

# CHALMERS



## Ekonomi- och energioptimering av transmissionsförlusterna i ett punkthus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

IDA ÖBERG BÖRJESSON  
JENNIE EMANUELSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för Byggnadsteknologi  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2014  
Examensarbete 2014:36



EXAMENSARBETE 2014:36

# Ekonomi- och energioptimering av transmissionsförlusterna i ett punkthus

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

IDA ÖBERG BÖRJESSON

JENNIE EMANUELSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för Byggnadsteknologi*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2014

Ekonomi- och energioptimering av transmissionsförlusterna i ett punkthus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

IDA ÖBERG BÖRJESSON  
JENNIE EMANUELSSON

© IDA ÖBERG BÖRJESSON, JENNIE EMANUELSSON, 2014

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2014:36

Institutionen för bygg och miljöteknik  
Avdelningen för Byggnadsteknologi  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Bild av punkthuset på Tunnländsgatan, det är detta hus som används som typhus i projektet. Foto: Ida Öberg Börjesson 2014-05-02

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2014

Ekonomi- och energioptimering av transmissionsförlusterna i ett punkthus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

IDA ÖBERG BÖRJESSON

JENNIE EMANUELSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Bostäder behöver minska sin energianvändning, samtidigt som det måste vara lönsamt att bygga nytt. För att uppnå de energianvändningskrav riksdagen har satt upp måste fler bostäder med låg energiförbrukning byggas. Dock måste det finnas en balans mellan energibesparing och investering för att åstadkomma detta. Projektet syftar därför till att hitta denna optimering mellan energi och ekonomi.

Projektet, inklusive alla beräkningar, utgår ifrån ett och samma typhus. Detta typhus är ett punkthus som AB Tornstaden har byggt på Tunnländsgatan i Göteborg och har valts därför att de avser att bygga fler liknande hus. En ekonomi- och energioptimering av just detta hus var därför önskvärd. Punkthuset har sex våningar med lägenheter, där ytterväggarna är betongsandwichelement. Värmesystemet består av en bergvärmepump samt värmeåtervinning genom värmepumpar som hämtar energi i frånluften. Ventilationen sker genom ett frånluftssystem.

Under byggnationen av punkthuset har programmet för Miljöanpassat byggande i Göteborg följts. En litteraturstudie har gjorts med anledning av detta för att se om dessa krav har hämmat eller underlättat att bygga ett ekonomi- och energioptimerat punkthus. Även Boverkets byggregler redovisas för att kunna jämföra dessa nationella krav med de kommunala särkraven.

Syftet med projektet är att få fram ett ekonomi- och energioptimerat punkthus. Detta genom att titta på olika isoleringstjocklekar samt U-värden. Det är alltså främst en optimering av transmissionsförlusterna som sker. Projektet tittar på en 25-årsperiod och tar hänsyn till driftkostnad, utvecklingen av kilowattimmespriset och bergvärmepumpens livslängd.

Energiberäkningarna har genomförts hos GICON Installationsledning AB med hjälp av beräkningsprogrammet RIUSKA. Beräkningarna har gjorts i två steg. Första steget har typhuset som utgångspunkt och sedan har en byggdel i taget ändrats (grund, väggar, tak eller fönster). Detta för att se vilken del som ger störst förändring i energi- och investeringskostnad. I det andra steget kombineras beräkningarna, här sker alltså ändringar i flera byggdelar samtidigt.

Efter en analys av beräkningsresultaten har en slutsats om hur ett ekonomi- och energioptimerat punkthus ska se ut diskuterats fram. Detta punkthus är uppbyggt genom bättre tak och fönster, samt en tunnare vägg än typhuset. Taket består av 500 mm isolering, fönster har U-värde  $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  och väggen har U-värde  $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (utan köldbryggor), grundens isolering är den samma som på typhuset, 200 mm tjock. Denna kombination valdes då den hade både en låg energiförbrukning samt en låg investeringskostnad.

De nationella samt kommunala kraven inom resurshushållning samt beständighet har utvecklat byggnaden mot att bli mer ekonomi- och energieffektiv, medan riktlinjer inom miljöpåverkan och energihushållning inte har påverkat optimeringen alls. Detta är främst för att kraven är så pass lågt ställda att det varken blir utmanande eller särskilt svårt att leva upp till dem.

Nyckelord: punkthus, AB Tornstaden, energioptimering, ekonomioptimering, transmissionsförluster, RIUSKA

Economy- and energy optimization of transmission losses in a tower block

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

IDA ÖBERG BÖRJESSON, JENNIE EMANUELSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

## SUMMARY

Buildings, offices as well as apartments, need to reduce its use of energy, but at the same time it still needs to be profitable to build new houses. To reach the energy efficiency goals that the Swedish Parliament has set established, more buildings with lower energy consumption need to be built. Although a balance must be found between energy saving and the investment cost. The project therefore investigates where an optimization between energy and economy can be found.

The project, including all the calculations, is done on one particular type of house. This house is a tower block that AB Tornstaden is building on Tunnländsgatan in Gothenburg. This house was chosen because the plan is to build more houses like this one. An economy- and energy optimization is therefore desirable. The tower block consists of six floors with apartments, where the outer wall is made out of concrete sandwich panels. The heating system consists of a geothermal heating pump plus heating recovery through heating pumps that takes energy from the exhaust air. The ventilation is based on an exhaust air system.

During the construction of the tower block the program for ecofriendly construction in Gothenburg has been followed. Because of this, a literature study has been made to see if these requirements have inhibited or supported the construction of an economy- and energy optimized tower block. The construction rules from Boverket are also presented to be able to compare the national requirements with the municipal special requirements.

The purpose with the project is to obtain an economic- and energy optimized tower block. This is achieved through looking at different isolation thicknesses and U-values. It is therefore primarily an optimization of the transmission losses that will be done. The project studies a 25 year period and takes into account the operating costs, the development of cost per kilowatt-hour and the expected life-length of the geothermal heating pump.

The calculations have been implemented at GICON Installationsledning AB with help of the energy calculation software program RIUSKA. The calculations have been performed in two steps. In the first step the original house was the base and then one construction part at a time was changed (ground, walls, roof or windows). This is to see which part that changed the most in energy and investment cost. In the second step the calculations are combined, here multiple construction parts were changed at the same time.

After an analysis of the calculation results a conclusion of how an economic- and energy optimized tower block should look like has been concluded. This tower block is built with better roof and windows, but a thinner outer wall. The roof consists of 500 mm insulation, the windows have an U-value of 0,8 W/m<sup>2</sup> K and the wall has a U-value of 0,17 W/m<sup>2</sup> K (without thermal bridges), the ground insulation is the same as in today's tower block, 200 mm thick. This combination was chosen because it is the best combination of low energy consumption and investment cost.

The national and municipal requirements within resource management and durability have developed the building to be more economic- and energy efficient, while guidelines within environmental effect and energy efficiency have not affected the optimization at all. This is because the demands are too low, which makes it neither challenging nor particularly hard to meet them.

Key words: tower block, AB Tornstaden, energy optimization, economy optimization, transmission losses, RIUSKA



# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
SUMMARY	III
INNEHÅLL	V
FÖRORD	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	2
2 KRAV PÅ NYBYGGNATION	3
2.1 Nationella krav	3
2.1.1 Beständighet	3
2.1.2 Miljöpåverkan	3
2.1.3 Resurshushållning	4
2.1.4 Energihushållning	4
2.2 Programmet för miljöanpassat byggande i Göteborg	5
2.2.1 Beständighet	6
2.2.2 Miljöpåverkan	6
2.2.3 Resurshushållning	7
2.2.4 Energihushållning	8
3 PROJEKT TUNNLANDSGATAN	9
3.1 Teknisk beskrivning av punkthuset	9
3.1.1 Klimatskal	11
3.2 Ekonomi	12
4 BERÄKNINGSRESULTAT OCH OPTIMERING AV PUNKTHUSET	13
4.1 Förutsättningar utifrån typhuset	14
4.2 Energi- och ekonomiberäkningar av grunden	15
4.3 Energi- och ekonomiberäkningar av väggarna	17
4.4 Energi- och ekonomiberäkningar av taket	19
4.5 Energi- och ekonomiberäkningar av fönsterna	21
4.6 Kombinerade beräkningar	22
4.6.1 Sämsta respektive bästa alternativet	23
4.6.2 Ekonomi- och energieffektiva alternativ	25
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete 2014:36	V

5 ANALYS	27
5.1 Energiberäkningsprogrammet RIUSKA	27
5.2 Analys av prisinformationen	27
5.3 Analys av sämsta respektive bästa alternativet	27
5.4 Analys av kombinerade beräkningar	28
5.5 Analys av de nationella respektive kommunala kraven	29
6 SLUTSATS	31

## KÄLLFÖRTECKNING

## BILAGOR

Bilaga 1: Definitioner från BBR

Bilaga 2: Ritningar Tunnländsgatan

Bilaga 3: Beskrivning och indata Tunnländsgatan

Bilaga 4: Beräkningsresultat från RIUSKA för typhuset

Bilaga 5: Energi- och ekonomiberäkningar på grund, väggar, tak och fönster

Bilaga 6: Energi- och ekonomiberäkningar kombinerade alternativ

## Förord

Detta examensarbete är en del av vår utbildning på Byggingenjörsprogrammet och har skrivits på institutionen för Bygg- och miljöteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Projektet omfattar en litteraturstudie samt en beräkningsdel där målet är att få fram ett optimalt punkthus utifrån ett energi- och ekonomiperspektiv. Det har varit lärorikt att ta del av alla de krav som en nybyggnation styrs av samt se hur många olika sätt ett hus kan byggas på.

Denna rapport har arbetats fram i samarbete med AB Tornstaden. Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Therese Kilenstam och Staffan Waldenström på AB Tornstaden som har väglett oss och försett oss med material. Genom lärorika diskussioner har en bra slutsats arbetats fram tillsammans. Vi vill även tacka Karl Larsson på GICON Installationsledning AB som tog sig tid att hjälpa till och lära oss energiberäkningsprogrammet RIUSKA. Vi vill även rikta ett tack till vår handledare på Chalmers Tekniska Högskola, Ingemar Segerholm, som har hjälpt oss i arbetet med denna rapport samt väglett oss till andra sakkunniga på institutionen. Sist men inte minst vill vi tacka de materialtillverkare som ställt upp med information till denna rapport.

Tack!

Göteborg, maj 2014

Ida Öberg Börjesson, Jennie Emanuelsson



# 1 Inledning

Detta kapitel syftar till att ge en överblick av rapportens innehåll. Här redovisas bakgrunden till problemet samt syftet med projektet. Även vilka avgränsningar som gjorts och vilka tillvägagångssätt som använts för att nå ett resultat klargörs.

## 1.1 Bakgrund

I Sverige står bostäder för en stor del av energiförbrukningen och därför satsas det mer på lågenergihus. Riksdagen har beslutat att energianvändningen i bostäder och lokaler ska minska med 20 procent till år 2020 och år 2050 ska energianvändningen ha minskat med 50 procent, detta jämfört med 1995. Det finns även EU-direktiv som säger att alla nya byggnader, från och med 2021, ska vara nära-noll-energibygnader (Energimyndigheten, 2013). Dessa mål ställer stora krav på morgondagens bostäder som måste minska sin energianvändning, samtidigt som det fortfarande ska vara lönsamt att bygga nytt.

Det har gjorts många utredningar om hur en energieffektivisering under driftskedet hos en byggnad ska gå till, men även om tekniken idag finns är det ofta dyrt att bygga energieffektivt. Den ekonomiska aspekten glöms alltså ibland bort, trots att det oftast är ekonomin som styr i slutändan. Detta är anledningen till att projektet avser att titta på var det finns en balans mellan energi och ekonomi.

I samarbete med AB Tornstaden har ett aktuellt bostadsprojekt, ett punkthus, på Tunnländsgatan i Göteborg använts som typhus. Anledningen till att punkthuset har valts som typhus är för att AB Tornstaden i framtiden tänker att de ska bygga fler liknande hus. De vill därför undersöka om det finns möjligheter att energieffektivisera byggnaden utifrån ett ekonomiskt perspektiv.

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att redogöra för när en balans nås mellan energiförbrukning och ekonomi i klimatskalet i ett punkthus. Projektet syftar till att utifrån typhuset, titta på transmissionsförlusterna, genom att förändra isoleringstjocklekar och U-värden. Med utgångspunkt i detta ska ett optimalt hus som både sparar energi och förbättrar ekonomin tas fram. Projektet avser att titta på byggnaden under en 25-årsperiod för att ta hänsyn till driftskostnader, utvecklingen av kilowattimmespriset samt bergvärmepumpens livslängd. Projektet utreder även om dagens nationella och kommunala krav utvecklar eller hämmar att bygga ekonomi- och energieffektivt.

## 1.3 Avgränsningar

Projektet avgränsas mot typhuset på Tunnländsgatan, vilket innebär att planlösningar samt fönster- och dörrplacering kommer vara densamma under alla beräkningar. Geografisk placering kommer vara Tunnländsgatan i Göteborg och stomsystemet består av prefabricerade betongelement. Uppvärmningssystem samt ventilations-system kommer att avgränsas till de system som huset använder idag, bergvärme samt frånluftssystem. Beräkningarna utgår från att ändra transmissionsförlusterna. Projektet ämnar få fram ett hus med låg energiförbrukning, dock eftersträvas inte ett passivhus.

I kapitel 4, vid beräkningar av hur mycket investeringarna kostar, samt hur mycket pengar som går åt till den köpta energin har projektet avgränsats mot att ej ta hänsyn till om företaget belånar sig för att investera i ett bättre klimatskal och därmed behöver betala mer ränta på investeringen.

## 1.4 Metod

För att hitta rätt nivå och få inspiration i ämnet har en litteraturstudie gjorts. Studien har innefattat att titta på tidigare projekt och examensarbeten om energiförbrukning i bostäder, främst från Chalmers Tekniska Högskola men även från andra högskolor.

Under projekteringen och produktionen av punkthuset på Tunnländsgatan har programmet för Miljöanpassat byggande i Göteborg följts. Med anledning av detta har ytterligare en litteraturstudie gjorts. För att kunna jämföra dessa kommunala särkrav med de nationella kraven har även Boverkets byggregler analyserats.

Informationen om utformningen av punkthuset har hämtats från ritningsunderlag som AB Tornstaden delat med sig av. Ett studiebesök på Tunnländsgatan har även genomförts för att få en större förståelse för byggnadens utformning. Förklaringen om valet av klimatskal och uppvärmningssystem har fått genom handledningsmöten på AB Tornstaden. Prisunderlaget har dels fått från AB Tornstaden och dels genom kontakt med deras underleverantörer. NorDan AB och Hemmafönster Sverige AB har gett information om kostnader och U-värden gällande fönster. Ulricehamns Betong AB som producerar sandwichelement, har hjälpt till med priser samt väggutformningen som används i beräkningsdelen.

Vid framtagning av energiprisutvecklingen har Energimyndigheten kontaktats, där har Analysavdelningen hjälpt oss ta fram ett rimligt värde på hur många procent per år som energipriserna förväntas att höjas.

Beräkningarna som gjorts i projektet har genomförts med hjälp av programmet RIUSKA, detta genom handledning av GICON Installationsledning AB, som arbetar med att göra olika sorters energiberäkningar. Anledningen till att GICON Installationsledning AB kontaktades är att AB Tornstaden samarbetar med detta företag. I ett tidigare skede testades beräkningar i programmet IDA ICE, dock passade inte detta komplexa program projektet då det genomförde beräkningar med parametrar som projektet avgränsats ifrån. De parametrar som inte var relevanta i projektet försågs med ett standardvärde av programmet själv. Detta gjorde det svårt att veta vilka parametrar beräkningarna omfattade och därmed valdes istället programmet RIUSKA. RIUSKA är ett likvärdigt energiberäkningsprogram fast med färre parametrar, dock kan ändå de värden som fås fram anses vara trovärdiga.

Själva beräkningsdelen genomfördes i två steg. I det första steget skedde förändringar endast i en byggdel i taget, alltså grund, väggar, tak och fönster. Utifrån detta gick det att avgöra vilken del som påverkade energiförbrukningen respektive investeringen mest. I det andra steget gjordes kombinerade beräkningar där flera byggdelar ändrades samtidigt. De kombinationer som testades bestämdes i samråd med AB Tornstaden.

## 2 Krav på nybyggnation

Det finns många olika regler om hur en nybyggnation ska projekteras, byggas och förvaltas. Dels finns det nationella krav som Boverket har tagit fram, men det finns även olika kommunala särkrav. Byggherren måste följa alla dessa krav, men i de flesta fall så är de kommunala särkraven något strängare och blir därmed styrande. Detta projekt tittar främst på de krav som gäller beständighet, miljöpåverkan, resurshushållning och energihushållning då det är dessa krav som, utifrån projektets syfte, anses vara mest relevanta.

### 2.1 Nationella krav

Nationellt finns flera riktlinjer och krav för ett mer miljövänligt byggande, bland annat de 16 miljö kvalitetsmålen som bestämdes av riksdagen 2005 och ska vara uppnådda 2020. Det finns även Bygga-bo-dialogen som är ett samarbete mellan myndigheter och företag för att framför allt få fram hälsosamma inomhusmiljöer och effektiv energi- och resursanvändning (Fastighetsnämnden, 2009). I Sverige är det dock främst Boverkets Byggregler (BBR) och de europagemensamma Eurokoderna (EKS) som ställer de styrande kraven och det är härifrån riktlinjerna nedan är tagna.

#### 2.1.1 Beständighet

Enligt EKS ska den bärande konstruktionen antingen vara naturligt beständig eller byggas så att den skyddas tillräckligt för att upprätthålla bärförmågan under hela byggnadens livslängd. Det ställs även krav på att byggnaden ska vara lätt att underhålla för att kunna bevara beständigheten under hela byggnadens livslängd (EKS, 2011).

#### 2.1.2 Miljöpåverkan

Byggbranschen behöver arbeta för att reducera sin miljöpåverkan. Detta genom att minska energianvändningen och användningen av farliga ämnen och avfall (Boverket, 2009). Energikällan står för en stor del av miljöpåverkan, men med rätt val kan effekterna på miljön minskas. Det är viktigt att analysera hur energiförbrukningen ser ut i hela kedjan, så väl som vid tillverkning, installation och drift. Ur ett miljöperspektiv ska även transporter vägas in, en kort transport ger mindre utsläpp och därför bör möjligheten att köpa material från närområdet ses över.

För att få fram innehållet i olika produkter har olika miljöbedömningssystem byggts upp, bland annat:

- Byggvarudeklarationen som bedömer en byggvara för att minimera miljöriskerna, varorna får då en bedömning; de rekommenderas, accepteras eller undviks.
- Databasen BASTA har startats för att styra branschen informativt. Detta för att ta bort farliga ämnen ur byggvaror. Syftet med systemet är att informera och göra leverantörerna medvetna (Boverket, 2007).

### 2.1.3 Resurshushållning

Resurshanteringen inom byggbranschen har historiskt sett varit bristfällig, men utvecklingen har gått framåt, framför allt genom källsortering och smarta materialval. För att uppnå de krav EU ställer har Sverige satt upp egna mål; 2020 ska 70 procent av allt byggnads- och rivningsavfall kunna återanvändas, materialåtervinnas eller på annat sätt materialutnyttjas (Naturvårdsverket, 2012). Men en stor utveckling har redan skett eftersom källsortering och materialhantering nu beaktas redan i projekteringsskedet och i dagsläget återvinns cirka 50 procent av allt material. Entreprenören har ett ansvar att ställa krav på sina leverantörer, montörer och andra aktörer som är involverade i projektet, att minska deras miljöpåverkan. Inom detta område är även tekniken något som behöver utvecklas då det behövs lättare och bättre teknik för att kunna separera och sortera materialen (Naturvårdsverket, 2012).

### 2.1.4 Energihushållning

När beräkningar görs av byggnadens energibehov används *byggnadens specifika energianvändning* som visar på hur många kilowattimmar per kvadratmeter och år som behöver levereras till byggnaden. Detta innebär att byggnadens energianvändning (även kallad köpt energi), som består av uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi, fördelas på de invändiga areor där temperaturen ska värmas till mer än 10°C, så som våningsplan, vindsplan och källarplan. Denna area kallas  $A_{temp}$  och används alltså för att få fram byggnadens specifika energianvändning (Boverket, 2012). För Boverkets förklaringar se bilaga 1.

Det finns olika krav på byggnadens specifika energianvändning beroende på vart i Sverige fastigheten är belägen, då klimatet skiljer sig avsevärt. Boverket har därför delat in Sverige i tre klimatzoner; norra, mellersta och södra. Projektet på Tunnländsgatan, som denna rapport fokuserar på, befinner sig i den södra delen, alltså klimatzon III. Här är kravet på byggnadens specifika energianvändning 55 kWh/m<sup>2</sup> och år, detta eftersom byggnaden behöver elenergi till bergvärmepumpen. Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient, även kallat  $U_m$ -värde, får högst vara 0,4 W/m<sup>2</sup> K, dessa krav gäller för byggnader större än 100 m<sup>2</sup> (Boverket, 2013).

De krav som ställs är dels för att byggnadens energiförbrukning ska minska, men också för att uppnå ett behagligt inomhusklimat, vanligtvis satt till 21°C. Det finns inga krav på värmeåtervinning, men detta används ofta för att kunna nå upp till målen om energihushållning samt termisk komfort. De krav som finns på luftbehandlingsinstallationer är att de bör utformas så att energiförlusterna begränsas. Installationerna ska även vara lättillgängliga och utbytbara (Boverket, 2012).

Boverket har sagt att byggnaden kan anses ha en *låg energianvändning* om den specifika energianvändningen är högst 75 procent av kravet och om den högst är 50 procent av kravet kan byggnaden anses ha en *mycket låg energianvändning* (Boverket, 2013). Dessa benämningar används för att sätta olika miljöklasser på byggnaden.



Det är byggherren som har ansvar för att Boverkets Byggregler följs. I projekteringsstadiet ska beräkningar genomföras för att visa att byggnaden lever upp till de krav som finns i BBR. När byggnaden står klar ska levererade energimängder (antal kWh) kunna mätas under bruksskedet, så att en uppföljning kan ske. Nya byggnader ska även energideklarerars senast två år efter det att byggnaden tagits i bruk. En energideklaration innehåller värden på byggnadens energianvändning samt förslag på förbättringar som leder till en minskad energianvändning (Boverket, 2014).

## 2.2 Programmet för miljöanpassat byggande i Göteborg

I Sverige står produktion och förvaltning av byggnader för cirka 36 procent av energianvändningen och 40 procent av materialanvändningen (Fastighetsnämnden, 2009). Detta var bakgrunden när Fastighetskontoret, 2009, arbetade fram riktlinjer för ett mer miljöanpassat byggande av bostäder i Göteborgs stad. Dessa riktlinjer är kommunala särkrav och är menade att sikta högre än de nationella lagkrav som finns inom bostadsbyggandet. Dessa krav ska även vara speciellt anpassade efter de förutsättningar som finns i Göteborg. *Miljöanpassat byggande* är ett samarbete mellan fastighetskontoret, stadsbyggnadskontoret, miljöförvaltningen och Älvstranden Utveckling AB. En referensgrupp med bland annat kretsloppsrådet och företrädare från byggbranschen har använts för att få en förankring med branschen. När dessa riktlinjer arbetades fram låg fokus främst på att minska miljöpåverkan från byggnader under hela deras livstid, samt åstadkomma en kvalitetssäkring (Fastighetsnämnden, 2009).

Göteborgs program för miljöanpassat byggande blir aktuellt vid markanvisningsavtal. Då förbinder sig byggherren att följa de villkor som finns. Om intressenten kan visa att projektet kommer uppfylla kraven i programmet för miljöanpassat byggande överläter staden marken. Det är sedan viktigt att det finns en kontrollplan så att en uppföljning av programmet kan säkras under hela byggprocessen. Det är främst fastighetskontoret som ser till att byggherren följer riktlinjerna som finns inom projektering, produktion och förvaltning. I bruksskedet följer fastighetskontoret upp att byggherren klarar av att följa miljökraven i 5 till 10 år efter att byggnaden tagits i bruk, efter det är det upp till byggherren att ha satt upp en kvalitets- och miljöplan (Fastighetsnämnden, 2009).

Programmet för miljöanpassat byggande i Göteborg är uppdelat i sju sakområden. Dessa är:

- Beständighet
- Hälsa och inomhusklimat
- Miljöpåverkan
- Resurshushållning
- Bullerskydd
- Fuktskydd
- Energihushållning

Inom var och ett utav dessa sakområden finns speciella krav som ska följas i alla olika delar i byggprocessen; projektering, produktion och förvaltning. I denna rapport kommer främst kraven inom beständighet, miljöpåverkan, resurshushållning och energihushållning beaktas. Nedan beskrivs de olika krav som finns under varje sakområde. Informationen kommer från *Programmet för miljöanpassat byggande Göteborg* som är utgivet av Göteborgs stads fastighetskontor.

### **2.2.1 Beständighet**

En byggnad anses vara beständig när den har en lång livslängd, vad en lång livslängd innebär är dock inte definierat i programmet för miljöanpassat byggande, utan programmet hänvisar till standarden ISO 15686. Den bärande stommen ska vara beständig i sig eller skyddas av en välfungerande klimatskärm och vara lätt att underhålla. Installationer i en byggnad har nästan alltid en kortare livslängd än själva byggnaden. Detta medför att det måste vara lätt att underhålla och byta ut installationer för att kunna skapa beständighet. Utöver dessa riktlinjer ska kraven nedan följas.

Vid projektering ska dessa krav uppfyllas:

- Beständighet för alla byggnadsdelar ska eftersträvas
- Det ska finnas bra förutsättningar för att underhåll och service kan skötas
- Installationerna i byggnaden ska planeras så att de är lättåtkomliga, samt utbytbara

Under produktion ska dessa krav följas:

- Här ska en kontroll genomföras som ska visa på att förutsättningar för underhåll och utbyte är mycket goda

För sakområdet beständighet finns inga krav under förvaltningsskedet.

### **2.2.2 Miljöpåverkan**

Med miljöpåverkan menas den påverkan på miljön som byggnaden har dels under produktionstiden och dels under brukstiden. Enligt Göteborgs program för miljöanpassat byggande ska miljöpåverkan minimeras enligt vissa riktlinjer. Materialen som används ska vara lätta att återvinna och inte på något sätt vara skadliga för hälsan. De ska även väljas utifrån principen bästa möjliga miljö- och hälsoval. Det är viktigt att entreprenören ser till hela byggnadens livscykel redan i projekteringsstadiet för att skaffa sig kunskap om hur en minimering av miljöpåverkan ska ske. Dock ska det finnas en balans mellan det som är miljömässigt motiverat, tekniskt säkert och ekonomiskt rimligt. Förutom de riktlinjer som nämnts här finns det en del specifika krav som ska följas under projekteringen och produktionen.

Vid projektering ska dessa krav uppfyllas:

- Byggvarudeklarationen och miljövarudeklarationen ska användas vid material- och produktval
- Det ska finnas ett välfungerande val och riskbedömningssystem för att byggnaden ska utgöra minsta möjliga miljöbelastning
- BASTA-systemet ska användas vid produktval
- Inga utfasningsämnen ska användas
- Ingen koppar i tappvattensystemet ska användas

Under produktion ska dessa krav följas:

- Minimera etableringsytorna
- Säker hantering av avfall på arbetsplatsen

För sakområdet miljöpåverkan finns inga specifika krav under förvaltningskedet.

### **2.2.3 Resurshushållning**

I strävan mot att hushålla bättre med resurser ingår flera delar; bygg- och hushållsavfall, dricksvattenanvändning och återvinning av byggmaterial och komponenter. Det främsta målet under detta sakområde är att minska avfall och öka återvinningen och återanvändningen. Det är viktigt att ha med resurshushållning redan i projekteringskedet och eftersträva demonterbara konstruktioner för att underlätta återvinningen efter byggnadens brukstid. Under produktionen är det viktigt att det finns en plan för hur farligt avfall ska tas om hand och sorteras. Förutom det som redan nämnts finns specifika krav under projektering och produktion som ska följas.

Vid projekteringen ska dessa krav följas:

- Eftersträva att minska transportbehovet samt spill och avfall
- Planera såpass noggrant att måttbeställning är möjlig
- Planera för lättillgängliga avfallsutrymmen

Under produktionen ska dessa krav ses till:

- Eftersträva en optimal masshantering med minimal miljöpåverkan
- Ska finnas en plan för hanteringen av byggavfall

För sakområdet resurshushållning finns inga krav under förvaltningskedet.

## 2.2.4 Energihushållning

Målet med Göteborgs stad riktlinjer för energihushållning är att minska klimatpåverkan, utsläpp av växthusgaser och uttag av icke-förnyelsebar energi. För att kunna energihushålla krävs det att rätt teknik väljs och att effektiva lösningar prioriteras. Förnyelsebara energiresurser ska väljas i största möjliga mån. Vilken energiresurs som är miljömässigt korrekt är svårt att säga. Var nybyggnationen ligger samt hur omkringliggande byggnader ser ut har stor betydelse. Energianvändning är en viktig del att beakta; boende bör informeras hur de kan bidra med energibesparing och för entreprenören gäller det att välja en miljösmart energikälla. Ett livscykelperspektiv ska eftersträvas oavsett vem som ska förvalta byggnationen och genom detta tankesätt prioriteras miljön på rätt sätt. Installationer väger tungt i energihushållning och det är därför viktigt att se till byggnadens verksamheter och behov. Förutom riktlinjerna ovan finns ytterligare krav.

Vid projektering ska dessa krav uppfyllas:

- Beräkna den förväntade energianvändningen
- Den köpta energin får inte överstiga 45 kWh/m<sup>2</sup> och år, om energikällan huvudsakligen består av el och till exempel bergvärmepump används
- Klimatskalet ska anpassas för långsiktig energihushållning och placeringen av huset ska anpassas
- Uppmätning för installationer ska finnas
- Lägenheter ska förses med individuell mätning av tappvarmvatten och el

Under produktion ska dessa krav följas:

- Lufttätande skikt och värmeisolering ska kontrolleras där ökad risk för läckage finns
- Mätning av energiåtgång ska följas upp för att kunna minska åtgången vid produktion

Under förvaltning ska dessa krav följas:

- Redovisa energiåtgången under första året, och jämför med ställda krav

## 3 Projekt Tunnländsgatan

I detta kapitel beskrivs projektet på Tunnländsgatan och punkthusets uppbyggnad. Dessa värden är förutsättningarna för beräkningarna som följer i rapporten. Här beskrivs även vad som är viktigt i en nybyggnation ur ett ekonomiskt perspektiv.

### 3.1 Teknisk beskrivning av punkthuset

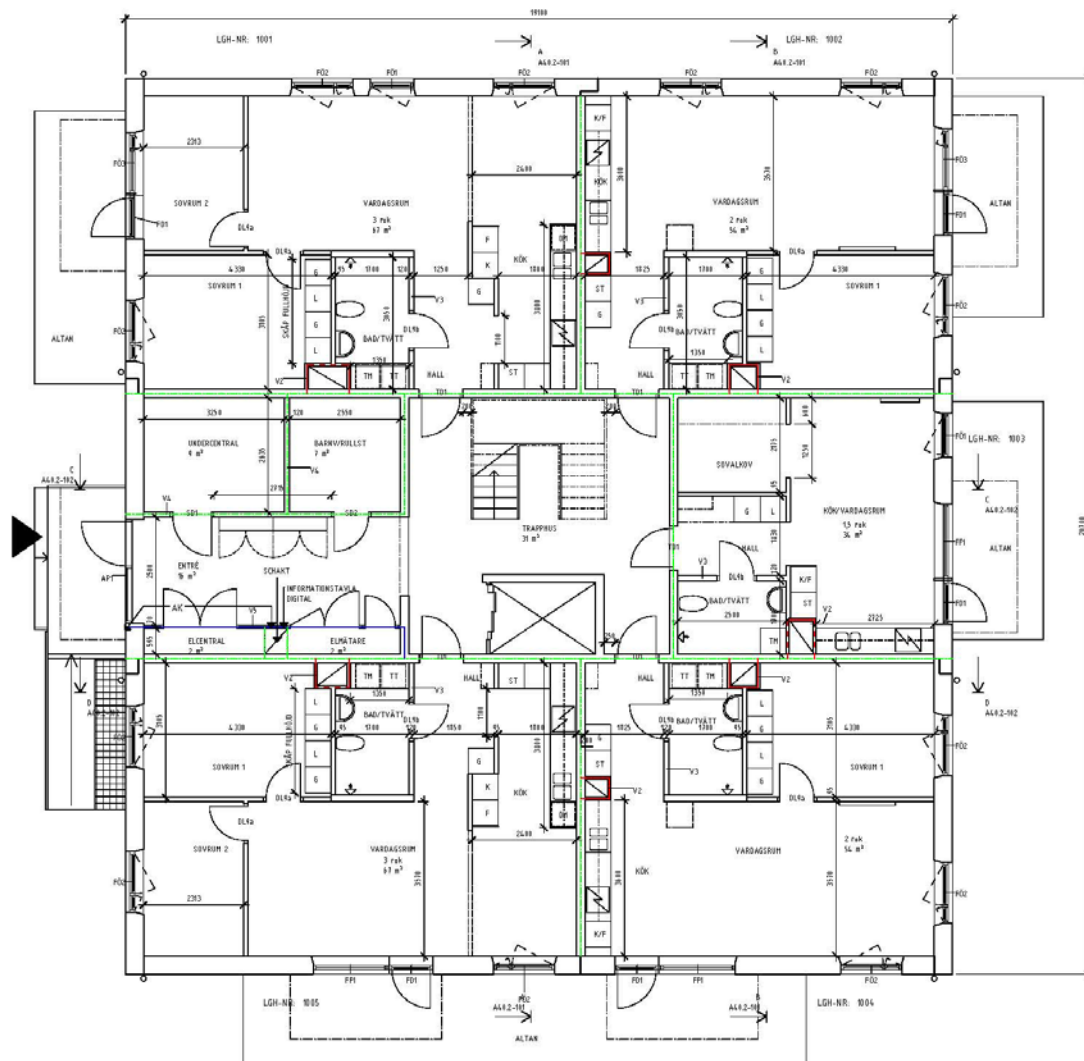
På Tunnländsgatan i Högsbo, Göteborg, bygger AB Tornstaden 124 lägenheter att förvalta som hyresrätter i egen regi. Lägenheterna är fördelade i tre nybyggnationer, två punkthus med 35 lägenheter vardera samt ett lamellhus med 54 lägenheter. De båda punkthusen är utformade på samma sätt och detta projekt kommer att studera ett av dessa hus.

De 35 lägenheterna är fördelade i sex våningsplan, plus en vind som är uppdelad i två våningsplan, den första med förråd och den andra med teknik till ventilationssystemet. Bottenplattan är 395 m<sup>2</sup> och i huset finns tre olika storlekar på lägenheter, där boendearean är fördelad enligt tabell 1.

Tabell 1 – Lägenhetsstorlekar och antal i punkthuset

Lägenhet [ROK]	Boende area [m <sup>2</sup> ]	Totalt antal i huset [st]
1,5:a	34	11
2:a	54	12
3:a	67	12

Varje våningsplan har samma planlösning bestående av två treor, två tvåor samt två ettor. På markplan är en lägenhet ersatt av entré och undercentral enligt figur 1, för fler ritningar se bilaga 2. Punkthus medför möjligheter till många fönster i alla lägenheter, vilket ger ljusa och trivsamma lägenheter samt uppvärmning med hjälp av solinstrålning. Samtliga lägenheter är rymliga, försedda med balkonger och bekvämligheter, så som tvättmaskin.



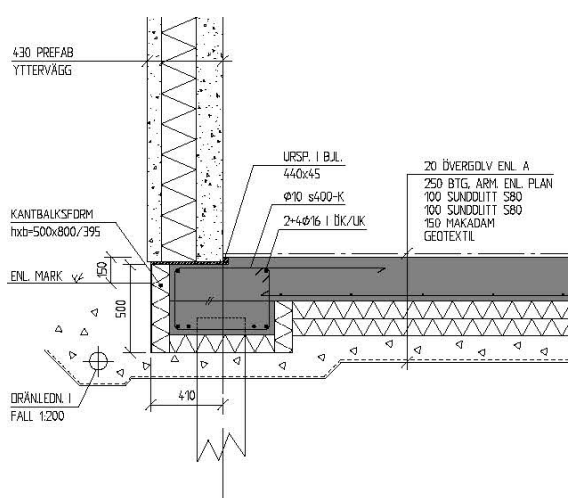
Figur 1 - Ritning entréplan (AB Tornstaden)

Uppvärmningssystemet på Tunnländsgatan består främst av bergvärmepumpar. Värmecentraler med värmepumpar är placerade i varje hus och om ytterligare värmetillskott behövs används elpatroner. Bergvärme ansågs som det lämpligaste valet då berg beräknades finnas på ett rimligt djup och energikostnaderna med ett fjärrvärmesystem ansågs på längre sikt bli för stora. Punkthuset har även ett värmeåtervinningssystem där värmepumpar hämtar energi i frånluften. Ventilationen i byggnaden består alltså av ett frånluftssystem. Detta system är enkelt och därmed relativt billigt, det är dock viktigt att rengöring av systemets komponenter samt regelbundna kontroller genomförs. För en närmare beskrivning av bergvärmepumpen samt ventilationssystemet se bilaga 3.

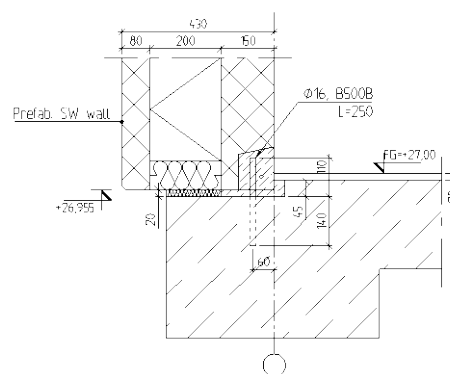
### 3.1.1 Klimatskal

När geotekniska undersökningar av platsen gjorts konstaterades att stödpålar behövdes för att grundläggningen ska hålla. Stödpålning sker till fast berg och pålarna som används är gjorda av betong. Grundplattan som vilar på stödpålarna är en platta på mark som i detta fall är 20,7 x 19,1 m. Grundplattan består av en 250 mm betongplatta samt 2 x 100 mm cellplast och därunder ligger makadam och en geotextil, se figur 2.

Punkthuset är uppbyggt av prefabricerade väggbetongelement där ytterväggarna är sandwichelement. Elementen är 430 mm tjocka och uppdelade i tre lager, först ytterskiktet på 80 mm betong, sedan 200 mm cellplast och sist ett innerskikt med 150 mm betong, se figur 3.



Figur 2 – Grundens uppbyggnad (AB Tornstaden)



Figur 3 – Väggens uppbyggnad (AB Tornstaden)

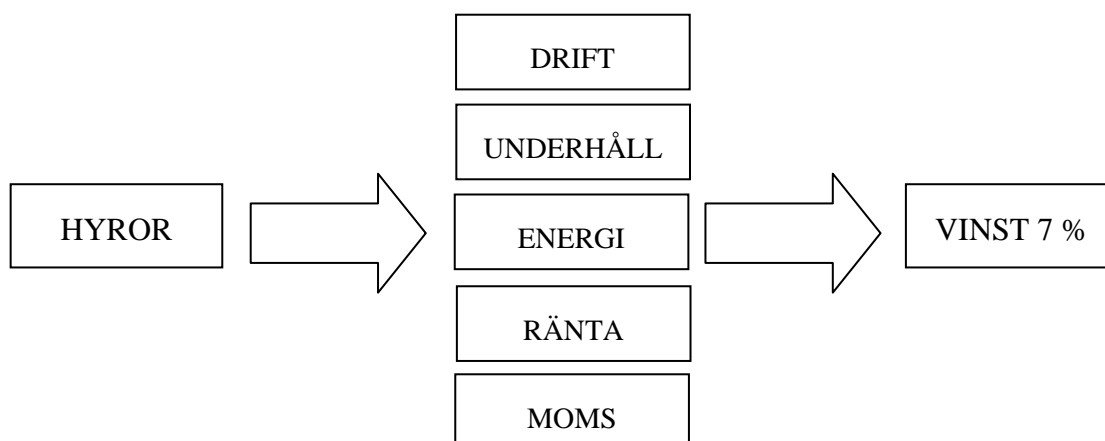
Under byggnationen av klimatskalet har taket varit en stor utmaning. Den branta taklutningen på 45° är ovanlig för ett flerbostadshus, för takritningar se bilaga 2. Detta har gjort att stora delar av taket byggdes på marken och lyftes sedan på plats för att underlätta för arbetarna. Taket är uppbyggt på standardvis, där en lösullsisolering på 395 mm har använts.

Fasaden består av cirka 12 procent fönster i fyra olika modeller. Modellerna varierar i storlek och öppningsmöjligheter. För nybyggnationer ställs höga krav på bullernivåer, vilket har lett till att "bullerfönster" använts. Kraven för buller beror på vilket typ av rum fönsterna sitter i. De samvaro- och sovrum, som vetter mot väg eller innergård, är försedda med bullerfönster. Punkthusets öppningsbara fönster har U-värden på 0,9 W/m<sup>2</sup>K och vissa fasta enheter går ner till 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Eftersom planlösningen på våningsplanen är den samma är fönsterna placerade likadant på alla våningsplan. Fasaden innehåller även två typer av dörrar, balkongdörrar samt entrédörren.

## 3.2 Ekonomi

Punkthuset på Tunnländsgatan består, som tidigare beskrivits, av en bärande betongstomme. Valet av denna stomme är erfarenhetsbaserat och då AB Tornstaden ville bygga långsiktigt och ekonomiskt föll valet på betong.

När ett byggföretag räknar på ett jobb är det främsta målet oftast att få ner kostnaderna så mycket som möjligt, så att ett lågt anbud kan läggas som i sin tur leder till ökade chanser att få det specifika byggjobbet. Men eftersom AB Tornstaden själva ska förvalta byggnaden har de sett till den investering de gör gentemot vad kostnaderna kommer att bli för drift, underhåll, energiförbrukning, ränta och moms. Detta gör att det är lättare att genomföra energiekonomiskt bra lösningar, då de själva tjänar på den extra investeringen eftersom delen köpt energi minskar, vilket i sin tur leder till att utgifterna för energiförbrukningen minskar. I figur 4 visas hur investeringen, gentemot kostnaderna för drift, underhåll, energi, ränta och moms ska ge en vinst på minst sju procent årligen, med hjälp utav de hyror fastighetsbolaget får in när de hyr ut lägenheterna. För att AB Tornstaden ska anse att det är värt att investera i en nybyggnation ska en vinst kunna säkras på minst sju procent, denna procentsats varierar mellan olika företag<sup>1</sup>.



Figur 4 – Beskrivning av investeringskalkyl inom byggbranschen

När en entreprenör köper upp mark av kommunen för byggnation av bostäder så betalar företaget dels för själva markytan som ska bebyggas, men också för varje våningsplan som ska bebos. Göteborgs kommun vill dock gärna att byggföretagen bygger hus med låg energiförbrukning. De säger därför att företaget endast behöver betala för den byggnadstekniska arean (BTA) plus en 300 mm tjock yttervägg. Om entreprenören sedan vill lägga på 150 mm isolering i väggen och då har 450 mm tjocka väggar så behöver de fortfarande bara betala för ytan som de 300 mm tjocka väggarna tar. När beräkningar i denna rapport genomförs kommer därför den extra isoleringen läggas på utsidan av husen. På så sätt kommer markpriset inte öka, samt att bostadsytorna blir desamma, och intäkterna på hyror påverkas därmed inte heller.

<sup>1</sup> Therese Kilenstam, AB Tornstaden, 2014-03-07



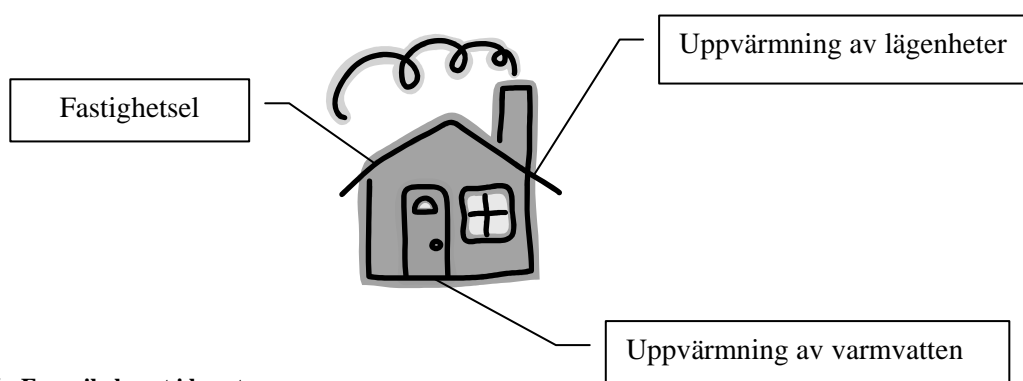
## 4 Beräkningsresultat och optimering av punkthuset

Beräkningarna genomförs med hjälp av energiberäkningsprogrammet RIUSKA, som är ett komfort- och energisimuleringsprogram. I programmet ritas en informationsmodell av projektet upp, med byggnadens geometri, väggar, fönster, installationer, placering med mera. Utifrån modellen kan beräkningar genomföras för olika geografiska platser under flera tidsperioder på året. Programmet kan användas för en mängd beräkningar; analyser av inomhusklimat, byggsystem och byggnadens energikonsumtion är bara några av de beräkningar som kan genomföras. Simuleringen tar hänsyn till många parametrar, bland annat väder, termisk belastning och internvärme (Granlund, 2014). Resultat för årlig energiförbrukning, temperaturer i olika rum samt värme- och kylbehov kan sedan tas fram med stor noggrannhet.

Beräkningarna kommer genomföras i två steg. I första steget kommer dagens punkthus att vara utgångspunkten, se tabell 2, förändringar kommer sedan ske i en byggnadsdel i taget (grund, väggar, tak och fönster) enligt tabell under respektive byggdel. Detta för att kunna studera varje del specifikt och se vilka delar som påverkar energin, respektive ekonomin mest. Resultaten av beräkningarna i första steget kommer att redovisas i två olika diagram. Det första diagrammet under vardera byggdel visar hur den köpta energin ökar i takt med att U-värdet ökar. Det andra diagrammet visar hur mycket de olika alternativen kostar varje år, investeringskostnad och kilowattimmeskostnad inräknad, gentemot typhuset. Beräkningarna från steg ett kan ses i bilaga 5.

När första steget av beräkningarna är genomförda kommer dessa värden analyseras. Därefter följer steg två där ett antal beräkningar kombineras med varandra för att ta reda på om ett bättre resultat kan uppnås. Från beräkningarna i steg två ska slutsatser kunna dras om hur isoleringstjocklekar och U-värden kan optimeras och om en balans mellan energiförbrukning, ekonomi och materialåtgång kan nås. Se bilaga 6 för beräkningssteg två.

När beräkningar gjorts på hur stor del köpt el som behövs i de olika fallen, har utgångspunkten varit fastighetselen plus all uppvärmning; alltså uppvärmning av varmvatten och uppvärmning av lägenheter, se figur 5. Detta då bergvärmepumpen dels används till att värma upp vatten och dels till uppvärmning av lägenheterna. Det är då viktigt att ha i åtanke när beräkningarna tolkas, att förändringar som görs endast ändrar transmissionsförlusterna. Det kan tillsynes ses som att förändringarna är små, då det ingår fler parametrar i uppvärmningen, men av transmissionsförlusterna är förändringsandelen stor.



Figur 5 - Energiförbrukningen i huset

## 4.1 Förutsättningar utifrån typhuset

Förutsättningarna för följande beräkningar är baserade på punkthuset på Tunnländsgatan, detta hus beskrivs i kapitel 3. De tekniska egenskaperna som huset har idag kan ses i tabell 2. Energiberäkningar på dagens punkthus hittas i bilaga 4.

Tabell 2 - Punkthusets utgångsvärden

	U-värde [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	Area [ $\text{m}^2$ ]	Isoleringstjocklek [mm]
Grund	0,12	343	2x100
Väggar	0,17	1218	200
Tak	0,11	624	395
Fönster/dörrar	0,9	292	-

Ovan visas två cirkeldiagram, det ena visar på hur stor del av byggnadens totala ytterarea som de olika byggnadsdelarna tar (diagram 1) och det andra visar på hur stor del av de totala värmeförlusterna som varje byggnadsdel står för (diagram 2). Diagrammen visar att väggar utgör nästan hälften av hela byggnadens ytterarea och står logiskt nog också för en stor del av transmissionsförlusterna. Dock är det fönsterna som står för den största andelen transmissionsförluster, detta fast fönsterna endast utgör 12 procent av arean, en förklaring till detta är den stora skillnaden i U-värde som kan ses i tabell 2.



Diagram 1 – Arefördelningen i procent (bilaga 4)

Diagram 2 – Värmeförlustfördelningen i procent (bilaga 4)

För att kunna jämföra beräkningarna endast utifrån transmissionsförlusterna kommer uppvärmningssystemet, ventilationssystemet, samt de geografiska förutsättningar vara desamma. Även internvärmerna kommer vara konstant, här har standardiserade branschvärden för respektive rum använts för att få fram trovärdiga beräkningar, se bilaga 3.

När den totala mängden köpt el beräknats har bergvärmepumpens verkningsgrad satts till 3,5. Detta innebär att för varje kilowattimme elenergi värmepumpen använder producerar den 3,5 kWh värme, se bilaga 3. Vidare i beräkningarna har en ökning av kilowattimmespriset på 2 procent per år antagits, detta värde anses vara rimligt även om prisutvecklingen är svår att förutsäga.

Projektet avser att studera en 25-årsperiod, detta har valts eftersom bergvärmepumpen antagligen bör bytas efter denna tidsperiod, vilket antagligen leder till en än mer effektiv och billig uppvärmning.

Priserna på produkterna som projektet redovisar är AB Tornstadens inköpspriser, vilket är priser exklusive moms. Detta gäller även kilowattimmespriserna som beräkningarna utgår ifrån, anledning till detta är för att kunna addera dessa värden. Vanligtvis talas det om energipriser inklusive moms eftersom när byggnaden är i bruk betalas all energi inklusive moms.

## 4.2 Energi- och ekonomiberäkningar av grunden

Grundplattan kommer variera mellan tre olika isoleringstjocklekar vid energi- och ekonomiberäkningarna, dessa räknas om till tre olika U-värden, se tabell 3. Dessa värden har bestämts i samband med handledning hos AB Tornstaden.

Tabell 3 - Grundplattans isoleringsalternativ

	Isoleringstjocklek [mm]	U-värde [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
Alternativ 1	300	0,09
Alternativ 2 (typhuset)	200	0,12
Alternativ 3	100	0,17

Hur energiförbrukningsförändringen blir när typhusets grund varierar mellan de olika alternativen kan ses i diagram 3. Skillnaden mellan 100 mm och 200 mm isolering genererar en större energivinning än skillnaden mellan 200 mm och 300 mm isolering. Grundens värmeledningsförmåga är dessutom större i kanterna än i grundplattans mitt, detta göra att vid stora byggnationer blir isolering mer betydelsefull i randzonen. Randzonen räknas 6 m från bottenplattans kant och inåt, stora byggnationer där golvkomforten inte spelar så stor roll isoleras därför mindre i bottenplattans mitt. Typhuset som detta projekt tittar på har dock såpass liten bottenplatta att samma isoleringstjocklek används över hela ytan.

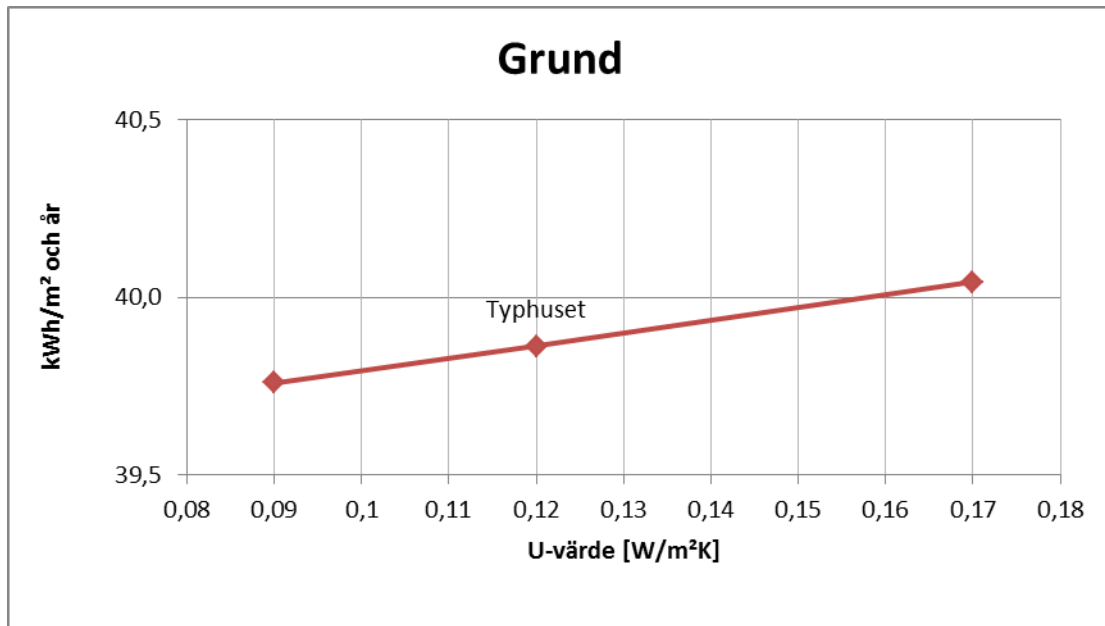


Diagram 3 – Energiförbrukningsförändring vid ändring av grunden (bilaga 5)

Det är relativt billigt med cellplast och det extra lagret kostar därmed inte så mycket, dock står grunden bara för 6 procent av de totala transmissionsförlusterna, se diagram 2, och ändringar i grunden påverkar därmed inte helheten så mycket. Diagram 4 visar att den bästa investeringen efter 25 år är alternativ 3, alltså grunden med 100 mm cellplast, dock blir detta en komfortfråga istället för en energiförbrukningsfråga. Golvet i lägenheterna på bottenplan måste ha en komfortabel golvtemperatur och detta blir då anledningen till att en isoleringstjocklek på 200 mm väljs istället.

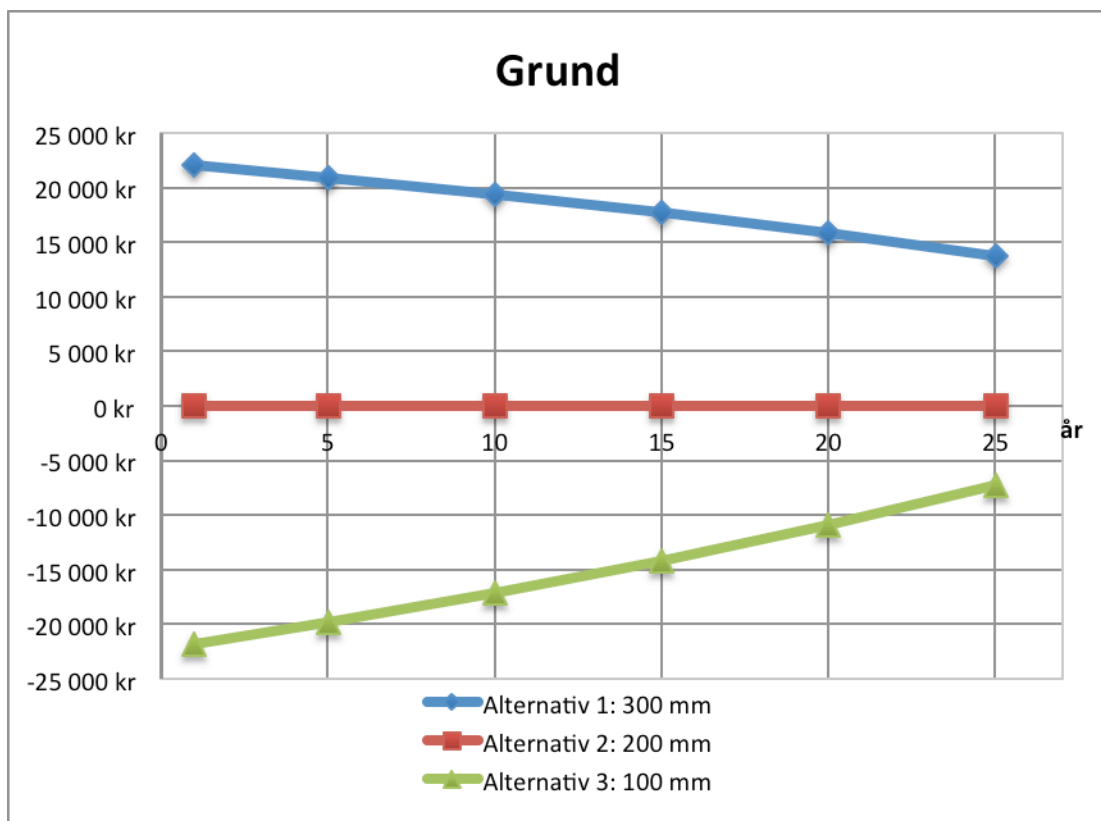


Diagram 4 - Grundens olika alternativ och dess kostnader gentemot typhuset under en 25-årsperiod (bilaga 5)

### 4.3 Energi- och ekonomiberäkningar av väggarna

Väggarna varierar i fem olika utformningar vid energi- och ekonomiberäkningarna, det behöver dock inte betyda att isoleringen blir tjockare även om U-värdet sänks, utan att ett bättre isoleringsmaterial använts, se tabell 4.

Tabell 4 – Väggarnas U-värden

	Isoleringstjocklek [mm]	U-värde utan köldbryggor [W/m <sup>2</sup> K]	U-värde med köldbryggor [W/m <sup>2</sup> K]
Alternativ 1 Isolering S80	260	0,14	0,154
Alternativ 2 Isolering grafit	210	0,14	0,154
Alternativ 3 Isolering S80 (typhuset)	235	0,15	0,17
Alternativ 4 Isolering S80	210	0,17	0,187
Alternativ 5 Isolering S80	180	0,20	0,22

För att komma så nära verkligheten som möjligt har köldbryggor lagts på beräkningarna. Med hjälp av ritningar över detaljer konstaterades, i samråd med GICON Installationsledning AB, att lägga på 10 procent på U-värdena för att då ta hänsyn till köldbryggor i väggarna, resultat på detta kan ses i tabell 4.

Två väggar med samma U-värde har valts, dessa hamnar på samma punkt i diagram 5, men väggarnas isolering är av två olika kvalitéer. S80-isolering respektive grafitisolering, där grafit är en isolering med sämre värmeledningsförmåga. Detta gör att tjockleken, men också priserna skiljer sig även om energiförlusterna är desamma. Denna prisskillnad syns tydligt i diagram 6. Grafit har endast använts som ett extra alternativ vid ett U-värde av 0,14 W/m<sup>2</sup>K. Detta då det ansågs som mest motiverande då väggens tjocklek med S80-isolering är som störst (se tabell 4). En vägg med bättre isolering kan vara önskvärd när hela bygglovet är utnyttjat, samtidigt som boarean ska behållas oförändrad. Då ställs en kalkyl upp där den extra investeringen vägg ställs mot hyresintäkter, detta är dock inget som tas hänsyn till i detta projekt, då ett antagande om att väggen kan breddas utåt har gjorts. En bättre isolering behöver dock inte alltid leda till en dyrare vägg. När U-värdet är så lågt som 0,14 W/m<sup>2</sup>K blir grafitisoleringen billigare, detta då väggen med S80-isolering blir såpass tjock att konstruktionen blir mer komplicerad och därmed mer kostsam.

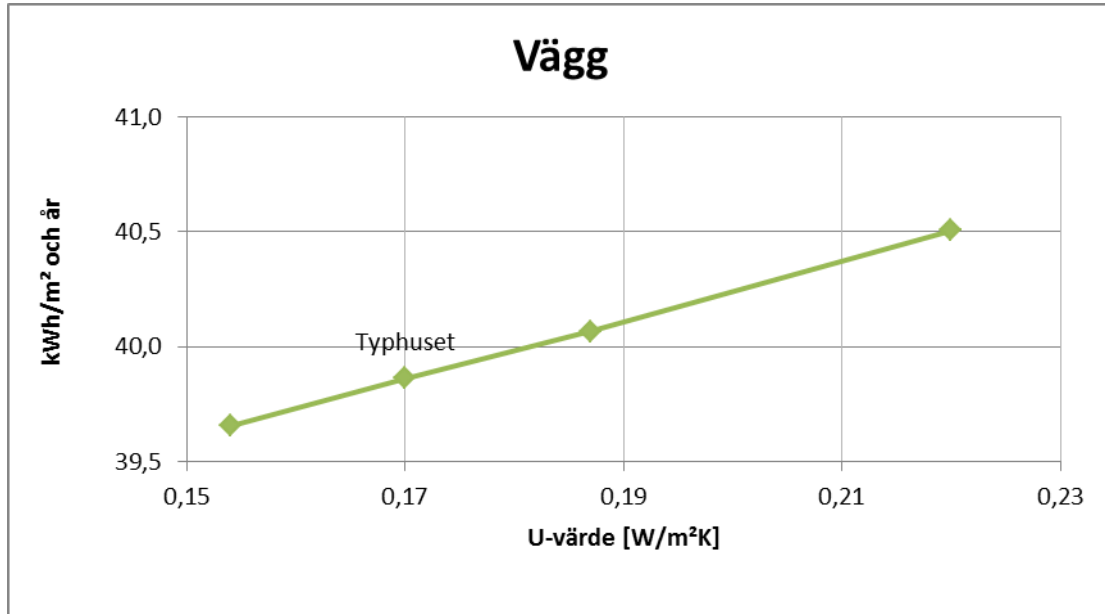


Diagram 5 – Väggens energiförbrukningsförändring (bilaga 5)

Diagram 6 visar att det händer mycket under en 25 års period, beroende på vilken vägg som väljs. Eftersom klimatskalet till mestadels är vägg, står denna byggdel för en stor del av transmissionsförlusterna (se diagram 1 och 2), en investering av en bättre vägg kan därför spara mycket pengar under drifttiden.

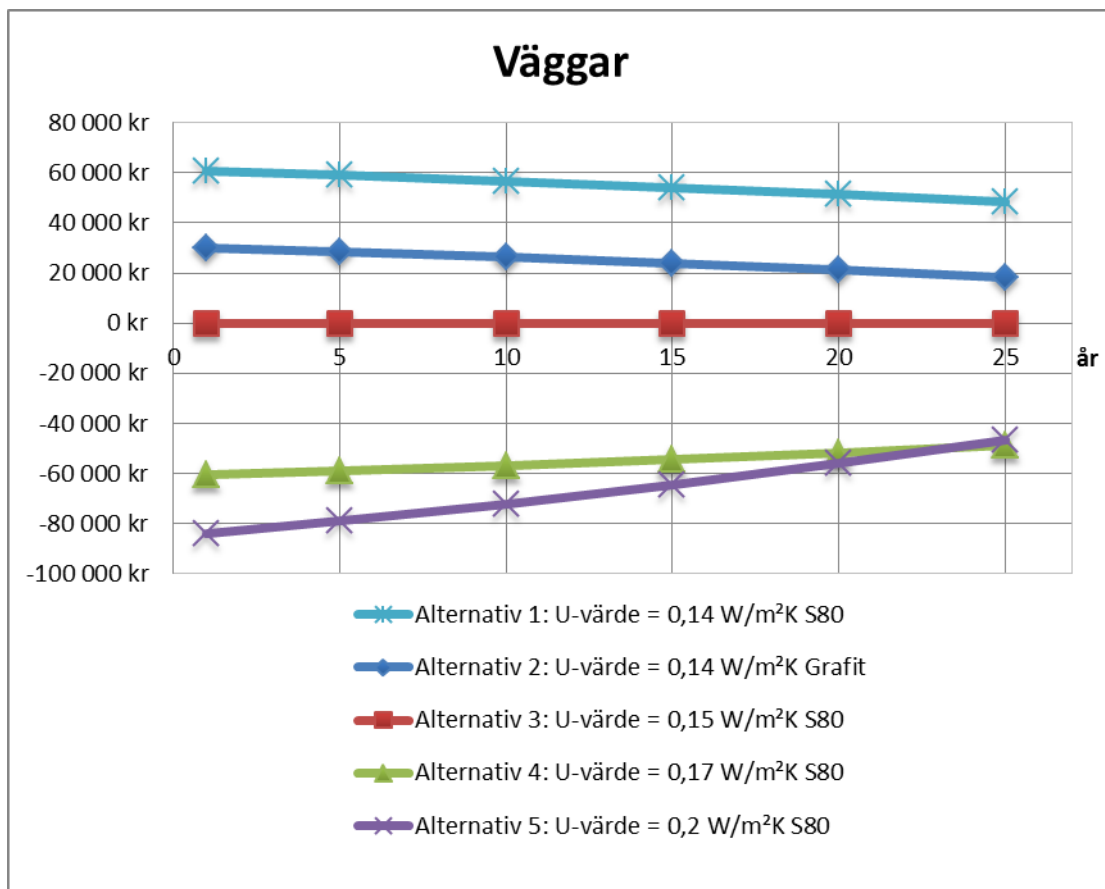


Diagram 6 – Väggarnas olika alternativ och dess kostnader gentemot typhuset under en 25-årsperiod (bilaga 5)

## 4.4 Energi- och ekonomiberäkningar av taket

Tillsammans med AB Tornstaden har fyra olika isoleringstjocklekar på taket bestämts. Dessa isoleringstjocklekar ger U-värden enligt tabell 5 och kommer att användas vid energi- och ekonomiberäkningarna.

Tabell 5 - Takets isoleringsalternativ

	Isoleringstjocklek [mm]	U-värde [ $W/m^2K$ ]
Alternativ 1	700	0,06
Alternativ 2	500	0,09
Alternativ 3 (typhuset)	395	0,11
Alternativ 4	300	0,15

Att förändra isoleringstjockleken i taket ger en del effekt, transmissionsförlusterna reduceras tydligt. Det hus som projektet tittar på har dessutom ett tak med stor lutning, vilket ger en stor takarea (se diagram 2) gentemot andra flerbostadshus. Detta gör i sin tur att taket påverkar andelen transmissionsförluster mer än vanligt. Hur energiförbrukningen ändras när de olika alternativen testats kan ses i diagram 7.

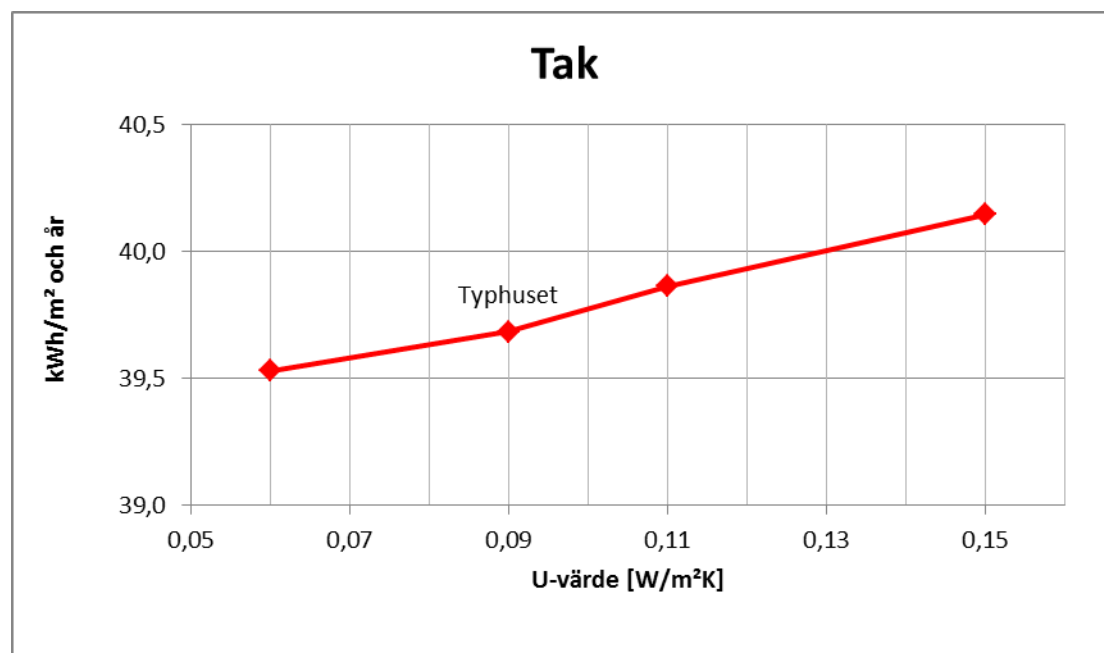


Diagram 7 - Takets energiförbrukningsförändring (bilaga 5)

Ett lågt U-värde och därmed liten värmeledningsförmåga eftersträvas alltmer i konstruktioner, detta ger mindre energianvändning, men det finns även nackdelar. Eftersom isoleringen blir allt tjockare ökar risken för kondens i materialet, detta genom att det blir ökad temperaturskillnad i isoleringen<sup>2</sup>. Detta är dock ett outforskat ämne och de studier som gjorts har främst beaktat materialval samt typ av vind. Någon studie på vilken den maximala tjockleken är, innan kondens riskeras finns dock inte. En annan negativ konsekvens av tjock takisolering kan vara att konstruktionen behöver förstärkas eller ändras på andra sätt. Enligt diagram 8 är inte heller den tjockaste isoleringen den mest optimala ur en ekonomi- och energisynpunkt, då den extra kostnaden som läggs på isolering inte är i närheten av att sparas in efter 25 år. Diagram 8 visar även att den isoleringstjocklek som används på Tunnländsgatan idag är bra. Som nämnts tidigare så utgår projektet ifrån att titta på en 25-årsperiod, även om huset kommer att stå betydligt längre.

Genom diagram 8 kan det tydas att både alternativ 2 och 3 har en låg energiförbrukning och är de bättre alternativen för tak, alternativ 4 har en hög energiförbrukning och är därmed ett sämre alternativ. Eftersom investeringsbesparingen dessutom är relativt liten i alternativ 4 bör något av de andra alternativen väljas.

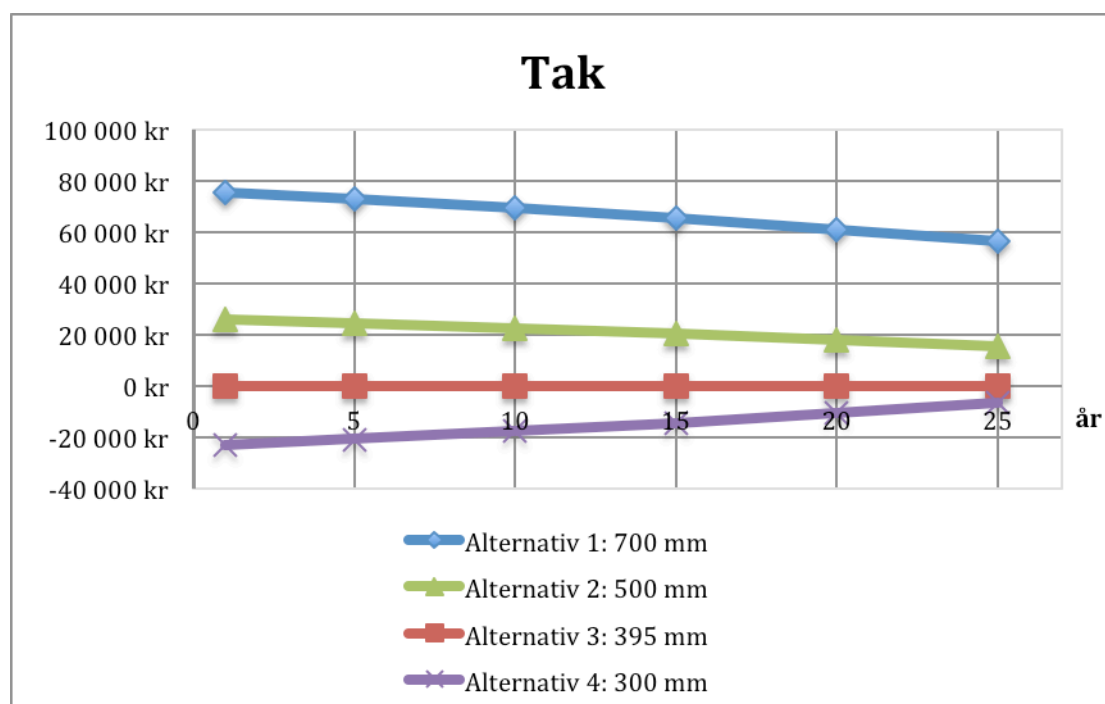


Diagram 8 – Takets olika alternativ och dess kostnader gentemot typhuset under en 25-årsperiod (bilaga 5)

<sup>2</sup> Tommie Månsson, Doktorand vid Bygg- och miljöteknik, Chalmers Tekniska Högskola, 2014-05-07



## 4.5 Energi- och ekonomiberäkningar av fönsterna

Vid energi- och ekonomiberäkningarna kommer fönsterna och balkongdörrarna beräknas ha samma värmegenomgångskoefficient. De kommer variera mellan tre olika U-värden, se tabell 6, medan entrédörren räknas som konstant då denna yta har en minimal påverkan på beräkningarna.

Tabell 6 - Fönsternas U-värden

	U-värde [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	G-värde [%]
Alternativ 1	0,8	34
Alternativ 2 (typhuset)	0,9	54
Alternativ 3	1,0	51

Viktigt ur beräkningssynpunkt är även G-värdet på fönsterna. G-värdet på fönster står för den andel solenergi som fönstret släpper igenom, och därmed hjälper till att värma upp rummet. Det är först på senare tid som G-värdet har tagits hänsyn till. Beräkningarna i denna rapport utgår ifrån U-värden och G-värden är satta därefter, underlag för dessa värden är hämtade från Hemmafönster Sverige AB och NorDan AB. Diagram 9 visar en liten tendens till att energiförbrukningsbesparingarna avtar, vilket kan ses som att den maximala besparingen kommer nås strax under ett U-värde av  $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ . Anledningen till att fler U-värden inte beräknats är att produkterna inte finns idag. Öppningsbara fönster och små fönster är svåra att få fram med låga U-värden. Enligt Hemmafönster Sverige AB har fönster förbättrats mycket de senaste åren och det sker en ständig utveckling av nya produkter med lägre U-värden.

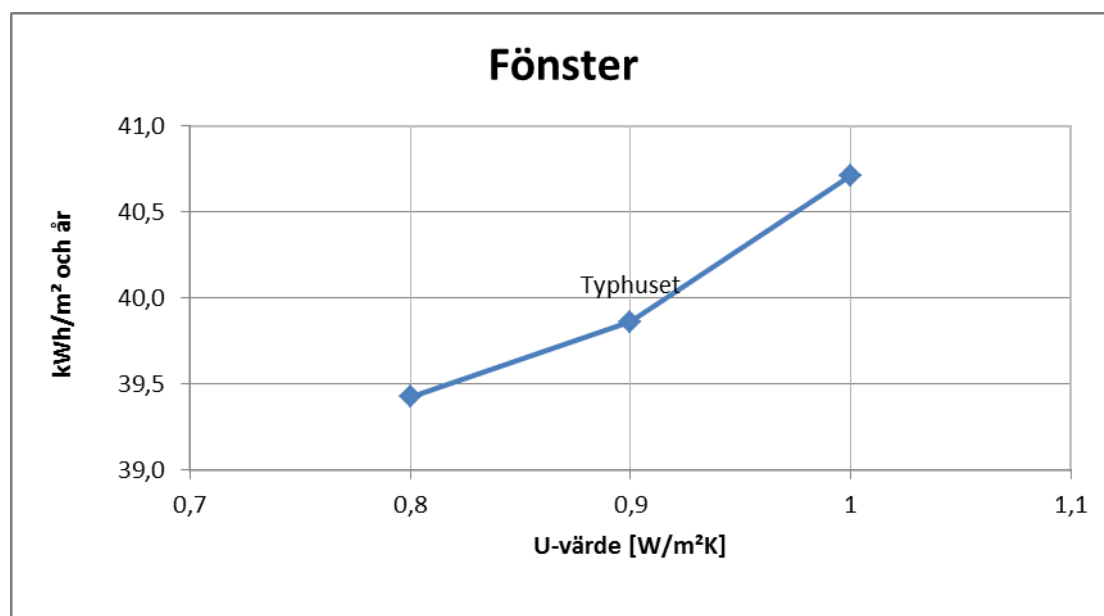


Diagram 9 - Fönsternas energiförbrukningsförändring (bilaga 5)

Som nämnts tidigare är fönster den byggnadsdel som står för störst mängd värmeförluster, trots att arean enbart utgör 12 procent av byggnadens ytarea (se diagram 1 och 2). Detta gör att en förbättring av fönsterna gör en väldigt markant skillnad i energiförbrukningen och investeringen behöver inte vara stor då det gäller relativt få produkter. Detta kan ses i diagram 10 där det visas att en investering i dyrare fönster med bättre U-värde lönar sig redan efter 12 år i insparade energikostnader.

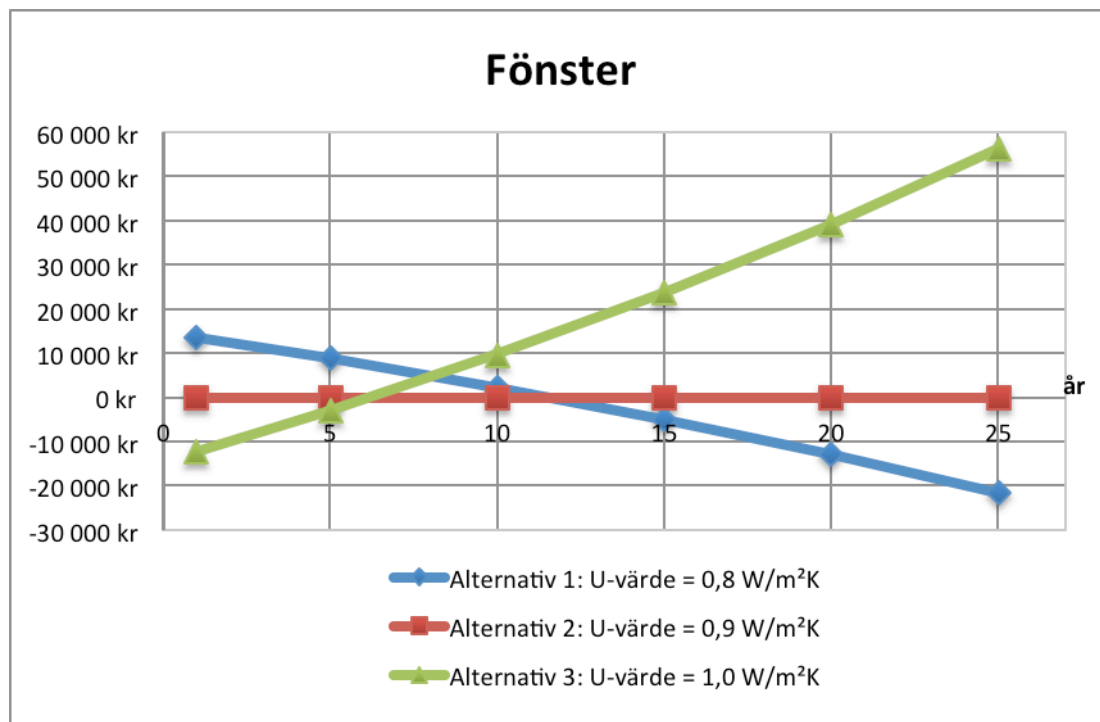


Diagram 10 - Fönsternas olika alternativ och dess kostnader gentemot typhuset under en 25-årsperiod (bilaga 5)

## 4.6 Kombinerade beräkningar

I de kombinerade beräkningarna kommer 12 olika alternativ testas, dock redovisas endast de alternativen med mest intressant resultat i rapporten. För resterande beräkningar samt värden se bilaga 6. De 12 alternativen är framtagna tillsammans med AB Tornstaden och utgår från att främst ändra fönster och väggar, eftersom dessa byggdelar står för den största delen av transmissionsförlusterna samt kommer att utvecklas mest. Vi antar alltså att dessa byggdelar om några år kommer vara både bättre och billigare. Det anses därför vara mest intressant att titta på hur olika kombinationer av väggar och fönster kan leda till en ekonomi- och energioptimerad byggnad. I de kombinerade beräkningarna kommer grunden utgå ifrån typhuset i alla beräkningar, utom i två då den sämsta respektive bästa kombinationen testas. Detta då en tjockare grund inte kan motiveras och en tunnare grund leder till komfortproblem. Takets värden kommer vara desamma som typhuset förutom i tre fall. Detta eftersom begränsningar på beräkningarna behövde göras och taket ansågs ha en bra ekonomi- och energieffektivitet redan idag.

### 4.6.1 Sämsta respektive bästa alternativet

För att få en uppfattning om hur investeringskostnaderna varierar redovisas alternativet med de sämsta respektive bästa U-värdena i varje byggdela i diagram 11. Det är även dessa kombinationer som har lägst respektive högst investeringskostnad. U-värden och isoleringstjocklekar kan ses i tabell 7.

Tabell 7 - Sämsta respektive bästa alternativets isoleringstjocklekar och U-värden

	Grund Isoleringstjocklek [mm]	Vägg U-värde (utan köldbryggor) [W/m <sup>2</sup> K]	Tak Isoleringstjocklek [mm]	Fönster U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
Sämsta	100	0,20	300	1,0
Typhuset	200	0,15	395	0,9
Bästa, Grafit	300	0,14	700	0,8
Bästa, S80	300	0,14	700	0,8

Att välja det sämsta U-värdet på alla byggnadens delar ger en mycket lägre investeringskostnad gentemot dagens typhus, detta kan ses i diagram 11. Efter 22 år har den besparing som gjordes i början försvunnit på grund av högre energikostnader. Byggnadens specifika energianvändning blir i det sämsta fallet 41,84 kWh/m<sup>2</sup> och år och detta uppfyller både de nationella och kommunala kraven som ställs på nybyggnationer. Däremot drar detta alternativ hela 6 441 kWh per år mer än typhuset och är inte bra om en långsiktig energihushållning ska kunna säkras.

Om de bästa U-värdena istället väljs fås en hög investeringskostnad, se diagram 11. Att välja detta alternativ är svårt att motivera då den extra investeringen inte tjänats in på 25 år, och inte förrän efter cirka 45 år kommer investeringen att vara intjänad genom mindre energiförbrukning. Som kan ses i diagram 11 är S80-isoleringen dyrare än grafitisoleringen och det är orimligt att välja S80-isolering, oavsett hur bygglovet ser ut. Denna kombination uppnår kraven för byggnadens specifika energianvändning (för förklaring se kapitel 2.1.4) med marginal, värdet är 38,31 kWh/m<sup>2</sup>. Det bästa alternativet drar dessutom 3 429 kWh per år mindre än typhuset, vilket visar att det är ett bra klimatskal för att främja en långsiktig energihushållning.

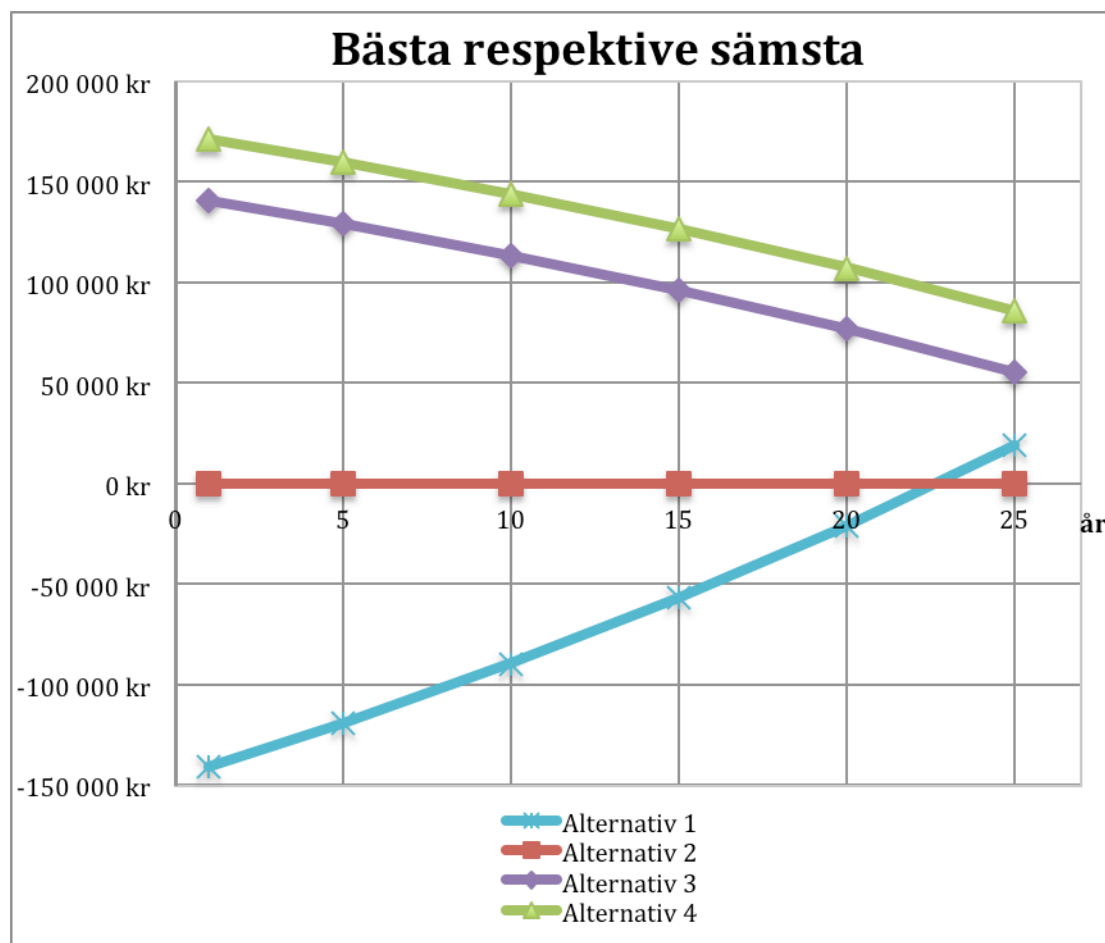


Diagram 11 - Bästa respektive sämsta alternativen och dess kostnader gentemot typhuset under en 25-årsperiod (bilaga 6)

## 4.6.2 Ekonomi- och energieffektiva alternativ

Utöver det bästa respektive sämsta alternativet har tre andra alternativ valts ut för att redovisas, tillsammans med AB Tornstaden, se tabell 8. Dessa alternativ har valts ut för att de ansågs som bra alternativ gentemot typhuset och visar på olika kombinationer som ger ett bra resultat ur ett ekonomi- och energiperspektiv. Resterande beräkningar redovisas i bilaga 6.

Tabell 8 - De kombinerade alternativens isoleringstjocklekar och U-värden

	Grund Isoleringstjocklek [mm]	Vägg U-värde (utan köldbryggor) [W/m <sup>2</sup> K]	Tak Isoleringstjocklek [mm]	Fönster U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
Typhuset	200	0,15	395	0,9
Alternativ 5	200	0,17	500	0,8
Alternativ 7	200	0,17	395	0,8
Alternativ 8	200	0,14 (grafit)	395	0,8

- **Alternativ 5:** Alternativ 5 har, utifrån typhuset, bättre fönster och tak enligt tabell 8. Som kan ses i diagram 12 är detta ett väldigt bra alternativ då investeringskostnaden är lägre än typhusets samtidigt som energiförbrukningen minskar. Anledningen till detta är att alternativet har en något sämre vägg än typhuset och eftersom det är många kvadratmeter vägg så gör en liten skillnad på kvadratmeterpriset en stor skillnad på hela projektet. Den extra investering som läggs på fönster och tak är alltså inte lika stor som den besparing som görs i att bygga med en något sämre vägg. Denna kombination är lönsam från dag 1 och dessutom görs en årlig energibesparing gentemot typhuset. I bilaga 6 kan läsas att denna kombination drar 1 171 kWh mindre än typhuset per år.
- **Alternativ 7:** I denna kombination, alternativ 7, är fönsterna bättre medan väggen är något sämre, både grunden och taket är desamma som typhusets, se tabell 8. Detta alternativ ger en låg investeringskostnad vilket kan vara viktigt att ha vid förhandlingar om ett jobb, anledningen till detta är desamma som i alternativ 5. Den besparing som görs när en sämre vägg används är såpass stor att den extra investeringen i bättre fönster inte märks nämnvärt. I diagrammet, samt i bilaga 6, kan ses att alternativ 7 har en högre energiförbrukning än alternativ 5. Alternativ 7 drar endast 669 kWh mindre än typhuset per år. Detta gör det till en mer kortsiktig kombination än alternativ 5.

- Alternativ 8:** I alternativ 8 är både väggar och fönster bättre, medan grund och tak är desamma som typhusets, se tabell 8. Detta är en investering som betalar igen sig efter ungefär 22 år, se diagram 12. Den extra investeringskostnad som läggs i vägg och fönster tjänas alltså in efter en ganska kort tid om hela byggnadens livslängd beaktas. Ett bra alternativ då antagligen både priserna på fönster och vägg kommer sjunka med tiden och den extra investeringen blir då lägre. Den branta lutningen nedåt på linjen tyder på en väldigt stor årlig energibesparing, vilket bekräftas i bilaga 6 där det kan läsas att denna kombination drar 2 091 kWh mindre än typhuset varje år.

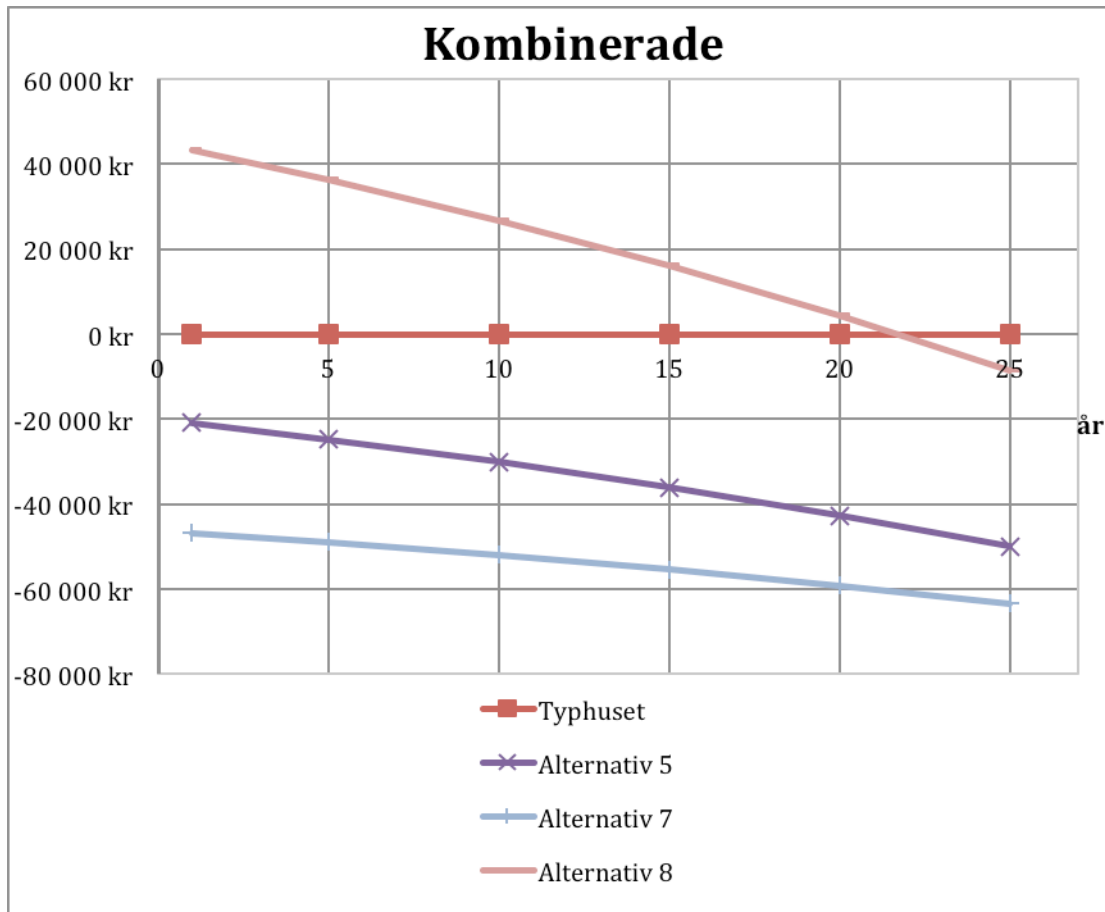


Diagram 12 – De tre kombinerade alternativen och dess kostnader gentemot typhuset under en 25-årsperiod (bilaga 6)

## 5 Analys

I detta avsnitt utvärderas energiberäkningsprogrammet RIUSKA samt informationen om priserna på de olika byggdelen. Därefter analyseras de resultat som redovisas i kapitel 4. En analys om de nationella respektive kommunala kraven har hämmat eller utvecklat bostadsbyggandet mot en ekonomi- och energioptimering görs även.

### 5.1 Energiberäkningsprogrammet RIUSKA

Beräkningsprogrammet RIUSKA är ett program som idag används av företag som gör energiberäkningar. Detta gör att programmet kan ses som pålitligt vilket gör beräkningarna trovärdiga. Modellen som användes i programmet var ritad av GICON Installationslednings AB i samband med projekteringen av punkthuset på Tunnländsgatan, detta gör att viktiga ingångsvärden bör vara korrekta. Antagandet om att lägga på 10 procent för köldbryggor på väggarna kan räknas med större noggrannhet. Dock brukar detta inte vara aktuellt vid projektering då det främst är ett riktvärde om husets förväntade energiförbrukning som krävs för att visa att kraven uppfylls.

### 5.2 Analys av prisinformationen

Priser på de olika isoleringstjocklekarna för grunden har fått från AB Tornstaden och kan ses som trovärdiga samt räknas vara stabila i framtiden. Även prisinformationen på takisoleringen har hämtats från AB Tornstaden, här har det dock inte tagits hänsyn till om konstruktionen behöver ändras vid de olika isoleringstjocklekarna. Detta gör att priserna hade kunnat beräknas mer noggrant med fler faktorer.

Väggar och fönster är däremot under en större utveckling och detta medför att framtida investeringskostnader troligen kommer variera mer mot dagens pris. När det gäller fönster med U-värden  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  är dessa priser viktade fram, då alla fönstertyper på Tunnländsgatan i dagsläget inte produceras med detta U-värde. Dessa investeringskostnader kan därför ifrågasättas. Rimligheten att en kombination med fönster med U-värde  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  ska byggas i dagsläget kan också ifrågasättas då de ej produceras. Utvecklingen av fönster går dock fort framåt och det kommer fler produkter varje år. Det hade därför varit intressant att titta på fönster med lägre U-värden för framtida byggnationer.

### 5.3 Analys av sämsta respektive bästa alternativet

Det sämsta alternativet får byggas, det lever upp till både de nationella och kommunala energihushållningskraven. Detta är dock inte konstigt då det sämsta alternativet egentligen inte är dåligt. De väggar, tak och fönster som används är aktuella vid byggnationer idag. Det är alltså främst grunden som har en för tunn isoleringstjocklek. Detta kan leda till komfortproblem, vilket gör att det kan bli svårt att uppfylla de krav som finns på husets inomhusklimat. Ur ett energiperspektiv är förslaget orimligt, det finns inget långsiktighetstänk och den ovissa utvecklingen av energipriset gör att energikostnaderna kan komma att öka ännu mer och därmed leda till ännu större driftkostnader.

Det bästa alternativet är bra att bygga ur ett miljöperspektiv då det har en låg energiförbrukning, dessutom är grafitisoleringen bra att använda då en mindre mängd material används i väggarna, gentemot typhuset. Den besparing som görs i energi är dock inte så stor att den är värd den extra investeringen. Kanske är det bättre att titta på andra, billigare och effektivare, lösningar som kan minska energiförbrukningen, istället för att minimera transmissionsförlusterna. Denna kombination känns alltså orimlig att bygga i dagsläget.

## 5.4 Analys av kombinerade beräkningar

Det är intressant att se hur stor skillnad de olika kombinationerna gör samt se hur otroligt många sätt det finns att bygga en byggnad på. Beroende på om resultaten analyseras utifrån en låg investeringskostnad eller en låg energiförbrukning kan resultaten tolkas olika. Genom diagrammet för kombinerade beräkningar, se bilaga 6, kan det ses att det ofta finns något alternativ som är bättre än de andra, beroende på var fokus ligger. Det som eftersträvas i detta projekt är dock en kombination av låg investeringskostnad och låg energiförbrukning. När detta sker kan ett bra resultat nås.

I punkterna nedan en analys av de tre olika alternativen läsas. Här jämförs kombinationerna och alternativens styrkor respektive svagheter lyfts fram:

- **Alternativ 5** är ett lätt motiverat val av de resultat som redovisas (se diagram 12), då både investeringskostnaderna och energikostnaderna är lägre än typhusets. Detta kan ses som det bästa alternativ då det sker en besparing från dag ett och dessutom är det bra på långsikt, ur ett miljöperspektiv, tack vare den låga energiförbrukningen. Här uppstår alltså en balans mellan ekonomi och energi som saknas i de övriga alternativen. Alternativ 5 visar även på att fler kombinationer med ett tjockare tak kunde varit intressant att undersöka då den extra investeringen som krävs inte är särskilt stor gentemot hur mycket energi som sparas.
- **Alternativ 7** är det alternativ som kan ses som bäst ur ett ekonomiskt perspektiv då investeringskostnaden är lägst av de tre kombinationerna som redovisas i kapitel 4.6.2. Dessutom sparas pengar på energiförbrukningen varje år, gentemot typhuset. Denna kombination har dock störst energiförbrukning av de tre redovisade alternativen, vilket gör att alternativ 7 kan ses som sämst ur ett energiperspektiv.
- **Alternativ 8** kan ses som allra bäst ur ett miljöperspektiv, då det sparar överlägset mest energi av de olika kombinationerna som redovisas. Som nämnts tidigare drar detta alternativ 2 091 kWh mindre än typhuset varje år, detta är 920 kWh/år mindre än alternativ 5 och 1 422 kWh/år mindre än alternativ 7. Detta kan även ses genom att alternativ 8 har den brantaste kurvan i diagram 12. Denna kombination är även bra utifrån materialanvändning. Väggen är tunnare än ursprungsväggen eftersom det i denna kombination används en grafitisolering som har ett lägre U-värde än den S80-isolering som används i ursprungsväggen. Detta gör att denna kombination sparar material vid tillverkning. Det negativa med alternativ 8 är den höga investeringskostnad som kommer från användningen av en bättre vägg, samt bättre fönster. Alternativet är därmed inte optimalt ur ett ekonomiskt perspektiv.



Beroende på vad som eftersträvas kan de olika alternativen ses som olika gynnsamma. Alternativ 8 är bra om en energisnål byggnad med tunnare väggar eftersträvas, medan alternativ 7 är bättre om en byggnad med låg investeringskostnad eftersträvas. Alternativ 5 hamnar mittemellan de två andra alternativen och kan därför ses som det bästa alternativet i strävan mot en kombination av låg energiförbrukning och låg investeringskostnad, vilket även leder till en ekonomi- och energioptimerad byggnad.

Genom resultaten i kapitel 4.6.2 kan ses att fönster är det som är mest värt att investera i. Där skiljer U-värdet  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  mellan de olika alternativen medan på väggarna är skillnaden ungefär bara  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$  mellan alternativen. Därför kan mest energi sparas genom bättre fönster. Dessutom kostar det, enligt vår viktning, inte mycket mer, vilket gör det till en bra investering. Som nämns i avsnitt 5.2 är problemet dock att alla de fönstertyper som finns på Tunnländsgatan inte produceras med U-värde  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dock går utveckling snabbt framåt. För bara några år sedan var fönster med U-värde  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  vanligast och idag används fönster med U-värde  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Detta gör att alternativen blir realistiska först om några år, eller så får andra typer av fönster ses över. Därför känns det mer verklighetsförankrat att välja en tjockare vägg istället för bättre fönster då det finns i produktion idag. Dessa investeringar sparar ungefär lika mycket energi, men en vägg är dyrare att investera i, vilket gör att det tar längre tid att spara in den extra investeringen genom en minskad energiförbrukning.

## 5.5 Analys av de nationella respektive kommunala kraven

I de nationella kraven står det att byggnadens specifika energianvändning ej får överstiga  $55 \text{ kWh/m}^2$  och år, alla alternativen som redovisas klarar dessa krav. Mängden köpt energi för de olika alternativen är  $39,5 \text{ kWh/m}^2$  och år,  $39,66 \text{ kWh/m}^2$  och år samt  $39,22 \text{ kWh/m}^2$  och år. Genom att ha en låg energiförbrukning blir de årliga driftkostnaderna låga, och därför är detta önskvärt. Byggnaden uppfyller Boverkets krav för *låg energianvändning*, dock inte *mycket låg energianvändning*, dessa benämningar är likväl inte relevanta då ingen miljöklassning på byggnaden eftersträvas. De kommunala riktlinjerna ställer krav utöver de nationella när det gäller energihushållning. Kravet säger att den köpta energin inte får överstiga  $45 \text{ kWh/m}^2$  och år, och med dagens bergvärmepumpar och byggnadens låga energiförbrukning uppnås detta krav med marginal då den köpta energin blir runt  $39 \text{ kWh/m}^2$  och år för alla alternativ, se bilaga 6. Till och med det sämsta alternativet får byggas enligt dessa riktlinjer och detta leder till att kraven varken utvecklar eller hämmar att bygga energieffektiva bostäder. Istället blir det upp till beställaren att bestämma hur låg energiförbrukning byggnaden ska ha, snarare än att det är utmanande och svårt att klara kraven.

I programmet för miljöanpassat byggande i Göteborg står att byggnadens klimatskärm ska utformas på ett sätt som gör det möjligt med en långsiktig energihushållning. Det är svårt att veta vad detta krav innebär, då det inte följs av några riktvärden. Vad som menas med en långsiktig energihushållning bör därför specificeras mer. Detta för att visa vad som krävs av en byggnad och dessutom för att driva energieffektiviseringen framåt.

När det gäller byggnadens genomsnittliga U-värde ställer de nationella bestämmelserna krav på att detta värde inte får överstiga  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Oavsett vilket alternativ som väljs (se bilaga 6) klarar byggnaden detta krav med stora marginaler. Detta krav är idag ganska meningslöst, då det inte styr nybyggnationer alls, utan istället blir energihushållningen mer styrande. Med dagens material och teknik skulle högre krav kunna ställas på U-värden, vilket skulle utveckla energieffektiviteten i bostäder.

Det finns även krav när det gäller beständigheten av en byggnad. I detta fall, när byggnaden ska drivas i egenregi, är det dock lika viktigt för AB Tornstaden att leva upp till kraven som att bygga långsiktigt och ekonomiskt för att minimera driftkostnaderna. Bergvärme valdes då det krävs lite underhåll när den väl är installerad. Även en betongstomme valdes utifrån ett beständighetsperspektiv. Att bygga i betong är bra ur ett ekonomiskt perspektiv då underhållet under drifttiden minimeras, dessutom har beräkningarna visat att det går att bygga ett ekonomi- och energioptimerat hus med sandwichelement i betong. Dock har inte andra material beaktats i detta projekt och det hade varit intressant att se hur de olika investeringskostnaderna hade sett ut om till exempel en trävägg eller plåtfasad hade använts istället. Antagligen hade besparingen som görs vid valet av en sämre vägg blivit något mindre. En betongvägg är dyrare och därmed hade säkerligen vissa alternativ blivit gynnsammare än idag. I detta fall hade det dock varit viktigt att beakta underhållskostnaderna då en trävägg är dyrare att se efter under drifttiden än en betongvägg.

De nationella och kommunala riktlinjerna ställer krav på att installationerna i byggnaden ska vara lätta att underhålla och göra service på. Teknikrummet ligger på vindens andra våning, se ritningar i bilaga 2, och service kan därmed genomföras utan att störande moment uppstår. Behövs något i systemet bytas ut finns även en lucka i taket där stora komponenter kan lyftas in och ut. Placeringen av teknikrummet gör att husets area utnyttjas på ett mycket bra sätt, då taket har så stor lutning hade det varit svårt att använda denna yta till något annat.

Under kraven för resurshushållning finns riktlinjer om att minska spill, avfall samt transporter. Måttbeställningar är ett bra sätt att minska spill och genom att typhuset består av 6 nästan identiska våningar är detta möjligt. Ett krav på att minimera spill driver definitivt energioptimeringen framåt. Att försöka minimera transporter är också ett steg i rätt riktning ur ett miljöperspektiv, det är likväl inte alltid det bästa ur ett ekonomiskt perspektiv då vissa byggdelar kan vara billigare att köpa utomlands, trots längre transportsträcka. Riktlinjerna för resurshushållning utvecklar därför främst minimeringen av miljöpåverkan.

Kommunen ställer krav på individuella el- och tappvarmvattenmätare, dessa krav har lett till att lägenheterna är försedda med detta. Även om det är en kostnad att installera dessa mätinstrument är investering lönsam eftersom individuella mätningar gör de boende mer medvetna om sin konsumtion, vilket i sin tur leder till minskad konsumtion av vatten respektive el (Inergi, 2014). När en energideklaration av byggnaden görs är den största anledningen till att energianvändningen är större än beräknat att tappvarmvattenförbrukningen överskrider de antagna värdena. Detta gör att den individuella mätaren kan vara viktig för att uppnå kraven för köpt energi efter att byggnaden tagits i bruk.

## 6 Slutsats

De beräkningar som gjorts i projektet visar på att punkthuset på Tunnländsgatan, som i detta projekt använts som typhus, hade kunnat byggas mer ekonomi- och energieffektivt. Utifrån analysen har alternativ 5 valts som det optimala huset, då det både sparar energi och förbättrar ekonomin. Detta alternativ har ett förbättrat tak och fönster gentemot typhuset. Taket har en 500 mm tjock isolering och fönsternas U-värde är  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Väggarna är något sämre än ursprungsväggen och har ett U-värde på  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  (utan köldbryggor), medan grunden är oförändrad med en isolering på 200 mm. Detta ger en lägre investeringskostnad än typhuset samt en reducerad energiårsförbrukning, alltså blir detta en ekonomi- och energioptimering av transmissionsförlusterna i punkthuset. Dock bör det beaktas att en utveckling av fönster krävs för att detta alternativ ska bli realistiskt. Även en studie på om takkonstruktionen kan komma att förändras bör göras för att detta pris ska bli helt korrekt.

De nationella och kommunala kraven inom energianvändningen samt värmeledningsförmåga har varken utvecklat eller hämmat att bygga ekonomi- och energieffektivt då kraven uppfylls i alla beräkningar. Högre krav borde därför ställas för att på så sätt styra nybyggnationer mer. De nationella kraven kan vara högre då dessa klaras med stora marginaler och kan därmed minska energianvändningen i de kommuner där egna särkrav inte finns. Andra riktlinjer såsom krav på resurshushållning utvecklar bostäder att bli mer energioptimerade. En anledning till detta är tappvarmvattenmätare som minskar uppvärmningsenergin eftersom konsumtionen reduceras och därmed sparas både energi och pengar. Kraven om beständighet är bra men om bostaden ska förvaltas i egen regi blir dessa riktlinjer obehövligen eftersom företaget tar hänsyn till detta vid beräkningar av driftkostnader.

Slutsatsen blir att de nationella samt kommunala kraven har utvecklat vissa delar att bli mer ekonomi- och energieffektiv, medan andra delar inte har påverkats alls av dessa riktlinjer. Detta är främst för att kraven är så pass lågt ställda att det varken blir utmanande eller särskilt svårt att leva upp till dem.

## Källförteckning

Boverket.(2007) *Bygg och fastighetssektorns miljöarbete*. Karlskrona: Boverket.

Boverket. (2009) *Bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan*. Karlskrona: Boverket.

Boverket. (2012) *Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler*.  
Upplaga 2. Karlskrona: Boverket.

Boverket. (2013) *Energiushållning*. BBR 20 avsnitt 9.  
<http://www.boverket.se/Global/bygga-o-forvalta-ny/dokument/regler-om-byggande/boverkets-byggregler-bbr/bbr20/Avsnitt-9-BBR-20.pdf>. (2014-04-15).

Boverket. (2014) Information om energideklarationer. *Boverket*.  
<http://www.boverket.se/bygga--forvalta/energideklaration/>. (2014-05-06).

EKS. (2011) Code of statutes. *Boverket*.  
<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/EKS-8-EN.pdf>.  
(2014-06-12).

Energimyndigheten. (2013) Framtidens hus är resurseffektiva. *Energimyndigheten*.  
<https://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivt-byggande/>. (2014-04-15).

Fastighetsnämnden. (2009) *Miljöanpassat byggande Göteborg*. Göteborg:  
Fastighetskontoret.

Feelingwood. (2013) Ökade skaderisker och problem med tjockare isolering.  
*Feelingwood*. [http://www.feelingwood.se/okade\\_skaderisker.htm](http://www.feelingwood.se/okade_skaderisker.htm). (2014-04-07).

Granlund. (2014) RIUSKA. *Granlund*. <http://www.granlund.fi/en/software/riuska/>.  
(2014-04-03).

Inergi. (2014) Varför individuell mätning? *Inergi*.  
<http://www.inergi.se/individuellmatning/>. (2014-05-13).

Naturvårdsverket. (2012) *Från avfallshantering till resurshushållning*. Bromma:  
Naturvårdsverket.

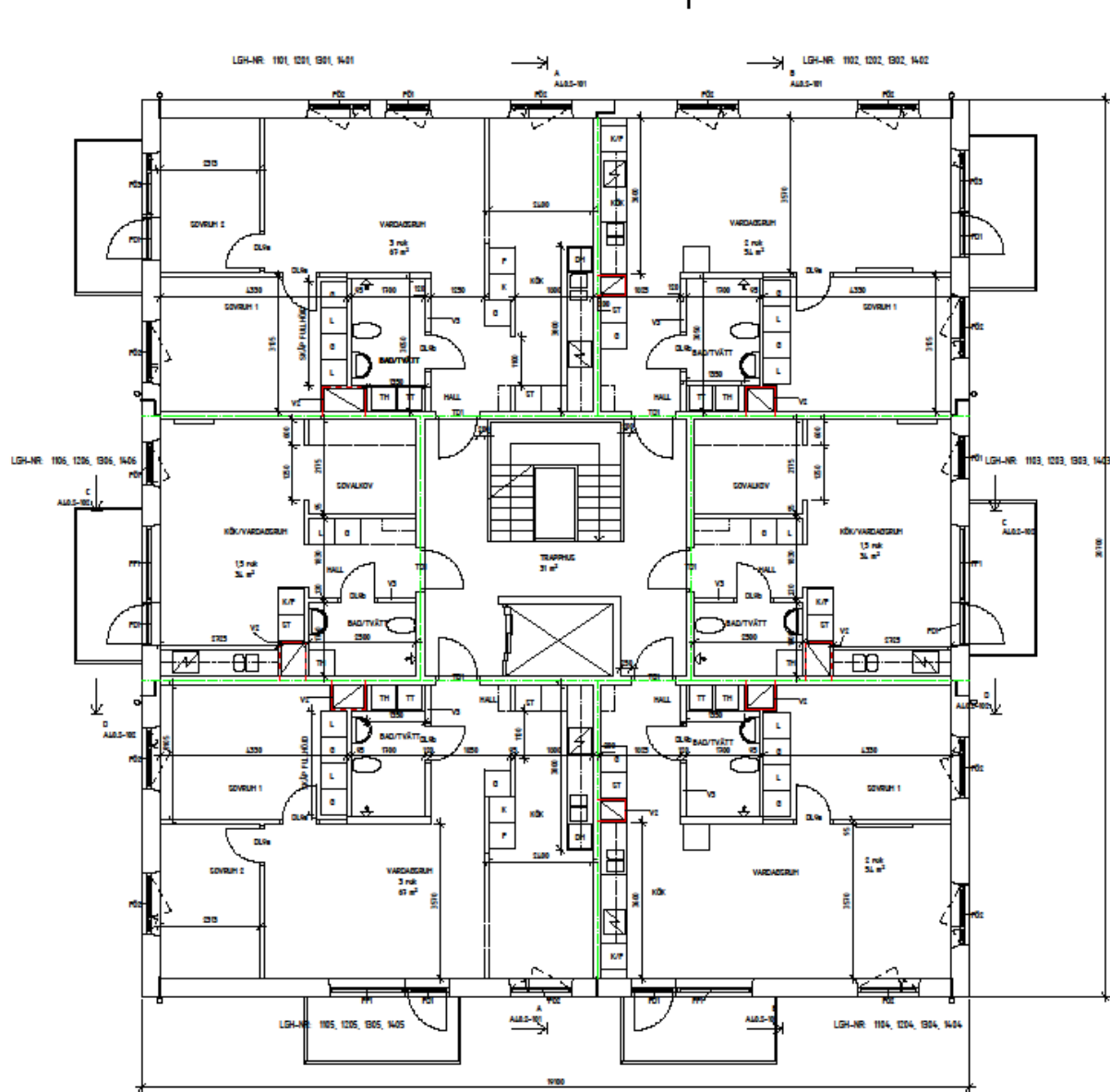
## Bilaga 1: Definitioner från BBR

Utdrag från Boverkets Byggregler *Energihushållning*. BBR 20 avsnitt 9.

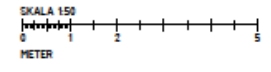
### 9:12 Definitioner

<i>A<sub>temp</sub></i>	Arean av samtliga våningsplan, vindsplan och källarplan för temperatur reglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.
<i>Byggnadens energianvändning</i>	Den energi som, vid normalt brukande, under ett normal år behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energi-användning.
<i>Byggnadens fastighetsenergi</i>	Den del av fastighetselen som är relaterad till byggnadens behov där den el användande apparaten finns inom, under eller anbringad på utsidan av byggnaden. I denna ingår fast belysning i allmänna utrymmen och driftsutrymmen. Dessutom ingår energi som används i värmekablar, pumpar, fläktar, motorer, styr- och övervakningsutrustning och dylikt. Även externt lokalt placerad apparat som försörjer byggnaden, exempelvis pumpar och fläktar för frikyla, inräknas. Apparater avsedda för annan användning än för byggnaden, exempelvis motor- och kupévärmare för fordon, batteriladdare för extern användare, belysning i trädgård och på gångstråk, inräknas inte.
<i>Byggnadens specifika energianvändning</i>	Byggnadens energianvändning fördelat på <i>A<sub>temp</sub></i> uttryckt i kWh/m <sup>2</sup> och år. Hushållsenergi inräknas inte. Inte heller verksamhetsenergi som används utöver byggnadens grundläggande verksamhetsanpassade krav på värme, varmvatten och ventilation.

# Bilaga 2: Ritningar Tunnländsgatan



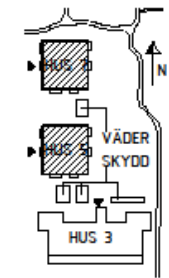
PLAN 11, 12, 13 OCH 14



FÖRKLÄRINGAR  
Se ritning A4.1-10

HÄNVISNINGAR

FÖRESKRIFTER



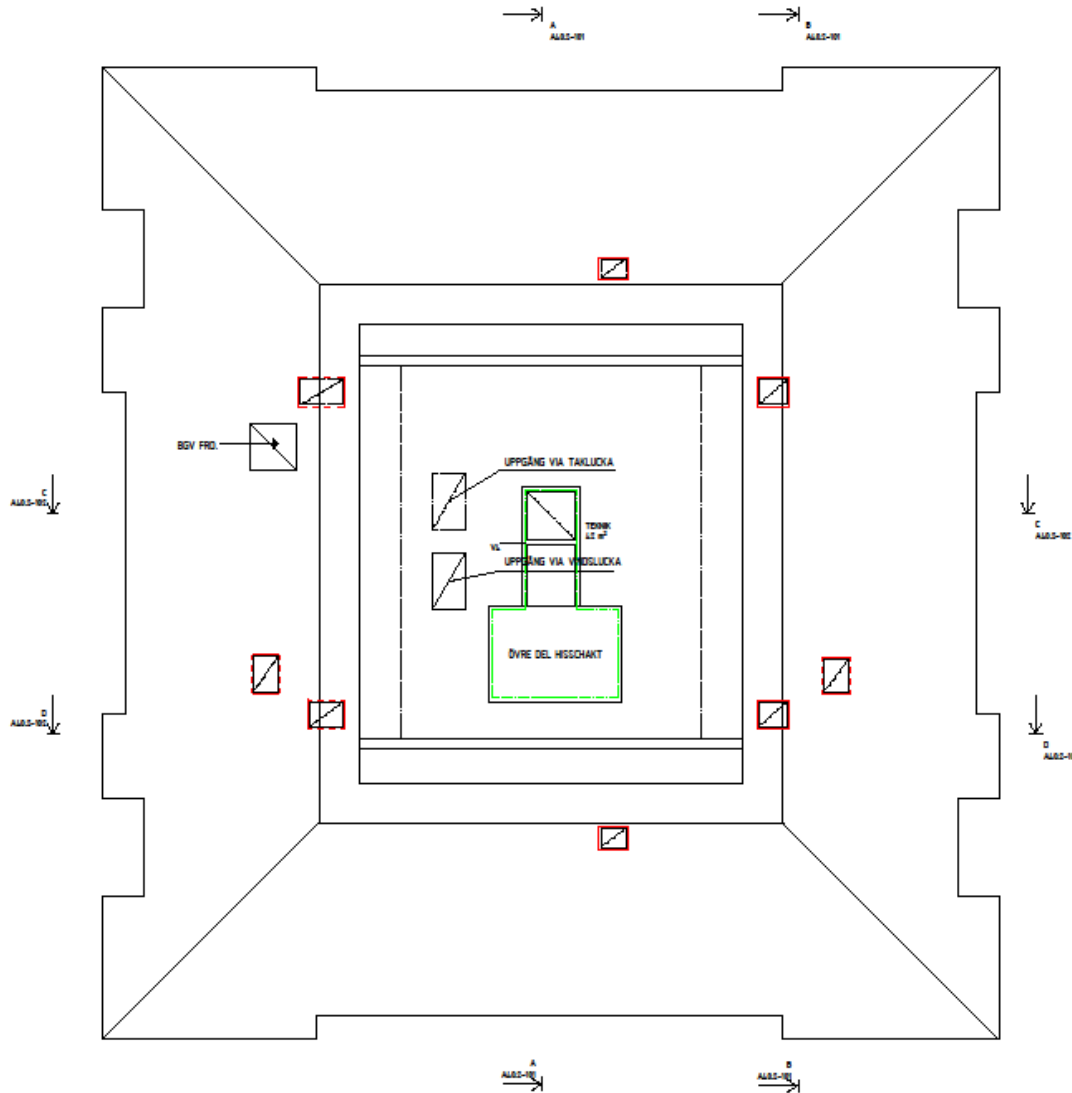
C	Edger P10	2019-05-28	LAPE
B	Edger P11	2019-05-21	LAPE
A	Edger P11	2019-05-08	LAPE
BYGGHANDLING			
TUNNLÄNDSGATAN			
JÄRNBROTT 208:1			
GÖTEBORGS KOMMUN			
BYGGNADSBYGGGÄLDEBOLAGET			
TORNSTADEN			
TENGBOM			
Drottninggatan 18 411 11 Göteborg 41221 - 0316100			
BYTTID	0662	LAPE	ANDR
BYTTID	2019-05-15	Roger Oom	
NYBYGGNAD BOSTÄDER			
HUS 5 OCH 7			
PLAN 11, 12, 13 OCH 14			
A1 130	A40.1-111		C
04 130			

ÖLJEFÄRDIGT OCH VÄTTEKÄNNADE PÅ 100 ÅRS ÅLDER  
 2019-05-15 11:54

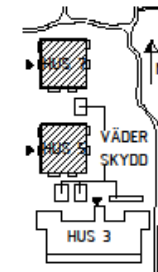
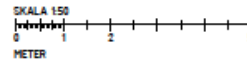
FÖRKLARINGAR  
Se ritning A43-116

HÄNVIKNINGAR

FÖRESKRIFTER



PLAN 17 TEKNIK



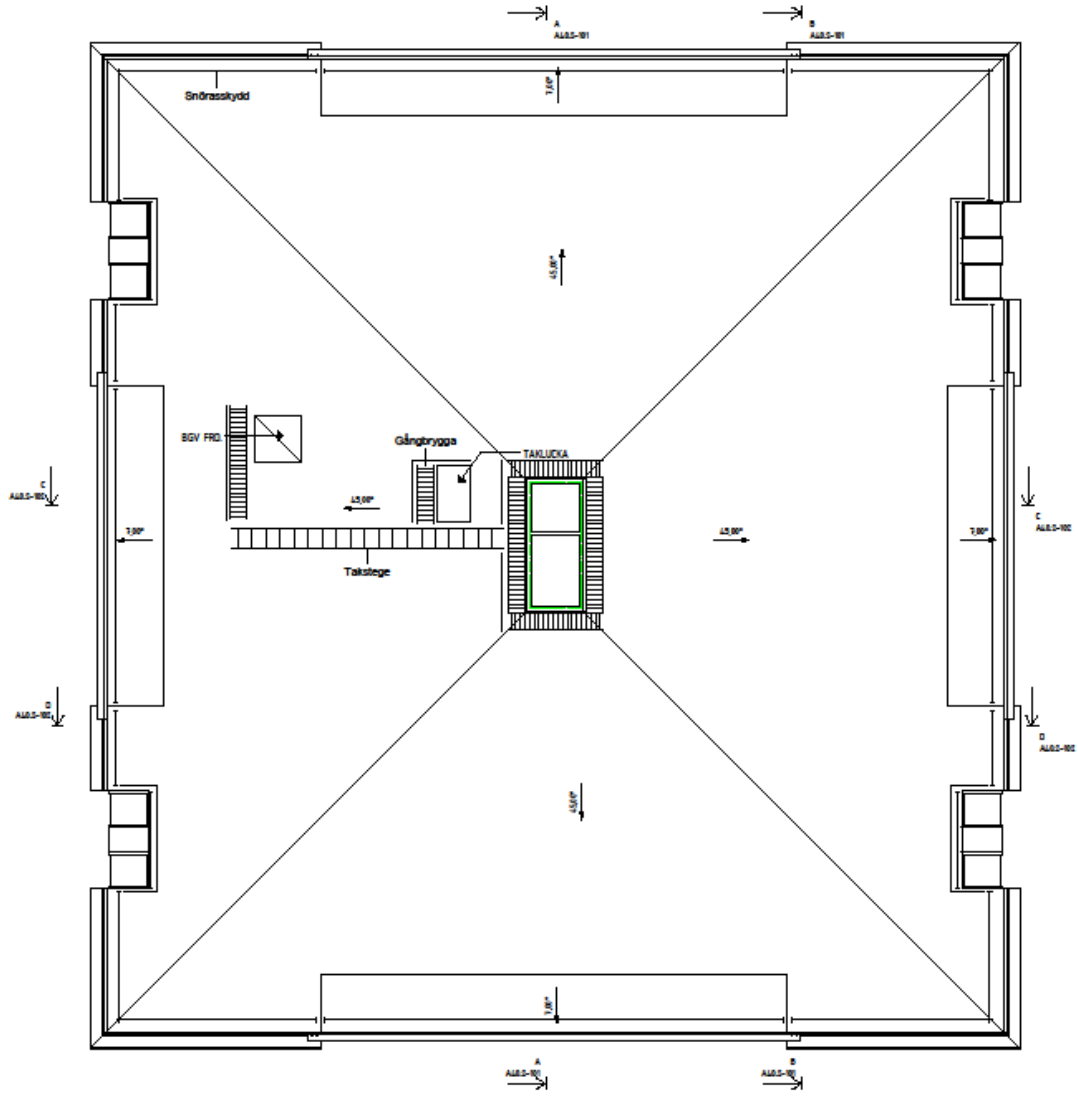
A	Väggriffens	2013-05-15	LAPE
BYGGHANDLING			
TUNNLANDSGATAN			
JÄRNBROTT 208:1			
GÖTEBORGS KOMMUN			
BYGGNADSAKTIEHÅLLARET			
TORNSTADEN			
TENGBOOM			
Drottninggatan 18-21   111 00 Göteborg   031 824100			
BYTTO 0062	LAPE	ANDR	
2013-05-15	Roger Öom		
NYBYGGNAD BOSTÄDER			
HUS 5 OCH 7			
PLAN17, TEKNIK			
41 130	A40.1-117	A	

2013-05-15 10:05 - C:\G:\PROJEKT\2013\Tornstaden\Byggnads\Plan 17 Teknik\A40.1-117.dwg

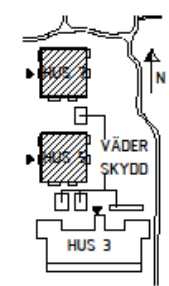
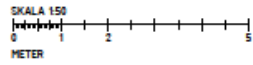
FÖRKLÄRNINGAR  
Se ritning A4.1-118

HÄNVIKNINGAR

FÖRESKRIFTER



PLAN 18 TAKPLAN



BYGGHANDLING		BYTTID	BYTTID
TUNNLANDSGATAN			
JÄRNBROTT 206:1			
GÖTEBORGS KOMMUN			
BYGGNADSTYRELSEN			
TORNSTADEN			
TENGBOOM			
Drömgatan 18 411 11 Göteborg 41201 - 03 63 00			
BYTTID	BYTTID	BYTTID	BYTTID
BYTTID 06:2	LAPE	ANDR	
2013-05-15	Roger Örn		
NYBYGGNAD BOSTÄDER			
HUS 5 OCH 7			
TAKPLAN			
41 130			
41 130			A4.1-118

KONSTRUKTÖR: TENGBOOM





FÖRKLÄRNINGAR  
Se ritning A4.1-10

HÄNVISNINGAR  
DETALJER SE RITNING  
A4.2.6-001  
A4.2.6-002  
A4.2.6-003

FÖRESKRIFTER

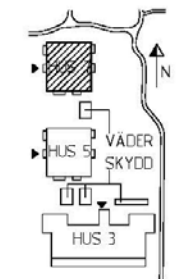


FASAD MOT NORR



FASAD MOT ÖST

2013-03-28 © B31 - CIVILARKITECTUR/Arkitektbyråerna, LPK, Perstorp AB, Jönköping



BYGGHANDLING		
TUNNLANDSGATAN		
JÄRNBROTT 20B:1		
GÖTEBORGS KOMMUN		
BYGGNADSAKTIEBOLAGET		
TORNSTADEN		
<b>TENGBOM</b> <small>Bygghandling 10 411 14 Göteborg 410 11 40 44 00</small>		
PROJEKT BYTO 0062	PROJEKTANSV. BY LAPE	PROJEKTANSV. ANDR
BYTTID 2013-05-15	BYTTID 2013-05-15 Roger Dom	
NYBYGGNAD BOSTÄDER		
HUS 3		
FASADER MOT NORR OCH ÖST		
BYTTID 1108	BYTTID 1209	BYTTID 1301
A40.3-101		

## Bilaga 3: Beskrivning och indata Tunnlandsgatan

Nedan följer beskrivning och indata från GICON av projektet på Tunnlandsgatan, observera att det är hela projektet, de två punkthusen samt lamellhuset.

 GICON Installationsledning AB Åvägen 17 C 412 51 Göteborg 0705-169 170 <a href="http://www.gicon.se">www.gicon.se</a>	Dokumentnamn Energiberäkning	Sidor 3 (6)
	Projektnamn <b>Tornstaden</b> Nybyggnation av bostäder	Handläggare GA
Status	Tunnlandsgatan	Utställare KL
		Datum 2013-07-10
		Rev datum

### Inledning

I denna rapport redovisas den energibalans som tagits fram för att redogöra för byggnadens förväntade specifika energianvändning. Resultatet jämförs med kraven på specifik energianvändning enligt BBR.

### Beskrivning av byggnaden

Objektet Tunnlandsgatan är en nybyggnad av 3 st bostadshus, ett lamellhus (hus 3) samt två punkthus (hus 5 och 7). Lamellhuset har garage i källaren, 6 våningar med bostäder samt en vindsvåning med förråd, sammanlagt 54 lägenheter. Punkthusen har 6 våningar med bostäder samt en vindsvåning med förråd, sammanlagt 35 lägenheter i varje hus.

### Indata för energiberäkning

Indata för byggnadens system och byggdelar är inhämtade från respektive disciplin. Energiberäkningen är baserad bygghandlingar daterade 20130515 från arkitekt, rör- och ventilationsprojektör. VVS-ram daterad 2010904 (reviderad 20130115) är också använd som underlag.

Tempererad area,  $A_{temp}$  8719 m<sup>2</sup>

### Inomhusklimat

Lägenheter +21°C  
Trapphus vid lamellhus +10°C  
Garage +12°C  
Teknikrum i källare +12°C

### Tappvarmvatten


Varmvatten 25 kWh/m<sup>2</sup>år


### Konstruktion och täthet

Stommen utgörs av prefabricerad betong.

U-värden Se bilaga 2

Korrektion för köldbryggor är inkluderat i de u-värden som är

 GICON Installationsledning AB Ävägen 17 C 412 51 Göteborg 0705-169 170 <a href="http://www.gicon.se">www.gicon.se</a>	Dokumentnamn Energiberäkning	Sidor 4 (6)
	Handläggare GA	Utställare KL
Status	Projektnamn <b>Tornstaden</b> Nybyggnation av bostäder	Datum 2013-07-10
	Tunnlandsgatan	Rev datum
<p>redovisade i bilaga 2.</p> <p>Infiltration och vädring 0,1 l/h (ca 5 l/s per lägenhet)</p> <p><b>Värme</b></p> <p>Uppvärmning av värme- och varmvatten sker via bergvärmepumpar. Värmepumparna svarar även för värmeåtervinning ur frånluften via batterier placerade i samlingskanal för frånluft.</p> <p>Regler- och rörförluster 10 % av värmeenergianvändning</p> <p>Uppvärmning - Primär Värmepump med elspets</p> <p>Uppvärmning - Sekundär Vattenburna radiatorer</p> <p>Data värmepumpar</p> <p>Årsmedel-COP 3,5</p> <p>Energitäckningsgrad 95% (för både värme- och tappvarmvatten)</p> <p><b>Ventilation</b></p> <p>Ventilationssystemet utförs som ett mekaniskt frånluftssystem med tilluft via spaltventiler. Forcering i kök via spisfläktar. Värmeåtervinning genom att värmepumparna är hämtar energi i frånluften.</p> <p>FA1 - En per punkthus</p> <p>Luftflöde min/max 1000/1600 l/s</p> <p>Luftbehandlingsprincip CAV med forcering med spisfläktar</p> <p>Drifttid 8760 h</p> <p>SFP 0,7 kW/(m<sup>3</sup>/s)</p> <p>FA2 - Lamellhuset</p> <p>Luftflöde min/max 1375/2275 l/s</p> <p>Luftbehandlingsprincip CAV med forcering med spisfläktar</p> <p>Drifttid 8760 h</p> <p>SFP 0,7 kW/(m<sup>3</sup>/s)</p> <p>FF2 - Garageventilation</p> <p>Luftflöde min/max 100/600 l/s</p> <p>SFP 0,7 kW/(m<sup>3</sup>/s)</p>		

 GICON Installationsledning AB Ävägen 17 C 412 51 Göteborg 0705-169 170 <a href="http://www.gicon.se">www.gicon.se</a>	Dokumentnamn Energiberäkning	Sidor 5 (6)
	Projektnamn <b>Tornstaden</b> Nybyggnation av bostäder	Handläggare GA
Status	Tunnlandsgatan	Utställare KL
		Datum 2013-07-10
		Rev datum

### Internlaster

Internlaster och dess storlek är beroende på vilken typ av verksamhet ett rum har. De kategoriseras i personer, belysning samt utrustning. Gemensamt för dom är att de resulterar i ett värmestillskott i rummet. Ett rums värmebehov kommer således att minska med internlasterna medan kylbehovet ökar.

SVEBY:s (Standardisera och verifiera energiprestanda för byggnader) rapport *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder* redovisar brukarindata för energiberäkningar av flerbostadshus. Brukarindatan är förankrad i statistik och mätningar gjorda i befintliga bostadshus.

Vid ansättning av internlaster har hänsyn tagits till SVEBY:s rapport. Internlasterna motsvarar SVEBY:s statistik för hushållsel på 30 kWh/m<sup>2</sup> år.

Rum	Internlast	Maxeffekt [W/m <sup>2</sup> ]	Fullasttimmar [h]
Lägenheter	Personer	2	4750
	Belysning	4	2500
	Utrustning	7	2500

Internlasterna motsvarar ca 4,2 W/m<sup>2</sup> utslaget på ett år, 8760h.

### Solcellsanläggning

Enligt BBR får byggnadens energianvändning reduceras med energin från solceller i den omfattning byggnaden kan tillgodogöra sig energin.

Area solceller: 200 m<sup>2</sup> (uppmätt på a-underlag)

Producerad energi 120 kWh/m<sup>2</sup> år (per m<sup>2</sup> solcellsytta)

Byggnaderna antas kunna tillgodogöra sig all energi producerad av solcellsanläggningen.

### Beräkningsprogram

Beräkningen är utförd i Riuska. Riuska bygger på beräkningsmotorn från VisualDOE och utför transienta simuleringar som tar hänsyn till byggnadens tröghet, varierande internlast, solposition mm. Beräkningen på Tunnlandsgatan är utförd på 286 zoner.

### Energikrav

BBR energikrav för nybyggnation av bostäder med elvärme är 55 kWh/m<sup>2</sup>år.



GICON Installationsledning AB  
Åvägen 17 C  
412 51 Göteborg  
0705-169 170  
[www.gicon.se](http://www.gicon.se)

Status

Dokumentnamn  
Energiberäkning

Projektname  
**Tornstaden**  
Nybyggnation av bostäder

Tunnlandsgatan

Sidor  
6 (6)

Handläggare  
GA

Utställare  
KL

Datum  
2013-07-10

Rev datum

### Krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient

Krav enligt BBR 19:  $U_{medel} \leq 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Resultat

Med indata enligt ovan blir byggnadens energianvändning **38,8 kWh/m<sup>2</sup>, år** och den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten **0,26 W/m<sup>2</sup>K**.

### Slutsatser

Energianvändningen är ca **71 %** av BBR:s nybyggnadskrav för denna typ av byggnad och även kravet på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient uppfylls.

### Känslighetsanalys

För att byggnaden skall nå beräknad energianvändning är det viktigt att

- värmesystemet injusteras så att rätt inomhustemperaturer uppnås.
- varmvattenförbrukning är normal.

I beräknad energianvändning ingår ingen extra säkerhetsmarginal.


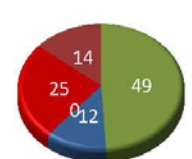
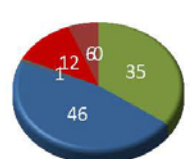
### Bilagor

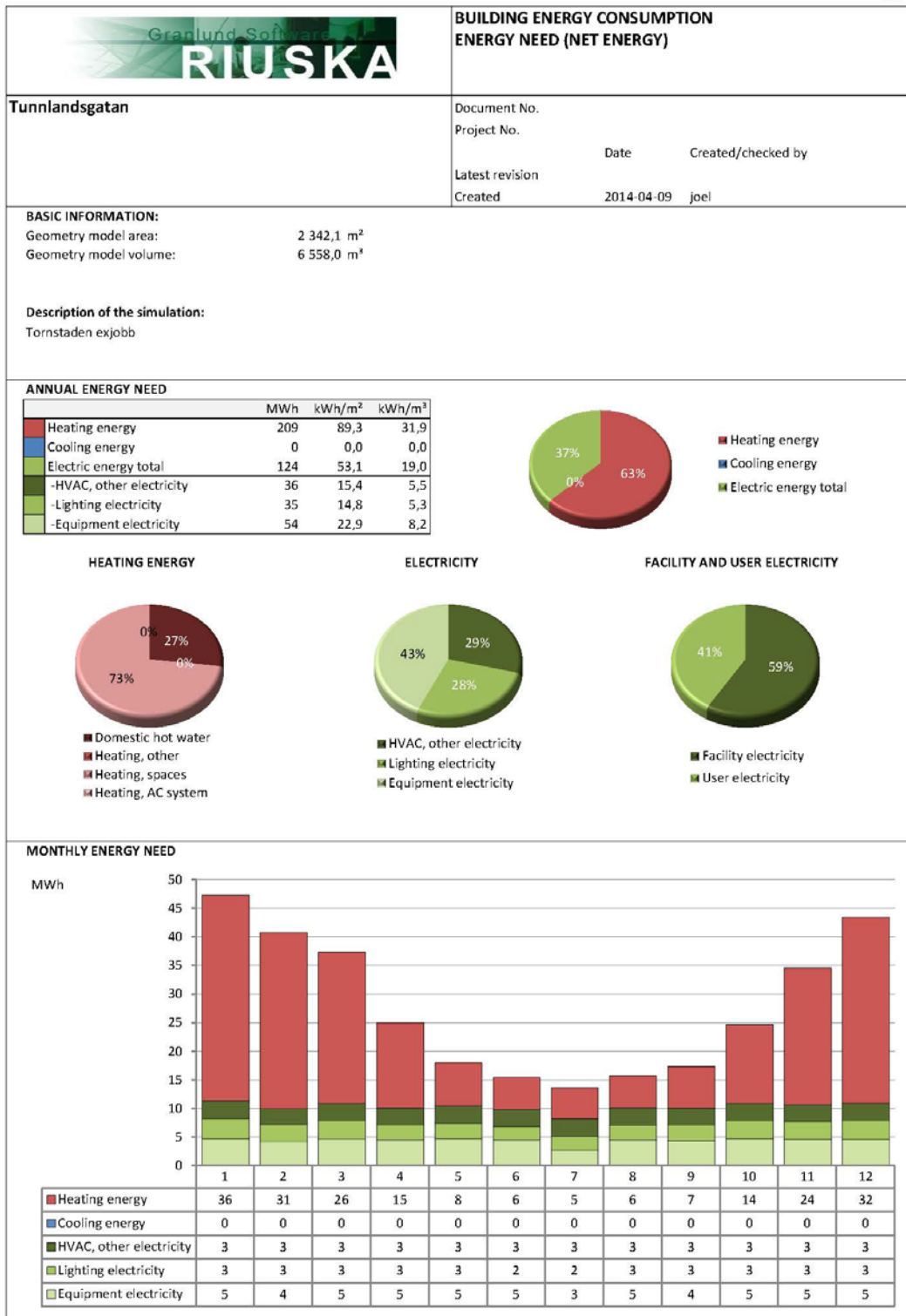
Bilaga 1, Energianvändning

Bilaga 2, Värmeförluster


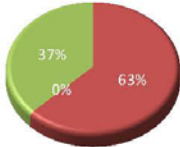
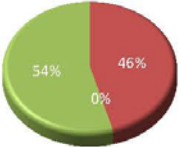
# Bilaga 4: Beräkningsresultat från RIUSKA för typhuset

1 (1)

		HEAT LOSS BUILDING SUMMARY																																																																			
Tunnlandsgatan		Document No. Project No. Date Created/checked by Latest revision Created 2014-04-09 joel																																																																			
<b>BUILDING DATA</b> Geometry model area: 2 342 m <sup>2</sup> Geometry model volume: 6 558 m <sup>3</sup> Building envelope area: 2 480 m <sup>2</sup> Average envelope U-value: 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) Average infiltration rate: 0,100 1/h External window area of the total storey area: 12 % Window area of the external walls: 19 % Outdoor temperature: -26 °C Average heat loss correction factor: 1,00		<b>HEAT LOSS OF THE BUILDING</b> Heat loss according to the user defined U-values <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>W/m<sup>2</sup></th> <th>W/m<sup>2</sup></th> <th>%</th> <th>W</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Walls:</td> <td>1,5</td> <td>4,1</td> <td>26</td> <td>9565</td> <td>9934</td> </tr> <tr> <td>Windows:</td> <td>1,9</td> <td>5,4</td> <td>34</td> <td>12565</td> <td>13728</td> </tr> <tr> <td>Doors:</td> <td>0,0</td> <td>0,1</td> <td>0</td> <td>175</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>Roofs:</td> <td>0,5</td> <td>1,3</td> <td>8</td> <td>3148</td> <td>2727</td> </tr> <tr> <td>Floors:</td> <td>0,3</td> <td>0,7</td> <td>5</td> <td>1717</td> <td>1717</td> </tr> <tr> <td>Thermal bridges:</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Conduction:</td> <td>4,1</td> <td>11,6</td> <td>73</td> <td>27170</td> <td>28214</td> </tr> <tr> <td>Infiltration:</td> <td>1,6</td> <td>4,4</td> <td>27</td> <td>10200</td> <td>10198</td> </tr> <tr> <td><b>Total:</b></td> <td><b>5,7</b></td> <td><b>16,0</b></td> <td><b>100</b></td> <td><b>37370</b></td> <td><b>38413</b></td> </tr> <tr> <td>Total with correction factor:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>37370</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	%	W	W	Walls:	1,5	4,1	26	9565	9934	Windows:	1,9	5,4	34	12565	13728	Doors:	0,0	0,1	0	175	109	Roofs:	0,5	1,3	8	3148	2727	Floors:	0,3	0,7	5	1717	1717	Thermal bridges:	0,0	0,0	0	0	0	Conduction:	4,1	11,6	73	27170	28214	Infiltration:	1,6	4,4	27	10200	10198	<b>Total:</b>	<b>5,7</b>	<b>16,0</b>	<b>100</b>	<b>37370</b>	<b>38413</b>	Total with correction factor:				37370	
	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	%	W	W																																																																
Walls:	1,5	4,1	26	9565	9934																																																																
Windows:	1,9	5,4	34	12565	13728																																																																
Doors:	0,0	0,1	0	175	109																																																																
Roofs:	0,5	1,3	8	3148	2727																																																																
Floors:	0,3	0,7	5	1717	1717																																																																
Thermal bridges:	0,0	0,0	0	0	0																																																																
Conduction:	4,1	11,6	73	27170	28214																																																																
Infiltration:	1,6	4,4	27	10200	10198																																																																
<b>Total:</b>	<b>5,7</b>	<b>16,0</b>	<b>100</b>	<b>37370</b>	<b>38413</b>																																																																
Total with correction factor:				37370																																																																	
Envelope = Surfaces against outdoor air or underground.																																																																					
<b>CONSTRUCTION TYPES IN THE ENVELOPE</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Areas %</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Conduction heat losses %</p>  </div> </div> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name (library type)</th> <th>W/(m<sup>2</sup>·K)</th> <th>m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Walls</b></td> <td><b>0,17</b></td> <td><b>1218</b></td> </tr> <tr> <td>YV 1 (OW 01)</td> <td>0,17</td> <td>1218</td> </tr> <tr> <td><b>Windows</b></td> <td><b>0,92</b></td> <td><b>292</b></td> </tr> <tr> <td>F2 (2xclear+OptithermSN, Argon, Air, 6+6+6mm)</td> <td>0,90</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>F2 (2xclear+low-e, {Argon+Argon} 6+6+6mm)</td> <td>1,00</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td><b>Doors</b></td> <td><b>1,61</b></td> <td><b>2</b></td> </tr> <tr> <td>YD 1 (OD 01)</td> <td>1,61</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><b>Roofs</b></td> <td><b>0,11</b></td> <td><b>624</b></td> </tr> <tr> <td>RoofSlab Plan 15 (RF 03)</td> <td>0,11</td> <td>344</td> </tr> <tr> <td>RoofSlab Plan 16 (RF 03)</td> <td>0,11</td> <td>201</td> </tr> <tr> <td>RoofSlab Plan 17 (RF 03)</td> <td>0,11</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td><b>Floors</b></td> <td><b>0,12</b></td> <td><b>343</b></td> </tr> <tr> <td>FloorSlab Plan 10 (GF 01)</td> <td>0,12</td> <td>343</td> </tr> </tbody> </table>				Name (library type)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	m <sup>2</sup>	<b>Walls</b>	<b>0,17</b>	<b>1218</b>	YV 1 (OW 01)	0,17	1218	<b>Windows</b>	<b>0,92</b>	<b>292</b>	F2 (2xclear+OptithermSN, Argon, Air, 6+6+6mm)	0,90	260	F2 (2xclear+low-e, {Argon+Argon} 6+6+6mm)	1,00	32	<b>Doors</b>	<b>1,61</b>	<b>2</b>	YD 1 (OD 01)	1,61	2	<b>Roofs</b>	<b>0,11</b>	<b>624</b>	RoofSlab Plan 15 (RF 03)	0,11	344	RoofSlab Plan 16 (RF 03)	0,11	201	RoofSlab Plan 17 (RF 03)	0,11	80	<b>Floors</b>	<b>0,12</b>	<b>343</b>	FloorSlab Plan 10 (GF 01)	0,12	343																								
Name (library type)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	m <sup>2</sup>																																																																			
<b>Walls</b>	<b>0,17</b>	<b>1218</b>																																																																			
YV 1 (OW 01)	0,17	1218																																																																			
<b>Windows</b>	<b>0,92</b>	<b>292</b>																																																																			
F2 (2xclear+OptithermSN, Argon, Air, 6+6+6mm)	0,90	260																																																																			
F2 (2xclear+low-e, {Argon+Argon} 6+6+6mm)	1,00	32																																																																			
<b>Doors</b>	<b>1,61</b>	<b>2</b>																																																																			
YD 1 (OD 01)	1,61	2																																																																			
<b>Roofs</b>	<b>0,11</b>	<b>624</b>																																																																			
RoofSlab Plan 15 (RF 03)	0,11	344																																																																			
RoofSlab Plan 16 (RF 03)	0,11	201																																																																			
RoofSlab Plan 17 (RF 03)	0,11	80																																																																			
<b>Floors</b>	<b>0,12</b>	<b>343</b>																																																																			
FloorSlab Plan 10 (GF 01)	0,12	343																																																																			





		BUILDING ENERGY CONSUMPTION PURCHASED ENERGY NEED					
Tunnländsgatan		Document No.					
		Project No.					
		Date	Created/checked by				
		Latest revision					
		Created	2014-04-09 joel				
<b>BASIC INFORMATION:</b>							
Geometry model area:	2 342,1 m <sup>2</sup>						
Geometry model volume:	6 558,0 m <sup>3</sup>						
<b>Description of the simulation:</b>							
Tornstaden exjobb							
<b>ANNUAL PURCHASED ENERGY NEED</b>							
	MWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	Energy price EUR/MWh	Energy price EUR	Basic charge EUR	Total EUR
Heating energy	209,1	89,3	31,9	45,00	9 408,27	0,00	9 408,27
Cooling energy	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Electric energy	124,4	53,1	19,0	90,00	11 191,75	0,00	11 191,75
<b>Total</b>	<b>333,4</b>	<b>142,4</b>	<b>50,8</b>	<b>135,00</b>	<b>20 600,01</b>	<b>0,00</b>	<b>20 600,01</b>
<b>ENERGY</b>		<b>COST</b>					
							
<b>ON-SITE RENEWABLE ENERGY</b>				<b>PRIMARY ENERGY TYPES</b>			
	MWh	kWh/m <sup>2</sup>			EUR/MWh	EUR	
Solar heat	0,0	0,0		District heating	45,00	0,00	
Solar electricity	0,0	0,0		Electricity	90,00	0,00	
Wind electricity	0,0	0,0		Electricity	90,00	0,00	
Heat pump	0,0	0,0					
Other	0,0	0,0					
<b>On-site renewable energy total:</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>					
<b>ON-SITE RENEWABLE ENERGY, DISTRIBUTION</b>		<b>ON-SITE RENEWABLE ENERGY SHARE OF TOTAL ENERGY NEED</b>					
0%		0%					

**BUILDING ENERGY CONSUMPTION  
PURCHASED ENERGY - CO<sub>2</sub> EMISSIONS**

Tunnlandsgatan

Document No.  
Project No.  
Date Created/checked by  
Latest revision  
Created 2014-04-09 joel

**BASIC INFORMATION:**

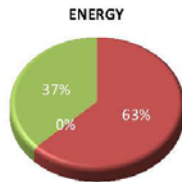
Geometry model area: 2 342,1 m<sup>2</sup>  
Geometry model volume: 6 558,0 m<sup>3</sup>

**Description of the simulation:**

Tornstaden exjobb

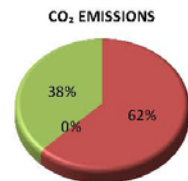
**ANNUAL PURCHASED ENERGY NEED**

	MWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	Energy price EUR/MWh	Energy price EUR	Basic charge EUR	Total EUR
Heating energy	209,1	89,3	31,9	45,00	9 408,27	0,00	9 408,27
Cooling energy	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Electric energy	124,4	53,1	19,0	90,00	11 191,75	0,00	11 191,75
<b>Total</b>	<b>333,4</b>	<b>142,4</b>	<b>50,8</b>	<b>135,00</b>	<b>20 600,01</b>	<b>0,00</b>	<b>20 600,01</b>



**CO<sub>2</sub> EMISSIONS**

Primary energy Type	Purchased energy MWh	CO <sub>2</sub> emissions kg/MWh	CO <sub>2</sub> emissions ton CO <sub>2</sub>
Heating energy	209,1	220,0	46,0
Cooling energy	0,0	0,0	0,0
Electric energy	124,4	223,0	27,7
<b>Total</b>	<b>333,4</b>		<b>73,7</b>



Primary energy Type	Name	Purchased energy MWh	CO <sub>2</sub> emissions kg/MWh	CO <sub>2</sub> emissions ton CO <sub>2</sub>
District heating	District heating	209,1	220,0	46,0
District cooling		0,0	0,0	0,0
Electricity	Electricity	124,4	223,0	27,7
Renewable		0,0	0,0	0,0
Fossil		0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>333,4</b>		<b>73,7</b>

## Bilaga 5: Energi- och ekonomiberäkningar på grund, väggar, tak och fönster

Nedan beskrivs hur beräkningarna har utförts därefter redovisas byggdelarnas energi- och ekonomiberäkningar i ordningsföljden grund, väggar, tak och fönster:

- Dagens typhus är markerat med **grått** och övriga beräkningar jämförs med dessa värden.
- Alla investeringar och elkostnader redovisas exklusive moms.
- Elpriset är satt till 0,8 kr/kWh och räknas ha en prisökning på 2 procent per år.
- För att ta hänsyn till bergvärmepumpen har den totala uppvärmningen, inklusive varmvatten, delats med 3,5 då detta är värmepumpens verkningsgrad. För att sedan få den totalt köpta energin har fastighetsenergin adderats, denna är 16,9 kWh/m<sup>2</sup> och år.
- Elkostnaderna är beräknade på följande vis; den köpta mängden energi gentemot typhuset multiplicerat med elkostnaden. År 2 är år 1 adderat med den köpta energin gentemot typhuset multiplicerat med år 2:s energikostnader, på likadant vis beräknas kommande år.
- Den totala kostnaden är investeringskostnaden gentemot typhuset adderat med energikostnaden för respektive år.

Denna beräkningsgång används även i bilaga 6.

**Grund****(343 m<sup>2</sup>)**

	Total uppvärmning ink. varmvatten [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Totalt köpt energi [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Byggnadens energianvändning [kWh/år]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Isolerings- tjocklek [mm]	Total köpt energi (gentemot typhuset) [kWh/år]	Kostnad [kr]	Kostnad [kr/m <sup>2</sup> ]	Investering (gentemot typhuset) [kr]
<b>Alternativ 1</b>	88,9	39,76	93 118	0,09	300	-241	66 885	195	22 295
<b>Alternativ 2</b>	89,3	39,86	93 359	0,12	200	0	44 590	130	0
<b>Alternativ 3</b>	90	40,04	93 780	0,17	100	422	22 295	65	-22 295

	År	1	2	3	4	5	10	15	20	25
	kr/kWh	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,96	1,06	1,17	1,29
<b>Alternativ 1</b>	<b>Elkostnad</b>	-193 kr	-389 kr	-590 kr	-794 kr	-1 003 kr	-2 110 kr	-3 333 kr	-4 682 kr	-6 173 kr
	<b>Total kostnad</b>	22 102 kr				21 292 kr	20 185 kr	18 962 kr	17 613 kr	16 122 kr
<b>Alternativ 2</b>	<b>Elkostnad</b>	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
	<b>Total kostnad</b>	0 kr				0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
<b>Alternativ 3</b>	<b>Elkostnad</b>	337 kr	681 kr	1 032 kr	1 390 kr	1 755 kr	3 693 kr	5 832 kr	8 194 kr	10 802 kr
	<b>Total kostnad</b>	-21 958 kr				-20 540 kr	-18 602 kr	-16 463 kr	-14 101 kr	-11 493 kr

**Vägg****(1218 m<sup>2</sup>)**

	Total uppvärmning ink. varmvatten [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Totalt köpt energi [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Byggnadens energianvändning [kWh/år]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total köpt energi (gentemot typhuset) [kWh/år]	Kostnad [kr]	Kostnad [kr/m <sup>2</sup> ]	Investering (gentemot typhuset) [kr]
<b>Alternativ 1</b>	88,5	39,66	92 877	0,154	-482	2 070 600	1700	60900
<b>Alternativ 2</b>	88,5	39,66	92 877	0,154	-482	2 040 150	1675	30 450
<b>Alternativ 3</b>	89,3	39,86	93 359	0,17	0	2 009 700	1650	0
<b>Alternativ 4</b>	90,1	40,07	93 841	0,187	482	1 948 800	1600	-60 900
<b>Alternativ 5</b>	91,8	40,51	94 864	0,22	1 506	1 924 440	1580	-85 260

	År	1	2	3	4	5	10	15	20	25
	kr/kWh	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,96	1,06	1,17	1,29
<b>Alternativ 1</b>	<b>Elkostnad</b>	-385 kr	-779 kr	-1 180 kr	-1 589 kr	-2 006 kr	-4 220 kr	-6 665 kr	-9 365 kr	-12 345 kr
	<b>Total kostnad</b>	60 515 kr				58 894 kr	56 680 kr	54 235 kr	51 535 kr	48 555 kr
<b>Alternativ 2</b>	<b>Elkostnad</b>	-385 kr	-779 kr	-1 180 kr	-1 589 kr	-2 006 kr	-4 220 kr	-6 665 kr	-9 365 kr	-12 345 kr
	<b>Total kostnad</b>	30 065 kr				28 444 kr	26 230 kr	23 785 kr	21 085 kr	18 105 kr
<b>Alternativ 3</b>	<b>Elkostnad</b>	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
	<b>Total kostnad</b>	0 kr				0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
<b>Alternativ 4</b>	<b>Elkostnad</b>	385 kr	779 kr	1 180 kr	1 589 kr	2 006 kr	4 220 kr	6 665 kr	9 365 kr	12 345 kr
	<b>Total kostnad</b>	-60 515 kr				-58 894 kr	-56 680 kr	-54 235 kr	-51 535 kr	-48 555 kr
<b>Alternativ 5</b>	<b>Elkostnad</b>	1 204 kr	2 433 kr	3 686 kr	4 964 kr	6 268 kr	13 188 kr	20 829 kr	29 265 kr	38 579 kr
	<b>Total kostnad</b>	-84 056 kr				-78 992 kr	-72 072 kr	-64 431 kr	-55 995 kr	-46 681 kr

**Tak****(624 m<sup>2</sup>)**

	Total uppvärmning ink. varmvatten [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Totalt köpt energi [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Byggnadens energianvändning [kWh/år]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Isolerings- tjocklek [mm]	Total köpt energi (gentemot typhuset) [kWh/år]	Kostnad [kr]	Kostnad [kr/m]	Investering (gentemot typhuset) [kr]
<b>Alternativ 1</b>	88	39,53	92 576	0,06	700	-783	174 720	400	76 128
<b>Alternativ 2</b>	88,6	39,68	92 937	0,09	500	-422	124 800	400	26 208
<b>Alternativ 3</b>	89,3	39,86	93 359	0,11	395	0	98 592	400	0
<b>Alternativ 4</b>	90,4	40,15	94 021	0,15	300	662	74 880	400	-23 712

	År	1	2	3	4	5	10	15	20	25
	kr/kWh	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,96	1,06	1,17	1,29
<b>Alternativ 1</b>	<b>Elkostnad</b>	-626 kr	-1 265 kr	-1 917 kr	-2 581 kr	-3 259 kr	-6 858 kr	-10 831 kr	-15 218 kr	-20 061 kr
	<b>Total kostnad</b>	75 502 kr				72 869 kr	69 270 kr	65 297 kr	60 910 kr	56 067 kr
<b>Alternativ 2</b>	<b>Elkostnad</b>	-337 kr	-681 kr	-1 032 kr	-1 390 kr	-1 755 kr	-3 693 kr	-5 832 kr	-8 194 kr	-10 802 kr
	<b>Total kostnad</b>	25 871 kr				24 453 kr	22 515 kr	20 376 kr	18 014 kr	15 406 kr
<b>Alternativ 3</b>	<b>Elkostnad</b>	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
	<b>Total kostnad</b>	0 kr				0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
<b>Alternativ 4</b>	<b>Elkostnad</b>	530 kr	1 071 kr	1 622 kr	2 184 kr	2 758 kr	5 803 kr	9 165 kr	12 877 kr	16 975 kr
	<b>Total kostnad</b>	-23 182 kr				-20 954 kr	-17 909 kr	-14 547 kr	-10 835 kr	-6 737 kr

**Fönster****(292 m<sup>2</sup>)**

	Total uppvärmning ink. varmvatten [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Totalt köpt energi [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Byggnadens energianvändning [kWh/år]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total köpt energi (gentemot typhuset) [kWh/år]	Kostnad [kr]	Kostnad [kr/m <sup>2</sup> ]	Investering (gentemot typhuset) [kr]
<b>Alternativ 1</b>	87,6	39,43	92 335	0,8	-1 024	634 516	2173	14 717
<b>Alternativ 2</b>	89,3	39,86	93 359	0,9	0	619 799	2 123	0
<b>Alternativ 3</b>	92,6	40,71	95 346	1	1 987	605 176	2 073	-14 623

	År	1	2	3	4	5	10	15	20	25
	kr/kWh	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,96	1,06	1,17	1,29
<b>Alternativ 1</b>	<b>Elkostnad</b>	-819 kr	-1 654 kr	-2 507 kr	-3 376 kr	-4 262 kr	-8 968 kr	-14 164 kr	-19 900 kr	-26 234 kr
	<b>Total kostnad</b>	13 898 kr				10 455 kr	5 749 kr	553 kr	-5 183 kr	-11 517 kr
<b>Alternativ 2</b>	<b>Elkostnad</b>	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
	<b>Total kostnad</b>	0 kr				0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
<b>Alternativ 3</b>	<b>Elkostnad</b>	1 590 kr	3 212 kr	4 866 kr	6 553 kr	8 274 kr	17 409 kr	27 495 kr	38 630 kr	50 924 kr
	<b>Total kostnad</b>	-13 033 kr				-6 350 kr	2 785 kr	12 871 kr	24 007 kr	36 301,1 kr

Bilaga 6: Energi- och ekonomibräkningar kombinerade alternativ

	Fönster [W/m <sup>2</sup> K]	Vägg [W/m <sup>2</sup> K]	Grund [mm]	Tak [mm]	Total uppvärmning ink. varmvatten [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Totalt köpt energi [kWh/m <sup>2</sup> och år]	Byggnadens energianvändning [kWh/år]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total köpt energi (gentemot typhuset) [kWh/år]	Kostnad fönster [kr]	Kostnad vägg [kr]	Kostnad grund [kr]	Kostnad tak [kr]	Total kostnad [kr]	Investering (gentemot typhuset) [kr]
Alternativ 1	1	0,2	100	300	97	41,84	81 134	0,29	6 441	605 176	1 924 440	22 295	74 880	2 626 791	-145 890
Alternativ 2	0,9	0,15	200	395	89,3	39,86	74 693	0,24	0	619 799	2 009 700	44 590	98 592	2 772 681	0
Alternativ 3	0,8	0,14 GRAFIT	300	700	85,2	38,81	71 264	0,2	-3 429	634 516	2 040 150	66 885	174 720	2 916 271	143 590
Alternativ 4	0,8	0,14 S80	300	700	85,2	38,81	71 264	0,2	-3 429	634 516	2 070 600	66 885	174 720	2 946 721	174 040
Alternativ 5	0,8	0,17	200	500	87,9	39,50	73 522	0,23	-1 171	634 516	1 948 800	44 590	124 800	2 752 706	-19 975
Alternativ 6	0,8	0,2	200	395	90,2	40,09	75 446	0,25	753	634 516	1 924 440	44 590	98 592	2 702 138	-70 543
Alternativ 7	0,8	0,17	200	395	88,5	39,66	74 024	0,24	-669	634 516	1 948 800	44 590	98 592	2 726 498	-46 183
Alternativ 8	0,8	0,14 GRAFIT	200	395	86,8	39,22	72 602	0,22	-2 091	634 516	2 040 150	44 590	98 592	2 817 848	45 167
Alternativ 9	0,8	0,14 S80	200	395	86,8	39,22	72 602	0,22	-2 091	634 516	2 070 600	44 590	98 592	2 848 298	75 617
Alternativ 10	1	0,2	200	395	95,2	41,38	79 628	0,27	4 935	605 176	1 924 440	44 590	98 592	2 672 798	-99 883
Alternativ 11	1	0,17	200	395	93,5	40,94	78 206	0,26	3 513	605 176	1 948 800	44 590	98 592	2 697 158	-75 523
Alternativ 12	1	0,14 GRAFIT	200	395	91,8	40,51	76 784	0,24	2 091	605 176	2 040 150	44 590	98 592	2 788 508	15 827
Alternativ 13	1	0,14 S80	200	395	91,8	40,51	76 784	0,24	2 091	605 176	2 070 600	44 590	98 592	2 818 958	46 277



	År	1	2	3	4	5	10	15	20	25
	kr/kWh	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,96	1,06	1,17	1,29
<b>Alternativ 1</b>	<b>Elkostnad</b>	5 152 kr	10 408 kr	15 768 kr	21 236 kr	26 813 kr	56 417 kr	89 103 kr	125 190 kr	165 033 kr
	<b>Total kostnad</b>	-140 738 kr				-119 077 kr	-89 473 kr	-56 788 kr	-20 701 kr	19 143 kr
<b>Alternativ 2</b>	<b>Elkostnad</b>	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
	<b>Total kostnad</b>	0 kr				0 kr	0 kr		0 kr	0 kr
<b>Alternativ 3</b>	<b>Elkostnad</b>	-2 743 kr	-5 542 kr	-8 396 kr	-11 308 kr	-14 277 kr	-30 040 kr	-47 444 kr	-66 659 kr	-87 875 kr
	<b>Total kostnad</b>	140 846 kr				129 313 kr	113 549 kr	96 146 kr	76 930 kr	55 715 kr
<b>Alternativ 4</b>	<b>Elkostnad</b>	-2 743 kr	-5 542 kr	-8 396 kr	-11 308 kr	-14 277 kr	-30 040 kr	-47 444 kr	-66 659 kr	-87 875 kr
	<b>Total kostnad</b>	171 296 kr				159 763 kr	143 999 kr	126 596 kr	107 380 kr	86 165 kr
<b>Alternativ 5</b>	<b>Elkostnad</b>	-937 kr	-1 892 kr	-2 867 kr	-3 861 kr	-4 875 kr	-10 258 kr	-16 200 kr	-22 762 kr	-30 006 kr
	<b>Total kostnad</b>	-20 912 kr				-24 850 kr	-30 233 kr	-36 176 kr	-42 737 kr	-49 981 kr
<b>Alternativ 6</b>	<b>Elkostnad</b>	602 kr	1 217 kr	1 843 kr	2 482 kr	3 134 kr	6 594 kr	10 415 kr	14 633 kr	19 290 kr
	<b>Total kostnad</b>	-69 941 kr				-67 409 kr	-63 949 kr	-60 129 kr	-55 911 kr	-51 254 kr
<b>Alternativ 7</b>	<b>Elkostnad</b>	-535 kr	-1 081 kr	-1 638 kr	-2 206 kr	-2 786 kr	-5 862 kr	-9 257 kr	-13 007 kr	-17 146 kr
	<b>Total kostnad</b>	-46 719 kr				-48 969 kr	-52 045 kr	-55 441 kr	-59 190 kr	-63 329 kr
<b>Alternativ 8</b>	<b>Elkostnad</b>	-1 673 kr	-3 379 kr	-5 120 kr	-6 895 kr	-8 706 kr	-18 317 kr	-28 929 kr	-40 646 kr	-53 582 kr
	<b>Total kostnad</b>	43 494 kr				36 461 kr	26 849 kr	16 237 kr	4 521 kr	-8 415 kr
<b>Alternativ 9</b>	<b>Elkostnad</b>	-1 673 kr	-3 379 kr	-5 120 kr	-6 895 kr	-8 706 kr	-18 317 kr	-28 929 kr	-40 646 kr	-53 582 kr
	<b>Total kostnad</b>	73 944 kr				66 911 kr	57 299 kr	46 687 kr	34 971 kr	22 035 kr
<b>Alternativ 10</b>	<b>Elkostnad</b>	3 948 kr	7 975 kr	12 082 kr	16 272 kr	20 545 kr	43 229 kr	68 273 kr	95 925 kr	126 454 kr
	<b>Total kostnad</b>	-95 935 kr				-79 338 kr	-56 654 kr	-31 610 kr	-3 959 kr	26 570 kr
<b>Alternativ 11</b>	<b>Elkostnad</b>	2 810 kr	5 677 kr	8 601 kr	11 583 kr	14 625 kr	30 773 kr	48 601 kr	68 285 kr	90 018 kr
	<b>Total kostnad</b>	-72 713 kr				-60 898 kr	-44 750 kr	-26 922 kr	-7 238 kr	14 495 kr
<b>Alternativ 12</b>	<b>Elkostnad</b>	1 673 kr	3 379 kr	5 120 kr	6 895 kr	8 706 kr	18 317 kr	28 929 kr	40 646 kr	53 582 kr
	<b>Total kostnad</b>	17 499 kr				24 532 kr	34 144 kr	44 756 kr	56 473 kr	69 409 kr
<b>Alternativ 13</b>	<b>Elkostnad</b>	1 673 kr	3 379 kr	5 120 kr	6 895 kr	8 706 kr	18 317 kr	28 929 kr	40 646 kr	53 582 kr
	<b>Total kostnad</b>	47 949 kr				54 982 kr	64 594 kr	75 206 kr	86 923 kr	99 859 kr

# Kombinerade

