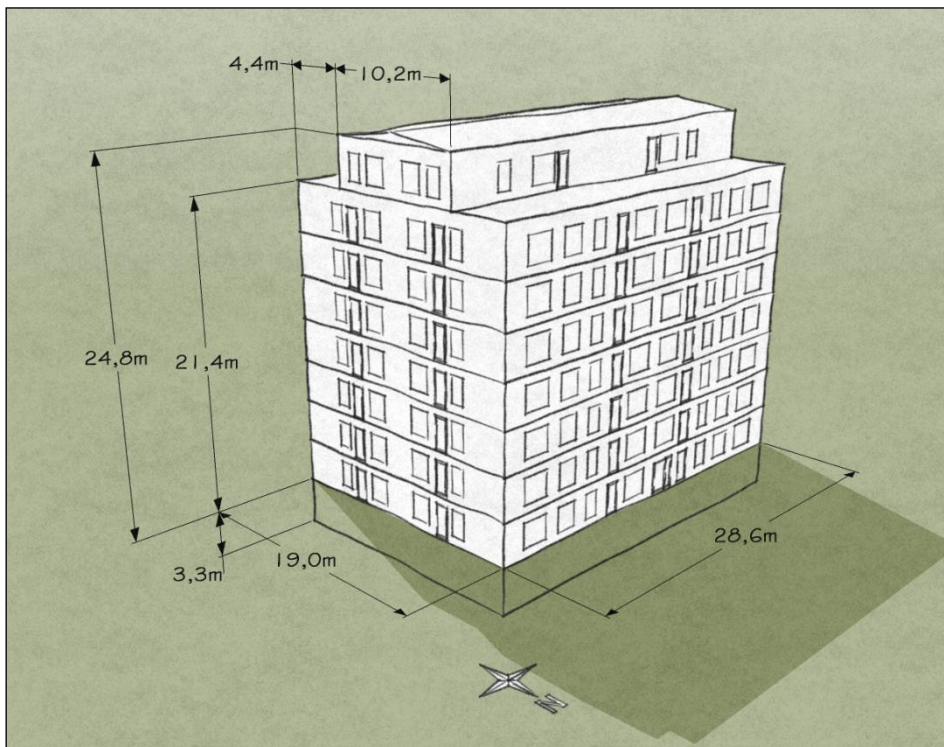
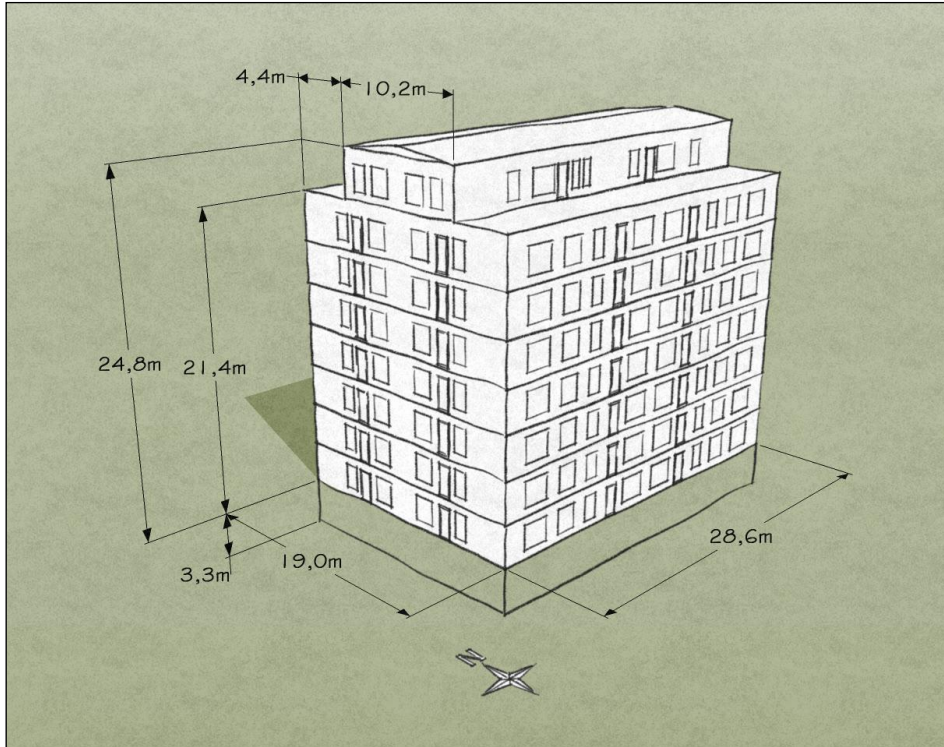
Living Area	2 285,2 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	1 987,1 m <sup>2</sup>
Window Area	284,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	968,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 187,7 m <sup>2</sup>
Volume	6 218,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,12
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,42
$A_e / A_l$	0,96
$V / A_e$	2,84

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	33,1 %	Window	2,0 x 1,8 m	13
		Window	1,5 x 1,8 m	6
		Window	1,0 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,2 %	Window	1,5 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	6
South	34,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	14
		Window	1,5 x 1,8 m	6
		Window	1,0 x 1,8 m	9
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	8
West	16,2%	Window	1,5 x 1,8 m	8
		Window	1,0 x 1,8 m	8
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	6

## 5.9.2 Multi 17

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,9 %** of the Reference House



**Description** The Reference House with two regular floors added. Seven regular floors, pent house and cellar. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	99,9 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-0,1 %
Energy Use – Total	58,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,36 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	4 309,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	3 747,0 m <sup>2</sup>
Window Area	597,7 m <sup>2</sup>
Façade Area	2 072,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	3 291,7 m <sup>2</sup>
Volume	12 290,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,14
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,48
$A_e / A_l$	0,76
$V / A_e$	3,73

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	33,7 %	Window	2,0 x 1,8 m	29
		Window	1,5 x 1,8 m	14
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	16
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	14
South	34,3 %	Window	2,0 x 1,8 m	30
		Window	1,5 x 1,8 m	14
		Window	1,0 x 1,8 m	17
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	16
West	16,0%	Window	1,5 x 1,8 m	16
		Window	1,0 x 1,8 m	16
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	14

**SKANSKA**

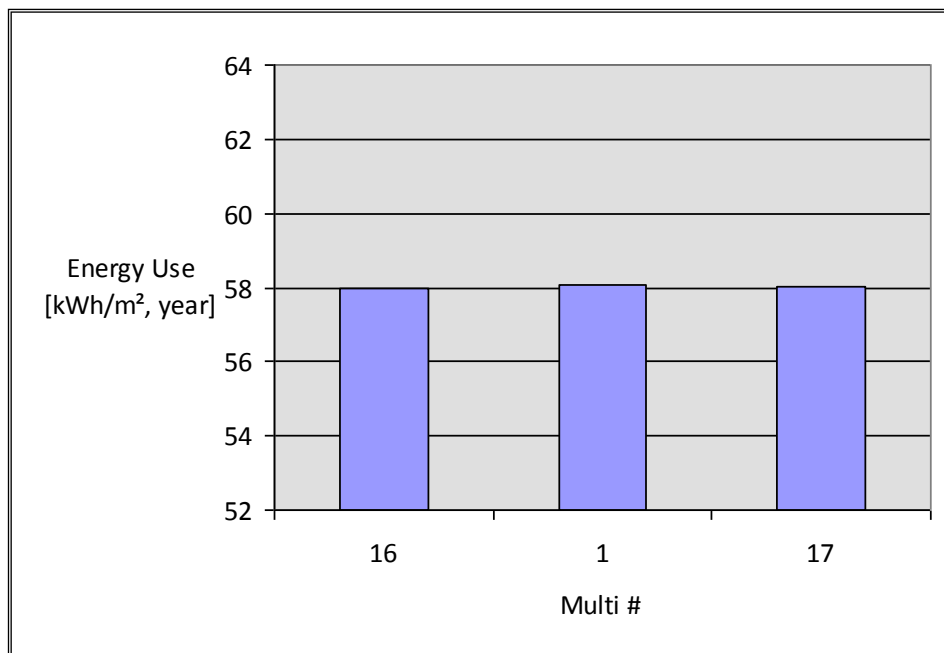
Skanska Xchange 176 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01



## 5.9.3 Relation

Height of the Reference House does not have an impact on Energy Use



**Description:** The Reference House with gradually increased height.

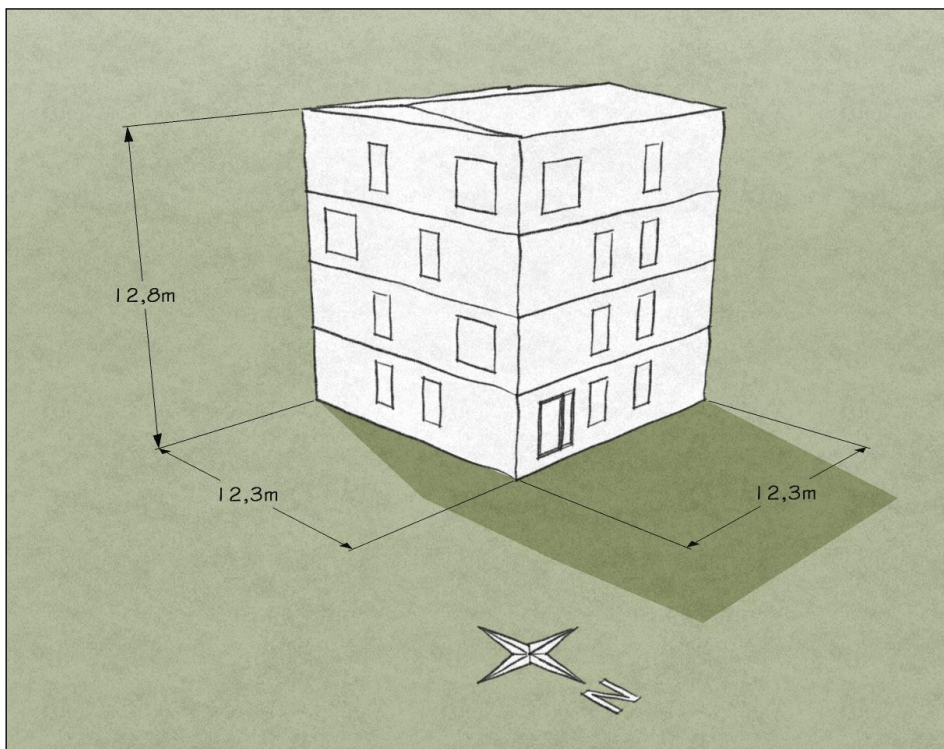
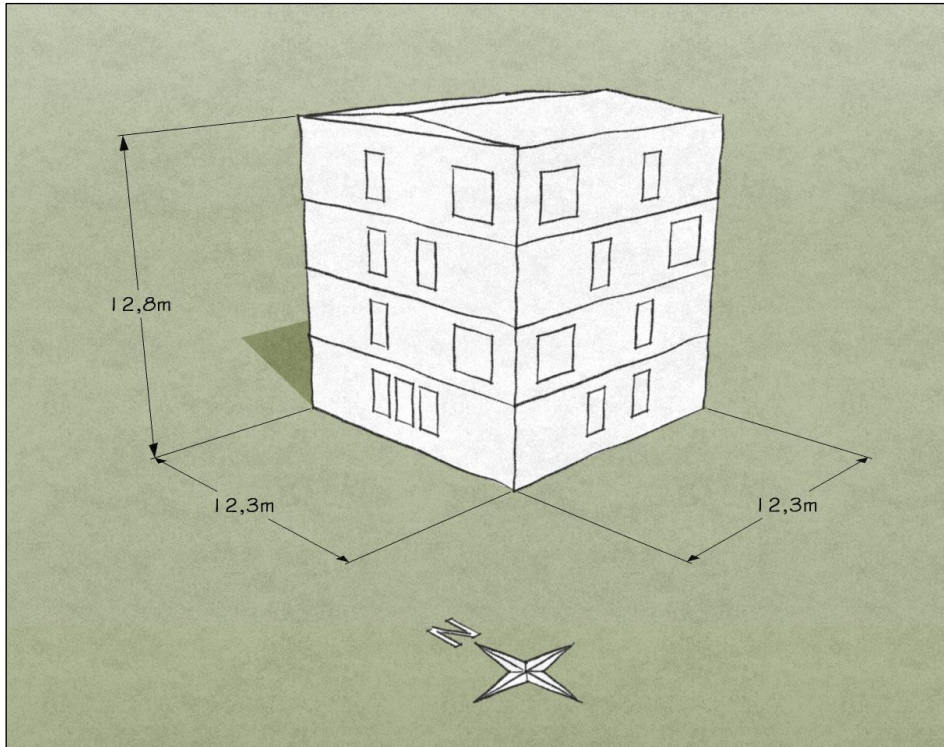
**Note:** On Multi 16, 1 and 17 only the height vary, all other exterior measurements are constant. The individual Window Area / Façade Area for each façade are roughly the same on the three houses.

- Multi 16      The Reference House with two regular floors subtracted. Three regular floors, penthouse and cellar.
- Multi 1        The Reference House. Five regular floors, penthouse and cellar.
- Multi 17      The Reference House with two regular floors added. Seven regular floors, penthouse and cellar.

## 5.10 Building Size

### 5.10.1 Multi 18

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **122,4%** of the Reference House



**Description** Four floor house with the interior measurements forming a perfect cube. Non-heated attic.

**Note** Multi 18–20 have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	122,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+22,4 %
Energy Use – Total	71,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	57,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,28 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

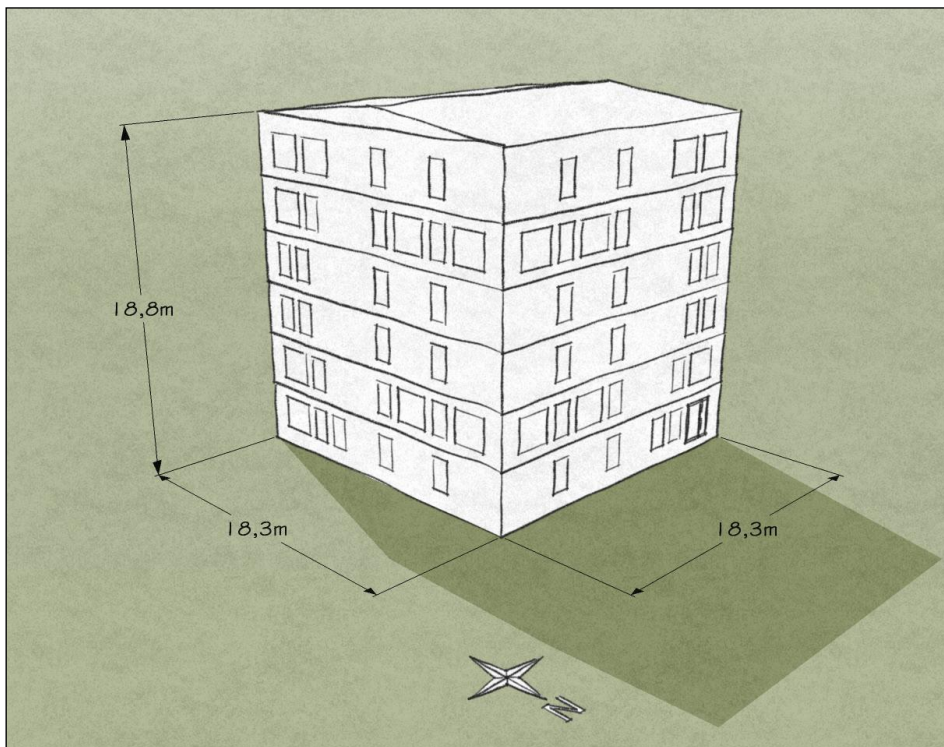
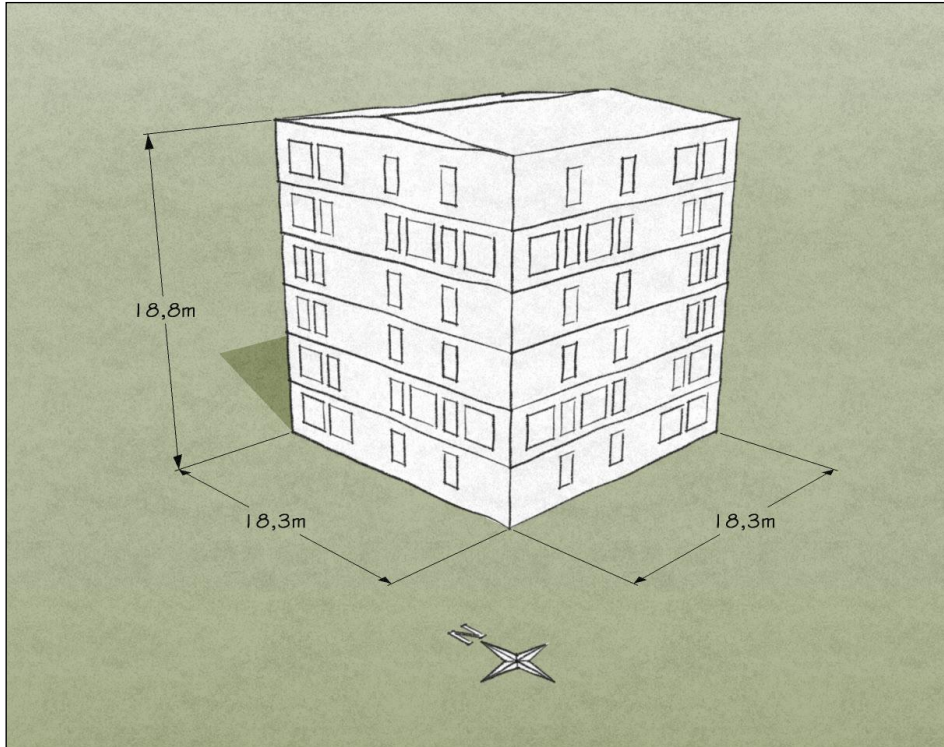
Living Area	529,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	529,0 m <sup>2</sup>
Window Area	79,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	529,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	793,5 m <sup>2</sup>
Volume	1 520,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,15
$A_w / A_f$	0,15
$A_f / A_l$	1,00
$A_e / A_l$	1,50
$V / A_e$	1,92

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	24,7 %	Window	1,0 x 1,8 m	7
		Window	2,0 x 1,8 m	1
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	25,1 %	Window	2,0 x 1,8 m	3
		Window	1,0 x 1,8 m	5
South	25,1 %	Window	2,0 x 1,8 m	3
		Window	1,0 x 1,8 m	5
West	25,1 %	Window	1,0 x 1,8 m	7
		Window	2,0 x 1,8 m	2

## 5.10.2 Multi 19

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **106,6%** of the Reference House



**Description** Six floor house with the interior measurements forming a perfect cube. Non-heated attic.

**Note** Multi 18–20 have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	106,6 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+6,6 %
Energy Use – Total	61,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	48,1 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,5 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

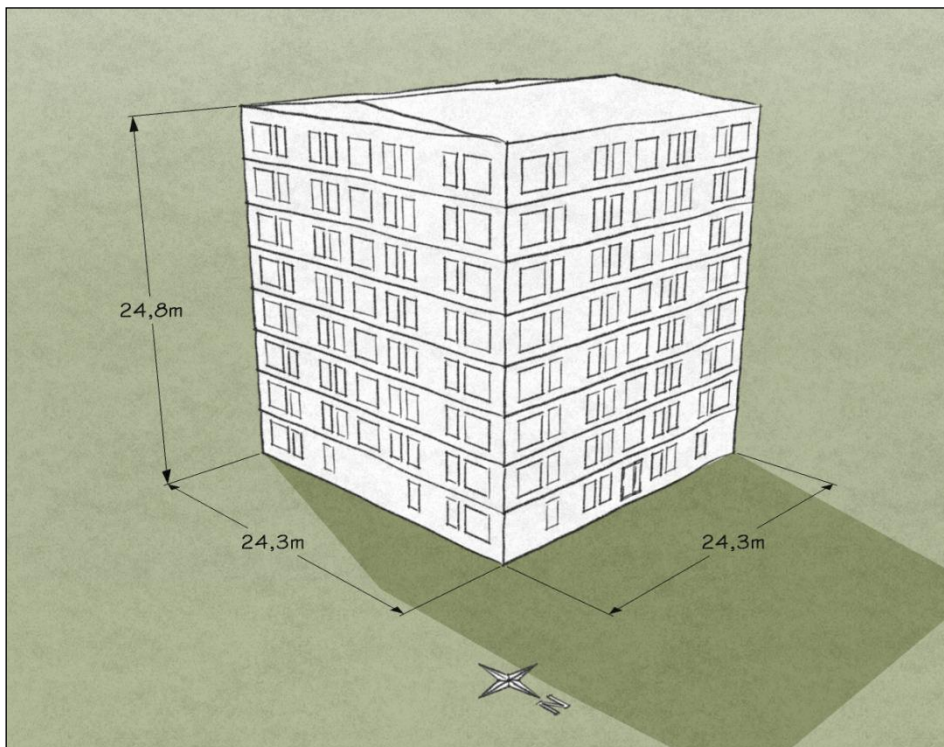
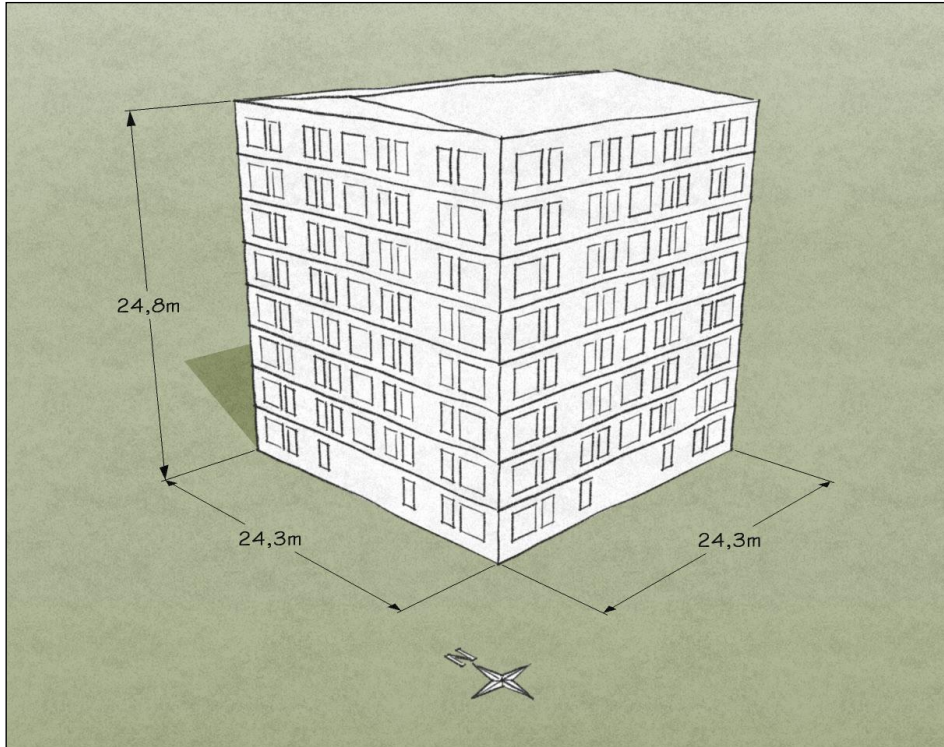
Living Area	1 837,5 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	1 837,5 m <sup>2</sup>
Window Area	273,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 225,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	1 837,5 m <sup>2</sup>
Volume	5 359,4 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,15
$A_w / A_f$	0,22
$A_f / A_l$	0,67
$A_e / A_l$	1,00
$V / A_e$	2,92

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	24,7 %	Window	1,0 x 1,8 m	20
		Window	2,0 x 1,8 m	8
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	25,1 %	Window	1,0 x 1,8 m	20
		Window	2,0 x 1,8 m	9
South	25,1 %	Window	2,0 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	18
West	25,1 %	Window	2,0 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	18

## 5.10.3 Multi 20

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,8%** of the Reference House



**Description** Eight floor house with the interior measurements forming a perfect cube. Non-heated attic.

**Note** Multi 18–20 have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	99,8 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-0,2 %
Energy Use – Total	58,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,0 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	4 418,0 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	4 418,0 m <sup>2</sup>
Window Area	662,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	2 209,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	3 313,5 m <sup>2</sup>
Volume	12 977,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,15
$A_w / A_f$	0,30
$A_f / A_l$	0,50
$A_e / A_l$	0,75
$V / A_e$	3,92

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	1,0 x 1,8 m	48
		Window	2,0 x 1,8 m	21
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	23
		Window	1,0 x 1,8 m	46
South	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	23
		Window	1,0 x 1,8 m	46
West	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	23
		Window	1,0 x 1,8 m	46

**SKANSKA**

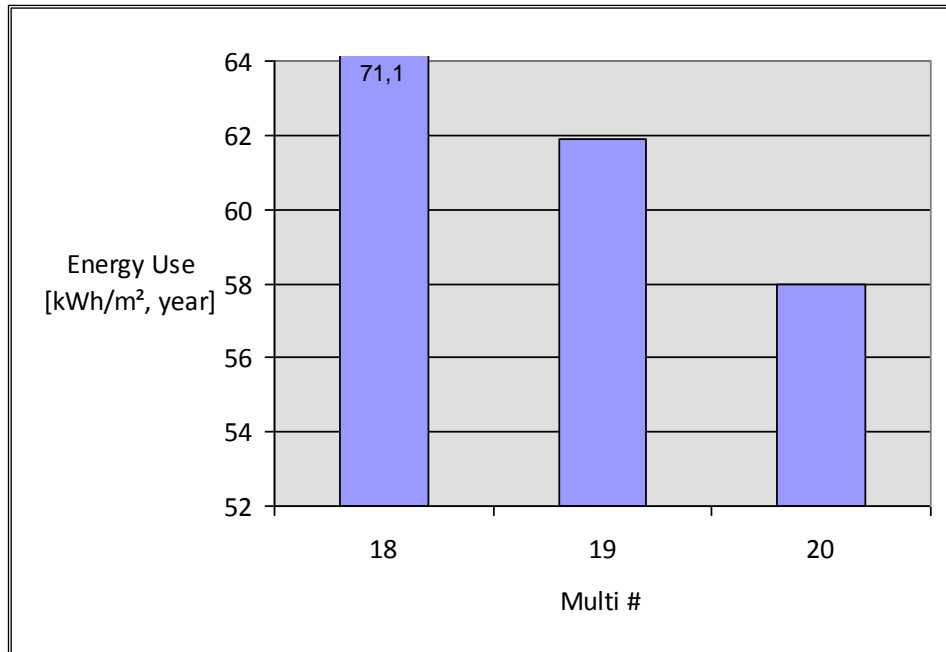
Skanska Xchange 184 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01



## 5.10.4 Relation

Building size, within the same geometry, has a very big impact on Energy Use



**Description:** Cube shaped house with increased size.

**Note:** Multi 18–20 are houses with the interior measurements forming a perfect cube; they have the same Window Area / Living Area and the same Ratio of Window Area in the four orientations.

Multi 18      Four floor house.

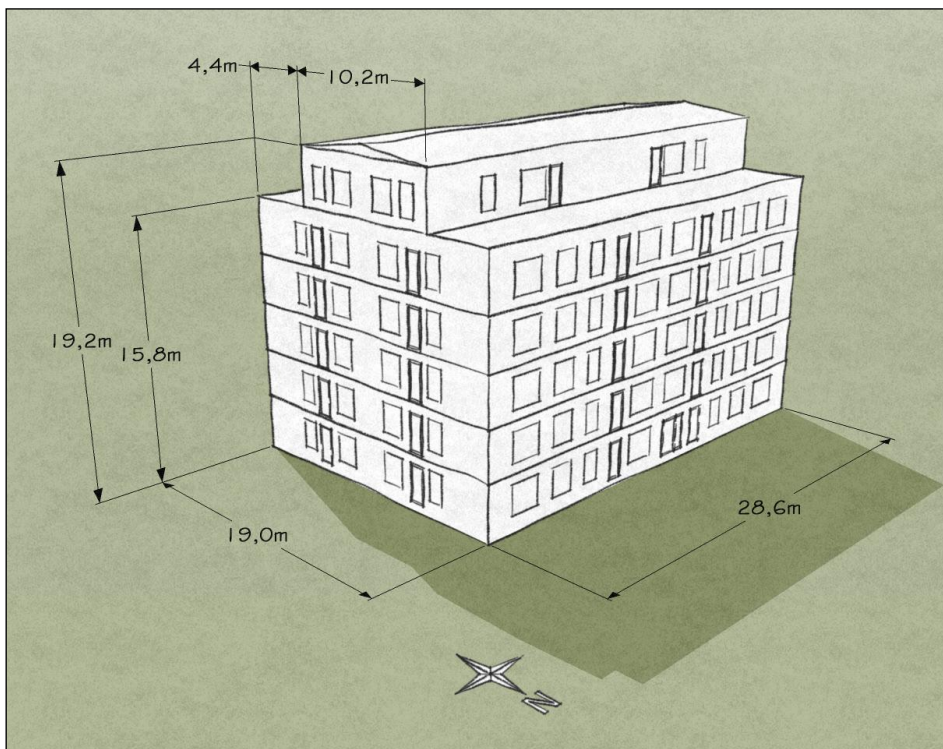
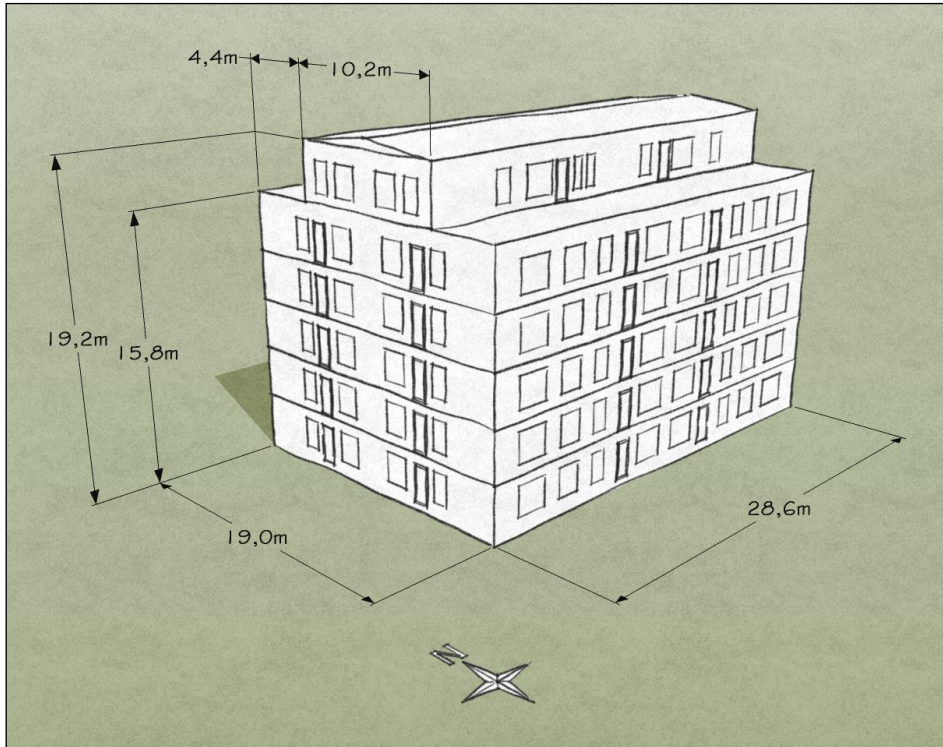
Multi 19      Six floor house.

Multi 20      Eight floor house.

## 5.11 Details

### 5.11.1 Multi 21

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **97,7 % of the Reference House**



**Description** The Reference House with the cellar subtracted.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	97,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-2,2 %
Energy Use – Total	56,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	42,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,33 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

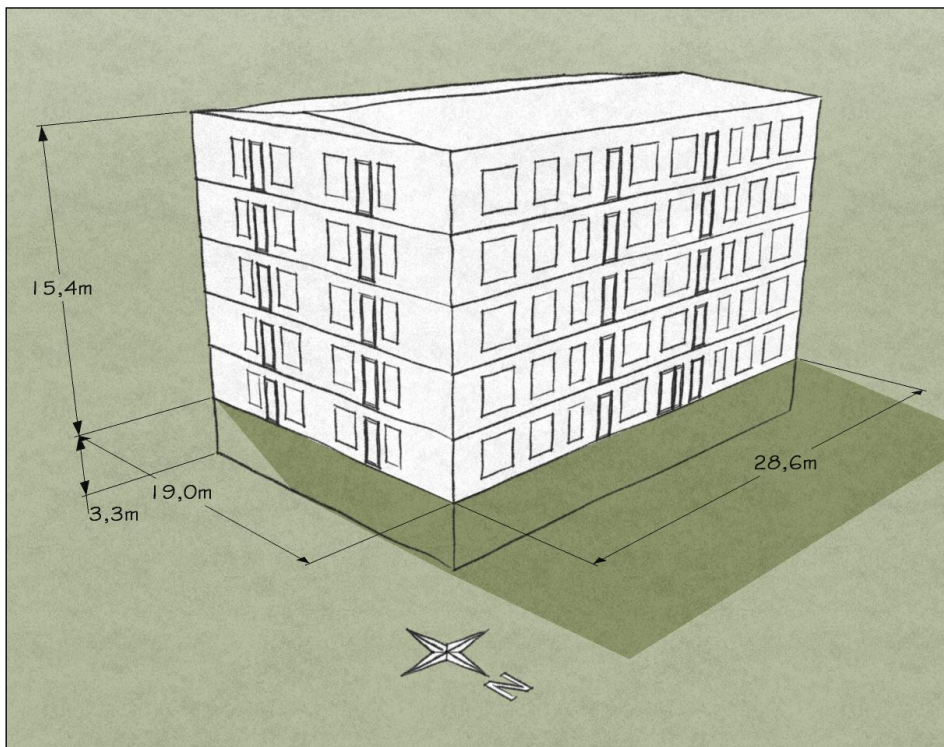
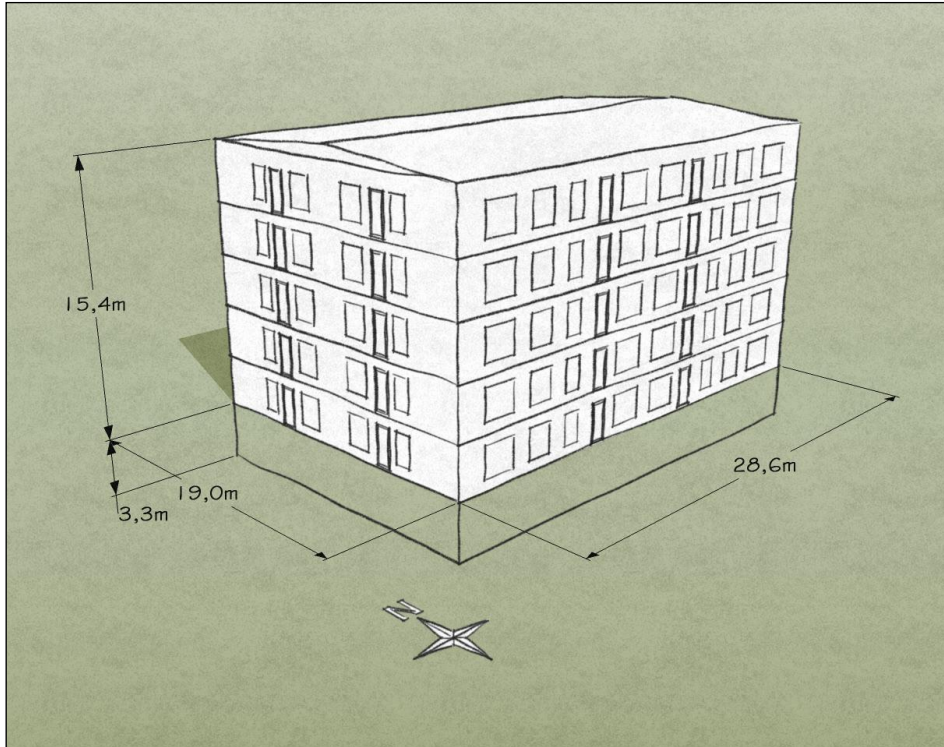
Living Area	2 791,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 427,1 m <sup>2</sup>
Window Area	441,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 509,7 m <sup>2</sup>
Volume	7 989,7 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,16
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,54
$A_e / A_l$	0,90
$V / A_e$	3,18

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	33,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	34,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
West	16,0%	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10

## 5.11.2 Multi 22

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,5 %** of the Reference House



**Description** The Reference House with the penthouse subtracted. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	99,5 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-0,5 %
Energy Use – Total	57,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	43,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,33 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

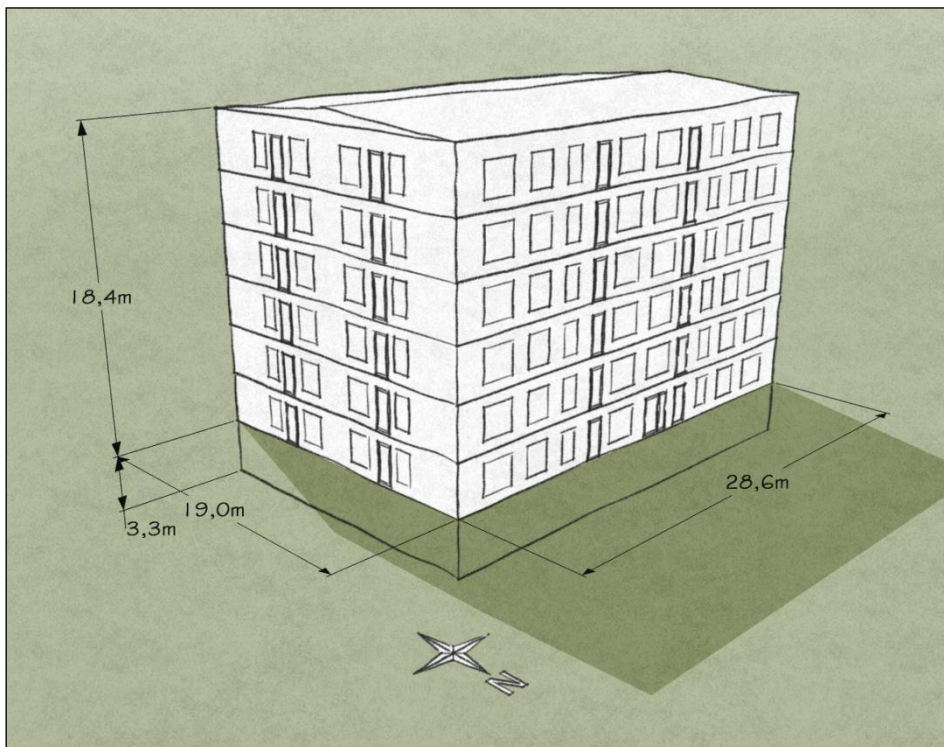
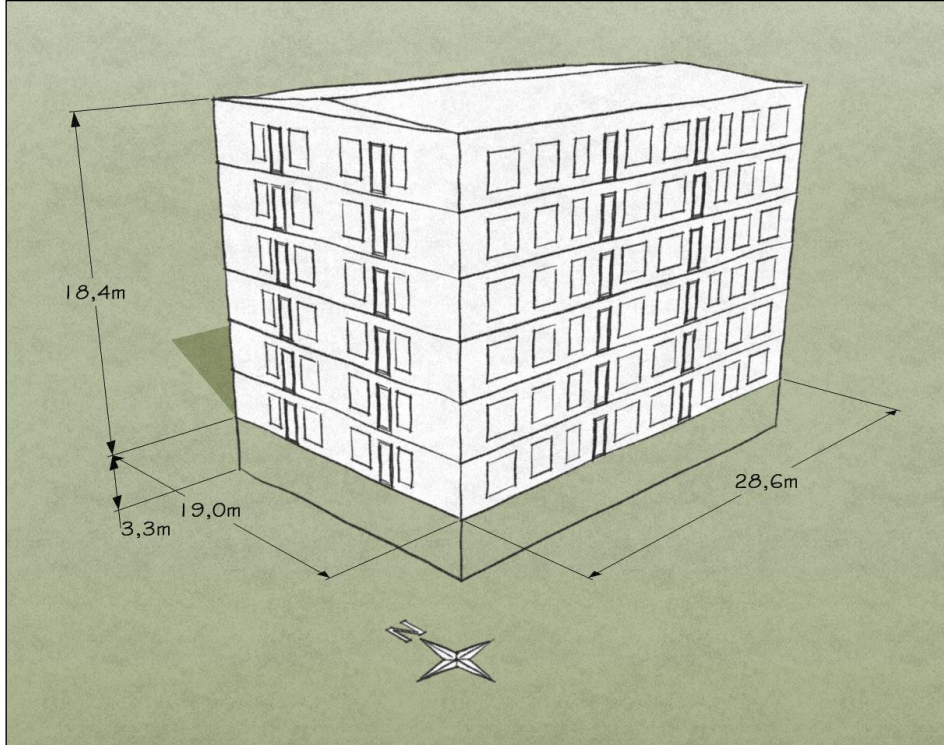
Living Area	3 035,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 639,8 m <sup>2</sup>
Window Area	391,0 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 334,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 575,9 m <sup>2</sup>
Volume	8 601,3 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,44
$A_e / A_l$	0,85
$V / A_e$	3,34

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	33,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	19
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	10
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	10
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	34,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	20
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	10
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
West	16,0%	Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	10
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10

## 5.11.3 Multi 23

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **99,7 %** of the Reference House



**Description** The Reference House with the penthouse replaced by a regular floor.  
Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	99,7 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-0,3 %
Energy Use – Total	57,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	43,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

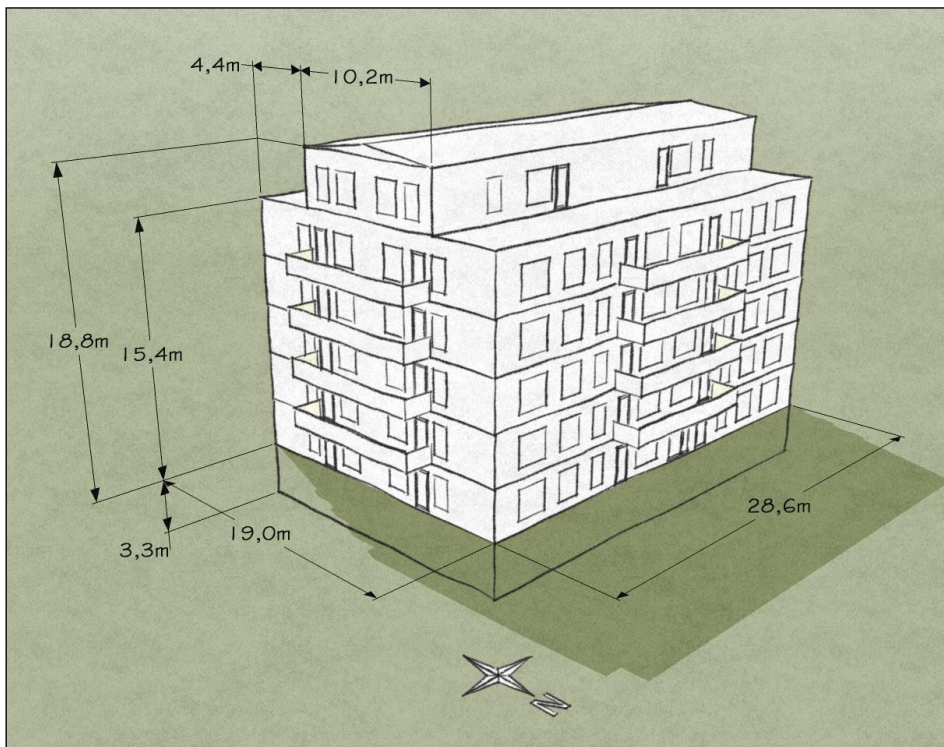
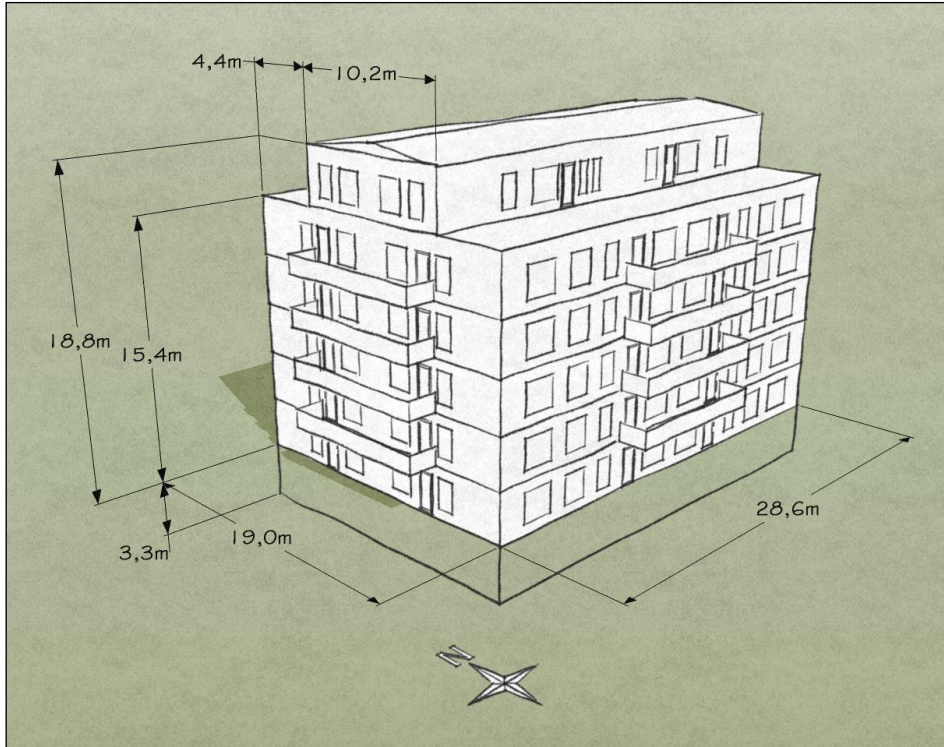
Living Area	3 541,7 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	3 079,8 m <sup>2</sup>
Window Area	469,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 610,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 851,9 m <sup>2</sup>
Volume	1 0119,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,45
$A_e / A_l$	0,81
$V / A_e$	3,55

## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	34,2 %	Window	2,0 x 1,8 m	23
		Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	15,8 %	Window	1,0 x 1,8 m	12
		Window	1,5 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
South	34,2 %	Window	2,0 x 1,8 m	24
		Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
West	15,8 %	Window	1,0 x 1,8 m	12
		Window	1,5 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12

## 5.11.4 Multi 24

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **100,3 % of the Reference House**





**Description** The Reference House with 16 sets of 9,6 x 1,8 m balconies, average non-column support, added.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	100,3 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+0,3 %
Energy Use – Total	58,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	44,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,34 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

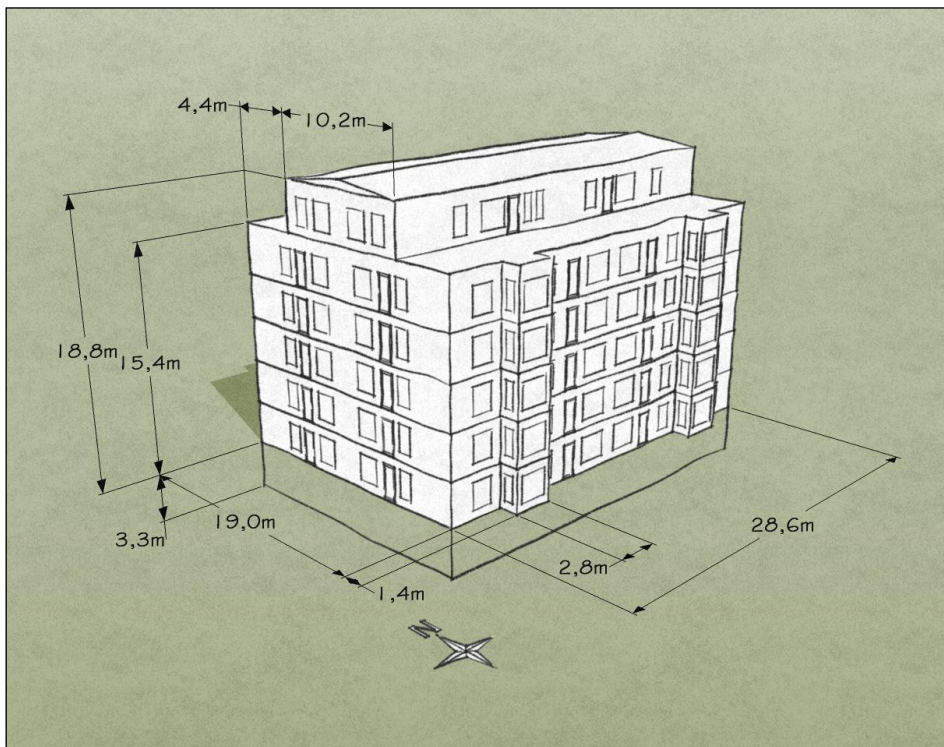
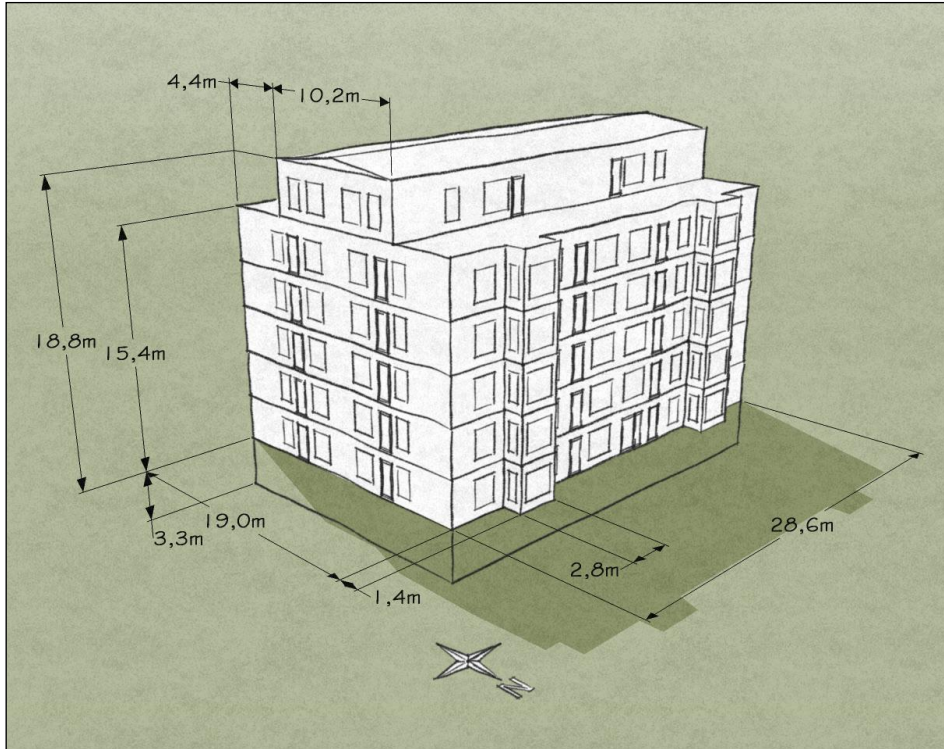
Living Area	3 297,1 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 867,0 m <sup>2</sup>
Window Area	441,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 520,0 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 739,7 m <sup>2</sup>
Volume	9 254,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,13
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,46
$A_e / A_l$	0,83
$V / A_e$	3,38

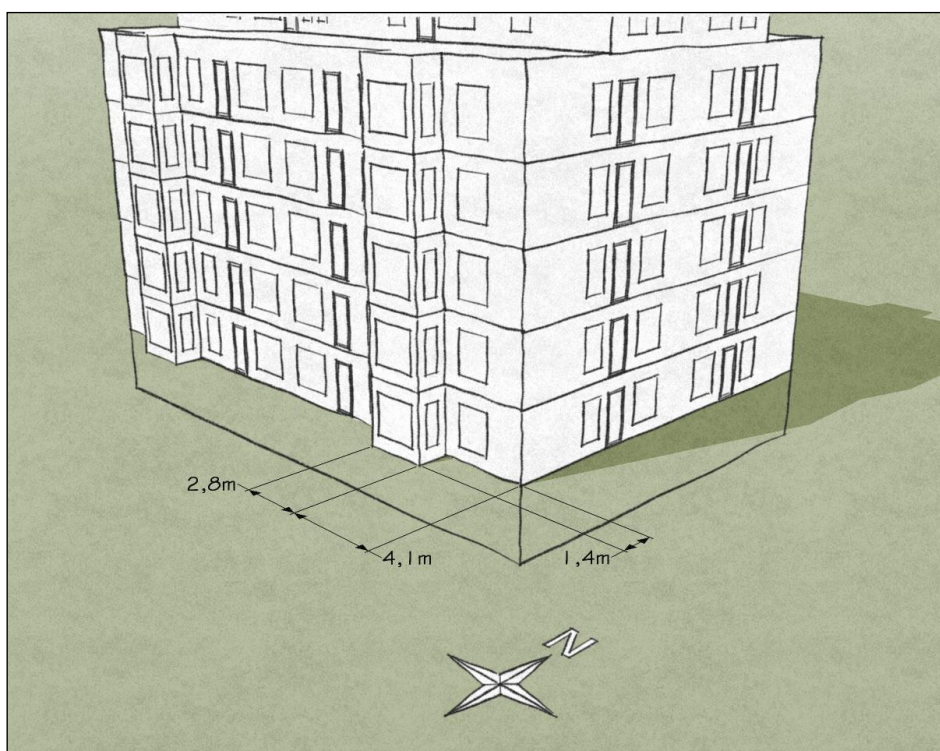
## Windows and Doors

Orientation	Ratio of $A_w$	Unit	Dimensions	Quantity
North	33,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	34,5 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
West	16,0%	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10

## 5.11.5 Multi 25

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **103,0 %** of the Reference House





**Description** The Reference House with four sets of bay windows added.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	103,0 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+3,0 %
Energy Use – Total	59,8 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	45,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,35 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	3 353,3 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 915,9 m <sup>2</sup>
Window Area	484,4 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 682,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 924,5 m <sup>2</sup>
Volume	9 417,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,14
$A_w / A_f$	0,29
$A_f / A_l$	0,50
$A_e / A_l$	0,87
$V / A_e$	3,22

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	34,2 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	15,8 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Window	0,6 x 1,8 m	20
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	34,2 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		West	15,8 %	Window
Window	1,0 x 1,8 m			12
Window	0,6 x 1,8 m			20
Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m			10

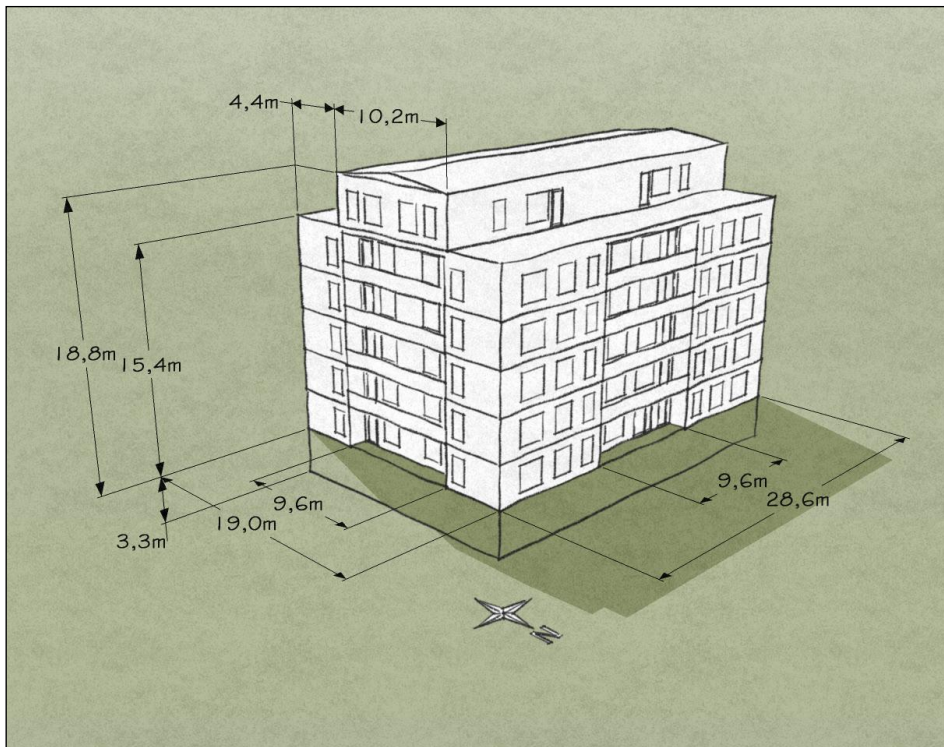
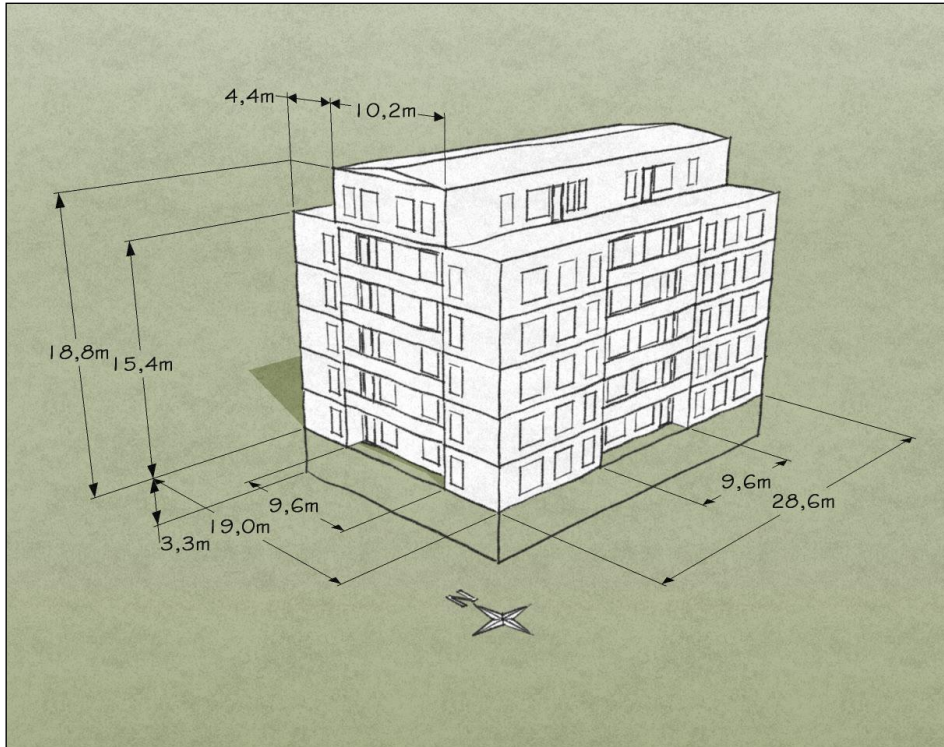
**SKANSKA**

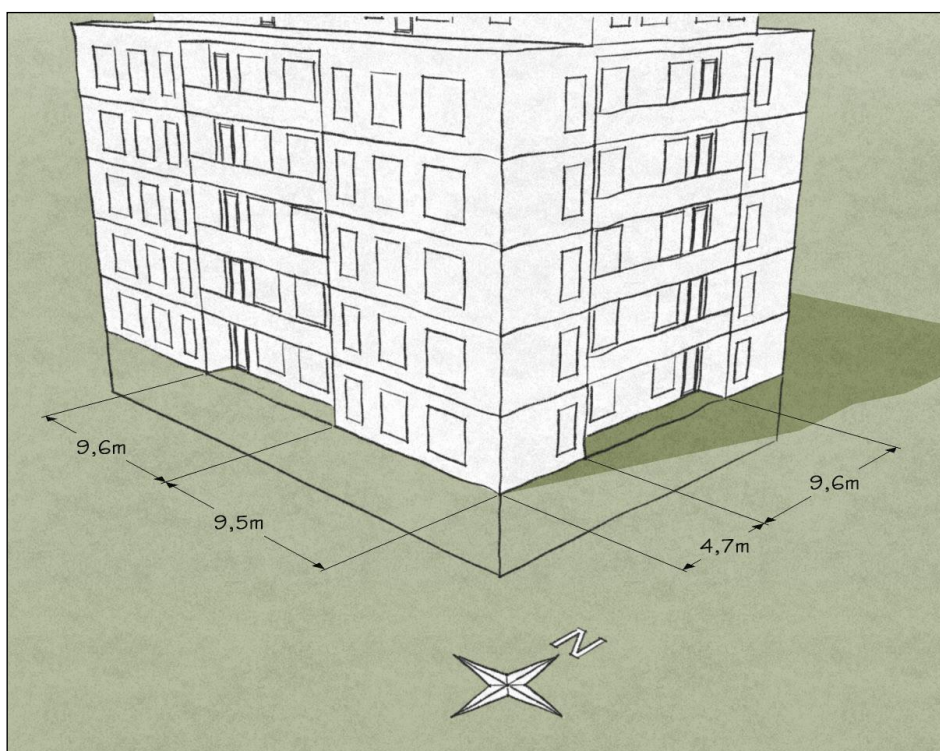
Skanska Xchange 197 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.11.6 Multi 26

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **105,8%** of the Reference House





**Description** The Reference House with 16 sets of 9,6 x 1,8 m withdrawn balconies, average non-column support, added.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	105,8 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	+5,8 %
Energy Use – Total	61,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	47,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,6 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,33 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	3 005,8 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	2 613,7 m <sup>2</sup>
Window Area	441,2 m <sup>2</sup>
Façade Area	1 682,4 m <sup>2</sup>
Envelope Area	2 843,8 m <sup>2</sup>
Volume	8 409,9 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,15
$A_w / A_f$	0,26
$A_f / A_l$	0,56
$A_e / A_l$	0,95
$V / A_e$	2,96

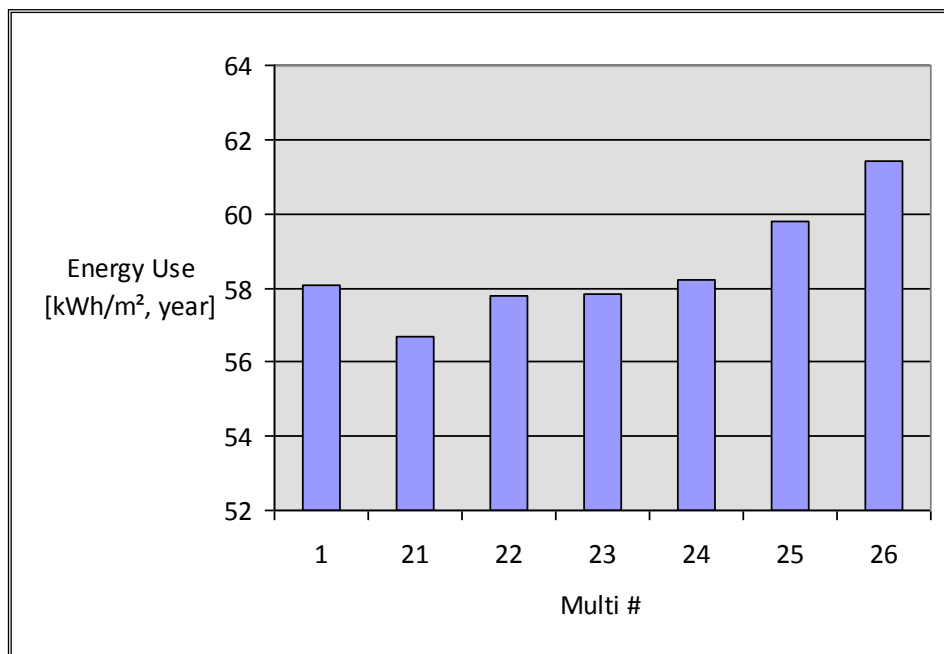
## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	33,4 %	Window	2,0 x 1,8 m	21
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
East	16,1 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10
South	34,4 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	10
		Window	1,0 x 1,8 m	13
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	12
West	16,1 %	Window	1,5 x 1,8 m	12
		Window	1,0 x 1,8 m	12
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	10



## 5.11.7 Relation

Application of various details to the Reference House has a rather big impact on the Energy Use



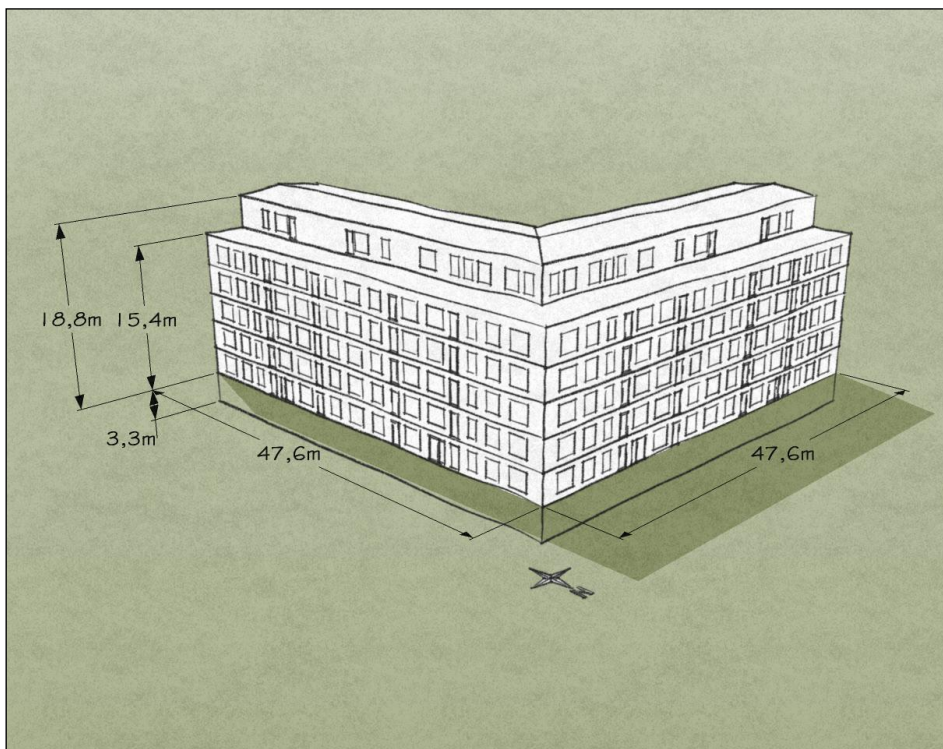
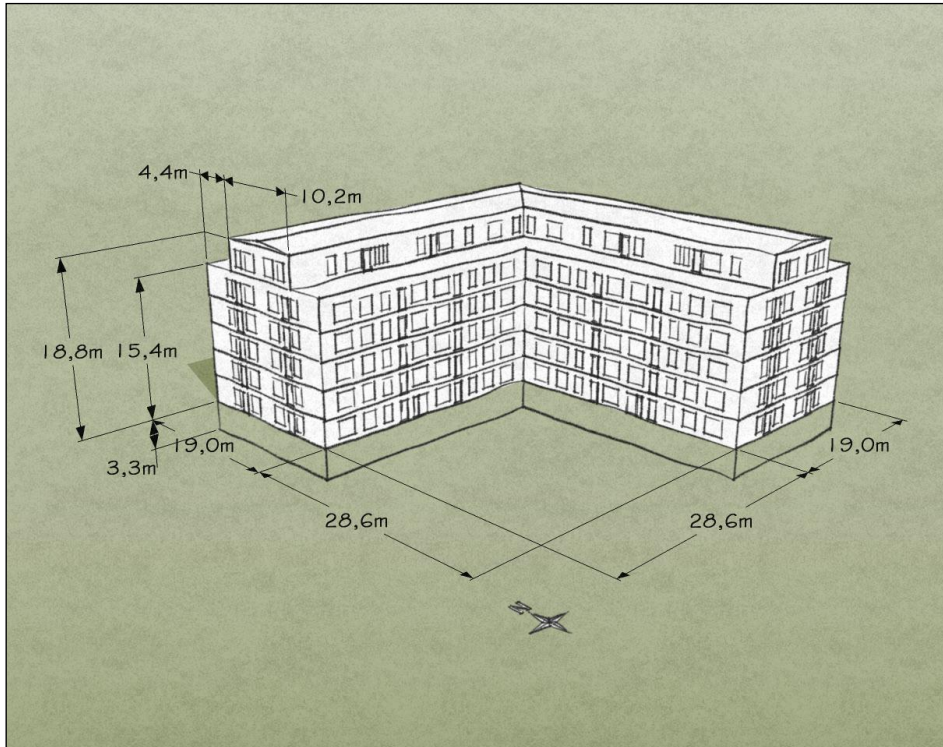
**Description:** Application of various details to the Reference House.

- Multi 1            The Reference House.
- Multi 21          The Reference House with the cellar subtracted.
- Multi 22          The Reference House with the penthouse subtracted.
- Multi 23          The Reference House with the penthouse replaced by a regular floor.
- Multi 24          The Reference House with 16 sets of 9,6 x 1,8 m balconies, average non-column support, added.
- Multi 25          The Reference House with four sets of bay windows added.
- Multi 26          The Reference House with 16 sets of 9,6 x 1,8 m withdrawn balconies, average non column support, added.

## 5.12 Complex

### 5.12.1 Multi 27

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **93,4 % of the Reference House**



**Description** An angled house. Basically two Reference Houses joined together by a square building component of 2 350 m<sup>2</sup> Living Area. Non-heated attic.

## Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	93,4 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-6,6
Energy Use – Total	54,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	40,2 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,32 W/m <sup>2</sup> K

## Architectural Measurements

Living Area	8 942,5 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	7 776,1 m <sup>2</sup>
Window Area	975,1 m <sup>2</sup>
Façade Area	3 064,2 m <sup>2</sup>
Envelope Area	6 212,5 m <sup>2</sup>
Volume	25 100,8 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,11
$A_w / A_f$	0,32
$A_f / A_l$	0,34
$A_e / A_l$	0,69
$V / A_e$	4,04

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	26,6 %	Window	2,0 x 1,8 m	36
		Window	1,5 x 1,8 m	22
		Window	1,0 x 1,8 m	15
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	22
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	2
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	2
East	26,6 %	Window	2,0 x 1,8 m	36
		Window	1,5 x 1,8 m	22
		Window	1,0 x 1,8 m	15
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	22
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	2
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	2
South	22,4 %	Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,5 x 1,8 m	22
		Window	1,0 x 1,8 m	26
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	22
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
West	22,4 %	Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1
		Window	1,5 x 1,8 m	22
		Window	1,0 x 1,8 m	26
		Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	22
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	1

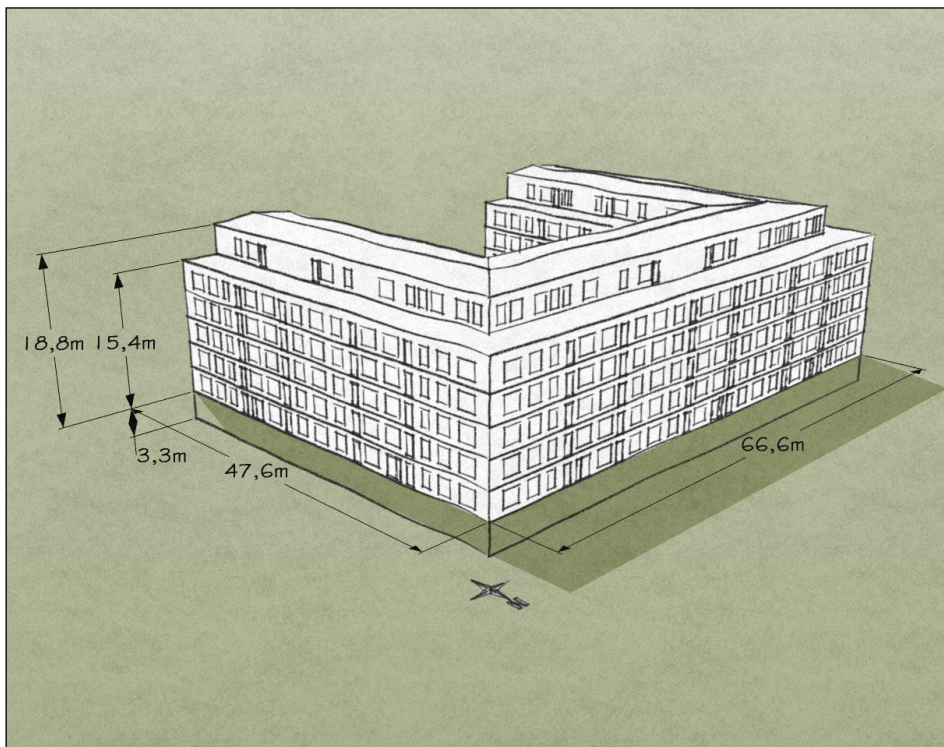
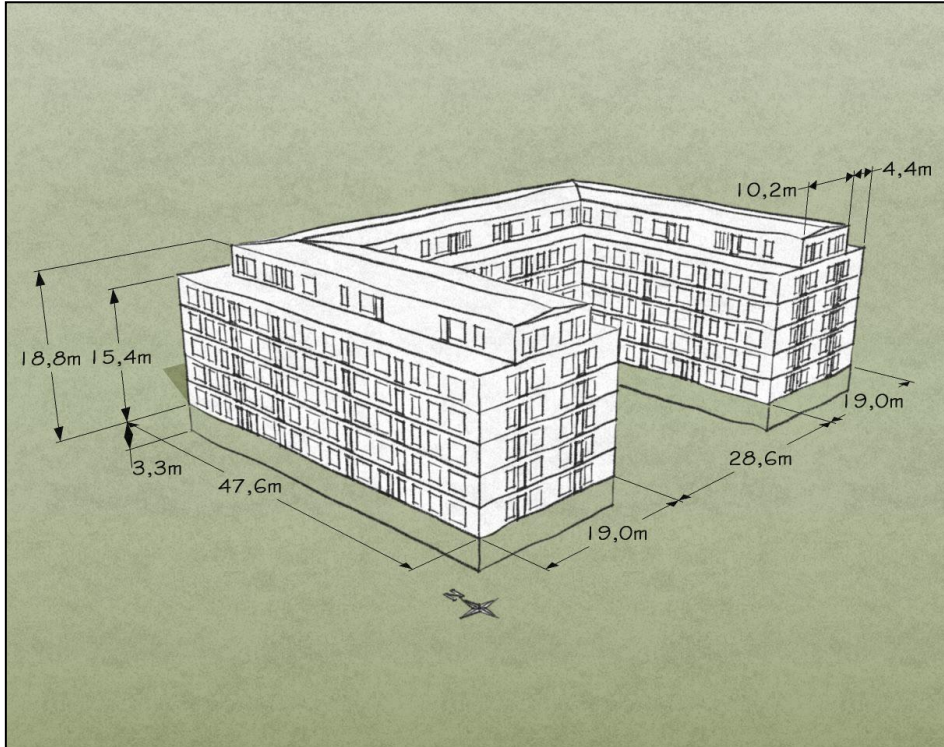
**SKANSKA**

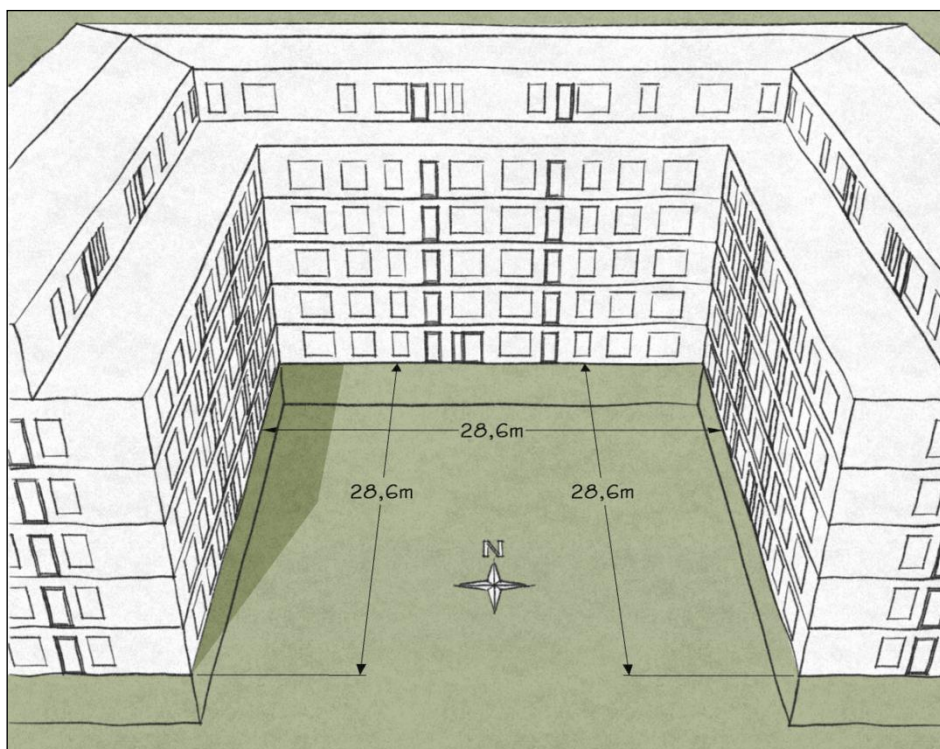
Skanska Xchange 205 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.12.2 Multi 28

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **91,2 %** of the Reference House





**Description** A U-shaped house. Basically three Reference Houses joined together by two square building components of 2 350 m<sup>2</sup> Living Area each. Non-heated attic.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	91,2 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-8,8
Energy Use – Total	52,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	38,9 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,32 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

Living Area	14 694,4 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	12 777,7 m <sup>2</sup>
Window Area	1 488,8 m <sup>2</sup>
Façade Area	4 383,5 m <sup>2</sup>
Envelope Area	9 498,1 m <sup>2</sup>
Volume	41 213,2 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,10
$A_w / A_f$	0,34
$A_f / A_l$	0,30
$A_e / A_l$	0,65
$V / A_e$	4,34

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	51
		Window	1,5 x 1,8 m	34
		Window	1,0 x 1,8 m	18
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	32
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3
East	28,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	58
		Window	1,5 x 1,8 m	32
		Window	1,0 x 1,8 m	29
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	34
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
South	19,0 %	Window	1,5 x 1,8 m	34
		Window	2,0 x 1,8 m	22
		Window	1,0 x 1,8 m	39
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	22
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	1
West	28,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	58
		Window	1,5 x 1,8 m	32
		Window	1,0 x 1,8 m	29
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	34
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3



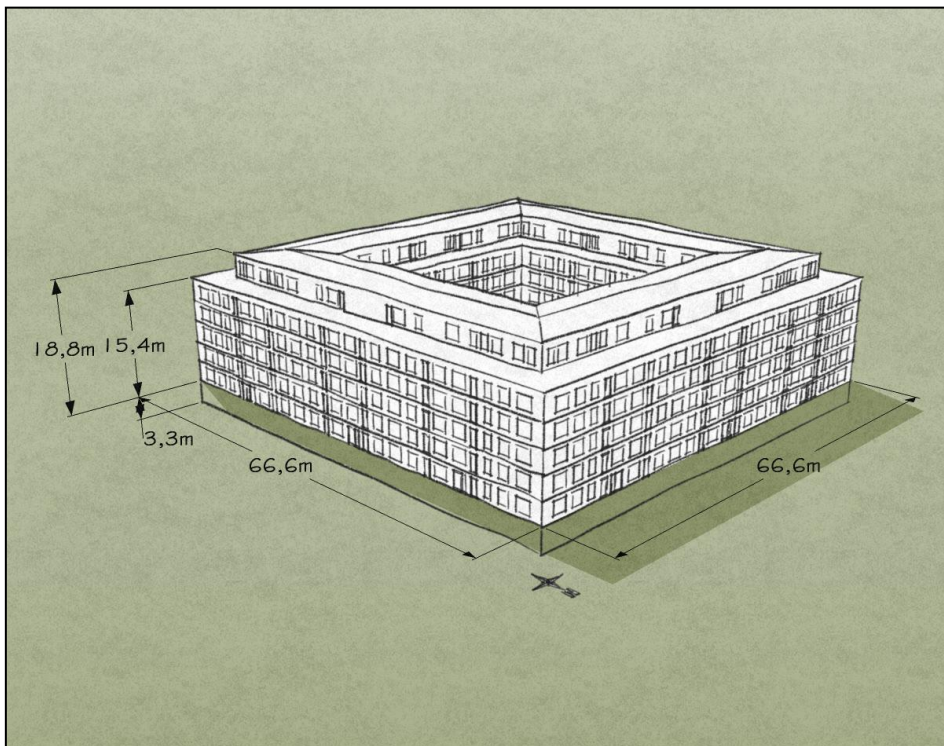
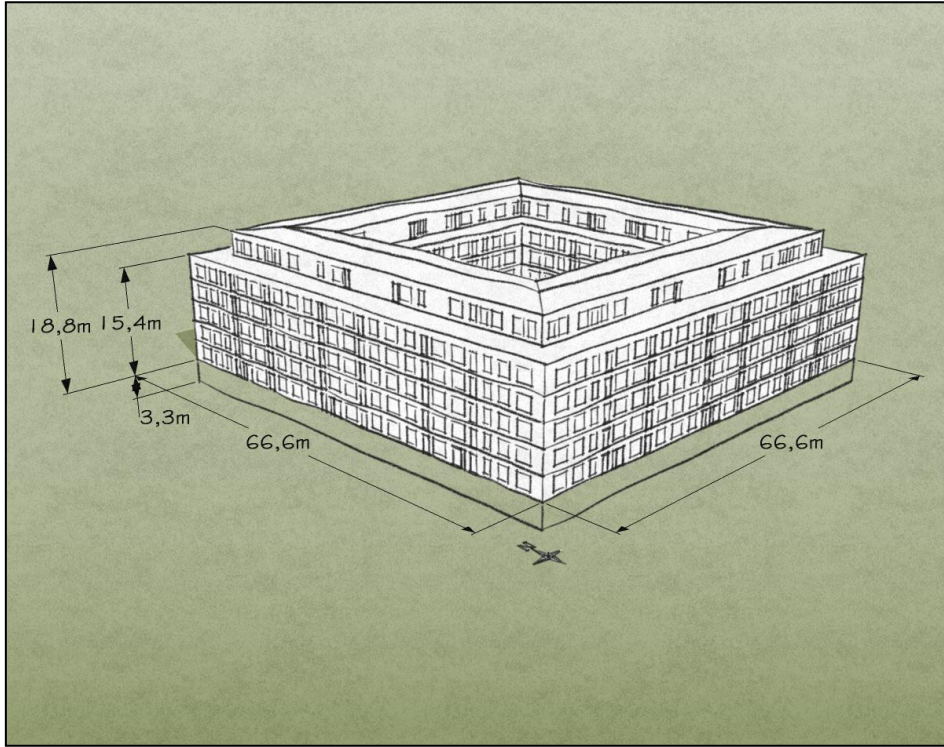
**SKANSKA**

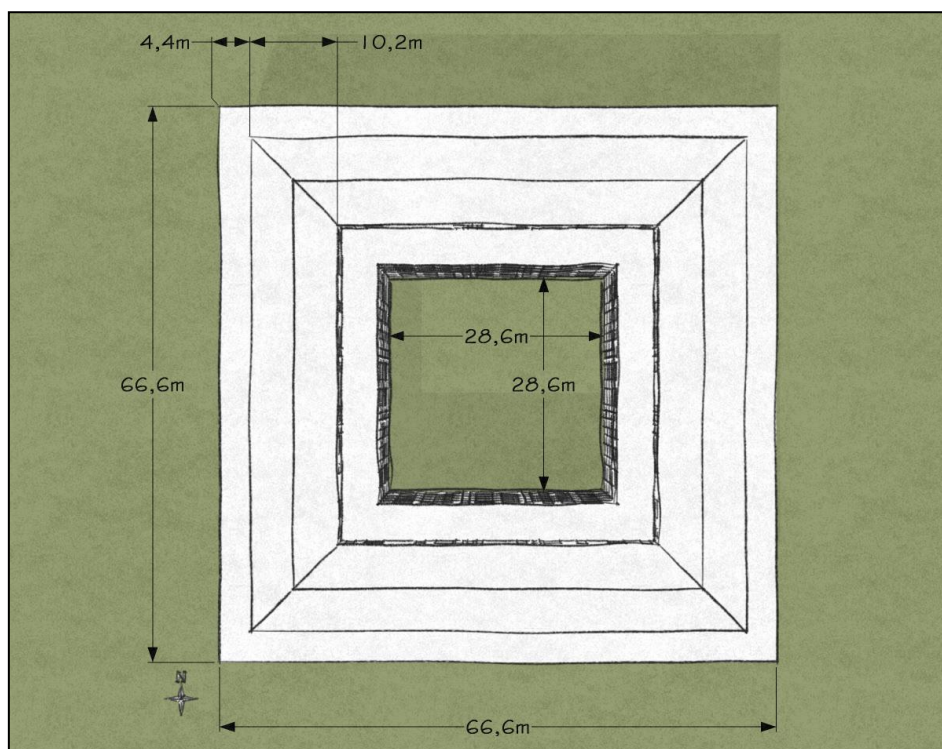
Skanska Xchange 209 (213)  
Center Residential

*Date:*  
2010-06-01

## 5.12.3 Multi 29

Energy Use [kWh/m<sup>2</sup>] **90,3 %** of the Reference House





**Description** A walled house with an inner courtyard. Basically four Reference Houses joined together by four square building components of 2 350 m<sup>2</sup> Living Area each. Non-heated attic.

### Energy Performance

Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage of <i>Multi 1</i>	90,3 %
Energy Use [kWh/m <sup>2</sup> ] – Percentage diversion from <i>Multi 1</i>	-9,7
Energy Use – Total	52,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Heat of <i>Total</i>	38,4 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Supplied Electricity of <i>Total</i>	8,7 kWh/m <sup>2</sup> , year
Energy Use – Other Supplied Electricity of <i>Total</i>	5,3 kWh/m <sup>2</sup> , year
U-value – Mean	0,31 W/m <sup>2</sup> K

### Architectural Measurements

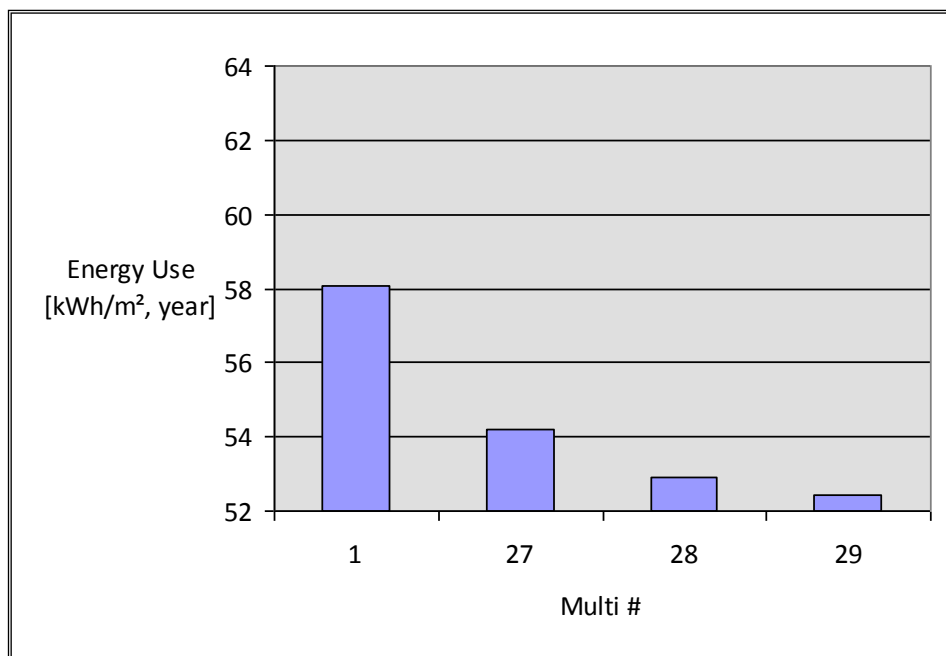
Living Area	22 581,6 m <sup>2</sup>
Sellable Living Area	19 636,2 m <sup>2</sup>
Window Area	2 108,6 m <sup>2</sup>
Façade Area	6 473,6 m <sup>2</sup>
Envelope Area	14 187,9 m <sup>2</sup>
Volume	63 384,6 m <sup>3</sup>
$A_w / A_l$	0,09
$A_w / A_f$	0,33
$A_f / A_l$	0,29
$A_e / A_l$	0,63
$V / A_e$	4,47

## Windows and Doors

<i>Orientation</i>	<i>Ratio of <math>A_w</math></i>	<i>Unit</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantity</i>
North	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	73
		Window	1,5 x 1,8 m	44
		Window	1,0 x 1,8 m	33
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	44
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3
East	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	73
		Window	1,5 x 1,8 m	44
		Window	1,0 x 1,8 m	33
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	44
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3
South	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	73
		Window	1,5 x 1,8 m	44
		Window	1,0 x 1,8 m	33
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	44
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3
West	25,0 %	Window	2,0 x 1,8 m	73
		Window	1,5 x 1,8 m	44
		Window	1,0 x 1,8 m	33
		Window	0,6 x 1,8 m	2
		Door	1,0 x 2,3; 0,8 x 2,1 m	44
		Door	1,3 x 2,3; 1,1 x 2,1 m	3
		Door	0,7 x 2,3; 0,5 x 2,1 m	3

## 5.12.4 Relation

Making the Reference House into complex houses has a big impact on the Energy Use



**Description:** The Reference House and three variations of the Reference House, made into a complex house.

- Multi 1            The Reference House.
- Multi 27           An angled house. Basically two Reference Houses joined together by a square building component of 2 350 m<sup>2</sup> Living Area.
- Multi 28           A U-shaped house. Basically three Reference Houses joined together by two square building components of 2 350 m<sup>2</sup> Living Area each.
- Multi 29           A walled house with an inner courtyard. Basically four Reference Houses joined together by four square building components of 2 350 m<sup>2</sup> Living Area each.