

Klimatskalets inverkan vid byggnation av solcellsdrivna plusenergihus.

En jämförande parameterstudie.



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg- och miljöteknologi/ Byggnadsfysik

Examensarbete:
Åke Nordlund
Zbigniew Packowski

© Copyright Åke Nordlund, Zbigniew Packowski

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

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

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2014

Sammanfattning

Strömningar i dagens samhällsbygge tycks leda mot ett mer hållbart samhälle där energieffektivitet och långsiktig hållbarhet ses som reella parametrar att ta i beaktning vid såväl samhällsplanering som villaprojektering.

När nu begrepp som nollenergihus och passivhus blir en del av byggbranschens breda fåra är det författarnas förhoppning att byggbranschen tar steg mot en mer nyanserad bild av byggandets möjligheter och ansvar.

Studiens syfte har varit att kombinera värmelagringsteori med plusenergihuskonceptet som ett genomförbart sätt att bygga både enskilda bostäder och hela bostadsområden. Eftersom byggnader med tung stomme i kombination med smarta elnät ses som en möjlighet att nå samhällets miljömål.

Resultat presenterade i studien visar tegelstommens reella möjlighet att bli ett kostnadsmässigt alternativ vid byggnation av plusenergihus. Byggnader med tung stomme bör beaktas som ett sätt att adekvat bemöta samhällets gemensamma miljömål till år 2050.

Nyckelord: Plusenergihus, Tung stomme, Smarta elnät, Tegelbyggnad, Solceller

Abstract

Trends in today's building society seem to lead towards a more sustainable society where energy efficiency and sustainability are seen as real parameters to take into consideration at both community planning and villa projects.

Now that concepts like zero energy and passive houses will be part of the construction industry's mainstream, the authors hope that the construction industry will take this step with a nuanced view of the possibilities and accountability of heavy framework buildings.

The study aims to combine heat storage theory with the plus energy house concept as a viable way to build both individual homes and entire communities. Buildings with heavy frameworks connection to smart grids are seen as an opportunity to achieve society's environmental goals.

Results presented in the study show the brick cores opportunity to become a cost effective option at plus energy house construction. They should be considered as a way to adequately respond to society's shared environmental objectives by year 2050.

Keywords: Plus energy house, Heavy frame, Smart energy grids, Brick house, Solar cells

Förord

Denna studie är ett examensarbete på Byggt teknik med Arkitektur vid Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola (LTH), vid avdelningen Byggnadsfysik. Examensarbetet omfattar 22,5 högskolepoäng. Med *Petter Wallentén* som handledare vid LTH och *Tomas Gustavsson* som biträdande handledare från Tomas Gustavsson Konstruktioner AB.

Ett stort tack riktas till de båda handledare för starkt stöd och god vägledning genom hela arbetet.

Vi riktar även ett stort tack till *Andreas Lundström* på COWI och *Lotta Nordén* och *Lars Berlin* på Moderna Tegelhus i Skåne AB. Tack även till *Barbara Lindauer* och *Daniel Zirkelbach* vid Fraunhofer Institute of Building Physics, Holzkirchen för deras upprepade förlängning av WUFI Plus licensen. Victor Fransson, Installationsteknik och Elisabeth Kjellson, Byggnadsfysik tackas för deras hjälp med värmelagringsteorin och dimensionering av solproduktionsanläggningen.

Slutligen tackas övriga inblandade i projektet för deras trevliga bemötande till studien.

Lund juni 2014

Åke Nordlund och Zbigniew Packowski

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metodik	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Teori	3
2.1 Bakgrund till Passivhusteknik	3
2.2 Passivhusteknik	3
2.3 Energieffektivisering i Sverige	4
2.4 Plusenergihus	4
2.5 Värmetransportmekanismer	5
2.5.1 Strålning	5
2.5.2 Konvektion	6
2.5.3 Värmeledning	6
2.6 Termiska egenskaper	6
2.6.1 Värmeledningsförmåga	6
2.6.2 Värmekapacitet	7
2.7 Termisk balans	7
2.7.1 Värmeflöden i en byggnad	7
2.7.2 Värmelagring i byggnader	8
2.8 Inomhusklimat	8
2.8.1 Termisk komfort	9
2.9 Solteori	10
2.9.1 Solinstrålning	10
2.9.2 Solel	11
2.9.3 Solvärme	13
3 Bakgrund Typhusritningar	15
3.1 Moderna Tegelhus i Skåne AB	15
3.2 Attityder till murat och putsat byggande	16
3.2.1 Slutsatser från enkäten ur rapporten	17
4 Konstruktion	21
4.1 Grundläggningen	21
4.2 Fasad	21
4.3 Fukt	21
5 Solproduktion	25
5.1 Programmet Solelekonomi	25
5.2 Avgränsningar	26
5.3 Utförande	26

6 Energijämförelse	33
6.1 WUFI Plus	33
6.1.1 Avgränsningar	33
6.2 Utförande	34
6.2.1 Tak Trähus	34
6.2.2 Tak Tegelhus	34
6.2.3 Grund	34
6.2.4 Vägg trähus	35
6.2.5 Vägg tegelhus	35
6.2.6 Fönster och dörrar	35
6.2.7 Solskydd	36
6.3 Viktiga parametrar	37
6.3.1 Installationssystemet	37
6.3.2 Infiltration	39
6.3.3 Luftomsättning	40
6.3.4 Interna laster	42
6.3.5 Komfort	43
6.3.6 U-värde och Lufttäthet	44
6.3.7 Förenklingar	46
7 Kostnadsjämförelse	47
7.1 Wikells Sektionsfakta	47
7.1.1 Avgränsningar	47
7.2 Utförande	47
7.2.1 Grundläggning	47
7.2.2 Grundmur	48
7.2.3 Tak	49
7.2.4 Stomme	51
7.2.5 Innerväggar	53
7.2.6 Fönster- och Dörrpartier	54
7.2.7 Solproduktionsanläggningen	55
7.2.8 Totalkostnader	56
8 Dagens elmarknad	57
8.1 Timtaxa	57
8.2 Smarta elnät	58
9 Slutsats och diskussion	59
9.1 Slutsats	59
9.2 Diskussion	59
9.3 Felanalys	60
9.4 Fortsatta studier	60

10 Källförteckning	63
10.1 Tryckt litteratur.....	63
10.2 Elektroniska källor	64
10.3 Muntliga källor.....	66
11 Bilagor	67
11.1 Bilaga 1 Planritning, byggnad med tegelstomme.....	68
11.2 Bilaga 2 Fasader, byggnad med tegelstomme.....	69
11.3 Bilaga 3 Sektion A-A, byggnad med tegelstomme	70
11.4 Bilaga 4 Principdetaljer, byggnad med tegelstomme.....	71
11.5 Bilaga 5 Planritning, byggnad med träregelstomme	72
11.6 Bilaga 6 Fasader, byggnad med träregelstomme	73
11.7 Bilaga 7 Sektion A-A, byggnad med träregelstomme	74
11.8 Bilaga 8 Principdetaljer, byggnad med träregelstomme	75

1 Inledning

Dagens byggsektor har insett vikten av att bygga energieffektivt. Sverige ska halvera energianvändningen i bebyggelsen till år 2050 i förhållande till energianvändningen i dagsläget. Redan år 2020 ska all nybyggnation vara nära nollenergibyggnader och energianvändningen i befintliga byggnader ska efter större renoveringar reduceras med tjugo procent. Hela branschen ska ställas om till ett mer energieffektivt byggande. Det har resulterat i ny forskning och större fokus på energieffektiva byggnader. [Energimyndigheten. 2013.]

1.1 Bakgrund

Idag finns ett flertal olika koncept inom byggbranschen, bland annat passivhus, minienergihus, nollenergihus och plusenergihus. Alla ligger avsevärt under de byggregler och förordningar som fastlagts av Boverket.

- Passivhus: ca 1/3 av energianvändningen enligt BBR
- Minienergihus: ca 2/3 av energianvändningen enligt BBR
- Nollenergihus: användning = produktion (energimässigt)
- Plusenergihus: användning < produktion (energimässigt)

År 2012 lanserar FEBY, Forum för energieffektiva byggnader bildat år 2007, nya kriterier för ovan nämnda huskoncept. FEBY är ett samarbete mellan SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, ATON Teknikkonsult, IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds Tekniska Högskola med syfte att definiera marknadsledande lågenergibegrepp och kunskapsspridning om energieffektiva byggnader. [ByggNyheter.se. 2009.]

Under senare år har ny forskning visat på den ännu outnyttjade fördelen med att utnyttja materialegenskaper hos tunga material. [Rönneblad Anders. 2012.] Materialens värmelagringsförmåga kan på så sätt utnyttjas till att ”eco-driva” byggnader energimässigt. Detta skulle för brukaren resultera i en lägre energianvändning. Värmelagring gynnar även elbolagen som får möjlighet att jämna ut sin elförsäljning över dygnet och därav få möjligheten att förlita sig till större del på hållbara energikällor. [Betongbyggnad. 2010.]

1.2 Syfte

Syftet med studien är att försöka kombinera värmelagringsteori med plusenergihuskonceptet för att se om ett effektivare plusenergihus kan åstadkommas i jämförelse med ett vanligt plusenergihus.

1.3 Metodik

För att uppnå syftet med rapporten har författarna jämfört en byggnad med tung stomme mot en med lätt stomme. Under arbetets gång genomfördes en litteraturstudie för att förstå ovan nämnda koncept och teorier. Vidare genomfördes en projektering av typritningar för att definiera de plusenergihus som jämförs i rapporten.

Jämförelsen har genomförts med hjälp av fuktberäkningsprogrammet WUFI Plus. Vidare har en kostnadskalkyl genomförts för att tydligare kunna göra jämförelser mellan de båda byggnaderna.

För att definiera byggnaderna som plusenergihus genomförs även en dimensionering av en solvärmeanläggning och en solcellsanläggning.

1.4 Avgränsningar

Studien avgränsas till klimatskalets inverkan vid byggnation av enfamiljs-plusenergihus. Beräkningar kommer inte att genomföras på flera olika klimatskal utan kommer avgränsas till en konstruktion med träregelstomme och en kanalmurs konstruktion av tegel.

I studie har ingen fuktanalys genomförts. Inga konstruktionsberäkningar har genomförts av typritningarna, utan de används, endast som beskrivning av byggnaderna som jämförs. Installationssystemet optimeras inte, utan hålls som fixt för de båda byggnaderna. Ingen undersökning av effekten vid förbättrad styr- och reglerteknik genomförs. Fönster, dörrar och fönsterpartier optimeras inte utan dimensioneras utefter U-värden som klarar gränserna för godkännande utifrån FEBY12.

2 Teori

2.1 Bakgrund till Passivhusteknik

Passivhuskonceptet är en byggteknik med nära anknytning till Lunds Tekniska Högskola, LTH. Forskning kring högisolerade byggnader började för tjugo till trettio år sedan. Bo Adamson, forskare på avdelningen för byggnadskonstruktion vid Lunds Universitet forskade under 60-talet om högisolerade byggnader och bygger då en prototyp av högisolerade byggnader, resultaten leder till nya byggregler i Sverige. Adamson försöker finna en lösning för byggnader som inte behöver uppvärmningssystem, vilket kan innebära att innetemperaturen får falla någon grad. [Fredlund Bertil. 2014.]

På LTH startas år 1986 ett teoretiskt forskningsprojekt. Efter att det i Kina skapas regler, där det av politiska skäl inte var tillåtet att värma byggnader efter behov. Istället värmdes byggnader efter uppvärmningssäsong som bestämdes av makthavarna. Förslaget blev en högisolerstandard. Under 90-talet fortsätter forskningen om lågenergihus i Kina. [Fredlund Bertil. 2014.]

Wolfgang Feist, grundare till passivhuskonceptet, besöker ofta Byggnadskonstruktion på LTH under 1980-talet i syfte att samarbeta med institutionen. Vilket lägger grunden till dagens passivhuskonceptet. Bland annat genomfördes datorsimuleringar av energibalanser för hela år. För att konceptet skulle vara kostnadseffektivt lades fokus på klimatskalet. Under dr. Feists tid i Lund lanseras passivhuskonceptet även i Centraleuropa, byggnader med extremt litet energibehov för uppvärmning och således inte behöver något aktivt uppvärmningssystem. Dr. Feist grundar år 1996, The Passivehouse Institut i Darmstadt, Tyskland. [Fredlund Bertil. 2014.]

2.2 Passivhusteknik

Kortfattat kan konceptet förklaras, att byggnader byggs energisnålt med hjälp av minimerade värmeförluster genom byggnadens klimatskal i kombination med effektiv ventilation och värmeåtervinning som tillvaratar värme från brukare, elektrisk apparatur och solinstrålning. Detta innebär ett lufttätt, välisolerat klimatskal samt fönster och dörrar med låga U-värden.

2.3 Energieffektivisering i Sverige

Energieffektivisering innebär att energiåtgången blir så effektiv som möjligt för brukaren och samtidigt så hållbara som möjligt för samhället. Vilket resulterar i att miljö- och klimatbelastningen blir mindre.

Energimyndigheten är en statlig myndighet som arbetar för ett tryggt, miljövänligt och effektivt energisystem. Genom internationellt samarbete och engagemang bidrar energimyndigheten till att nå regeringens utsatta klimatmål. Tillsammans med bland annat Passivhuscentrum presenteras varje år en oberoende marknadsöversikt. I denna kan man läsa vilka småhusleverantörer som säljer energieffektiva hus på den svenska marknaden. Samarbetespartnern Sveriges Centrum för Nollenergihus redovisar även certifierade och verifierade byggnader på deras hemsida. [Energimyndigheten. 2012.]

I olika länder skiljer sig kriterierna för passivhus åt beroende på de lokala klimatförutsättningarna och bygglagarna. Den internationella definitionen företräds av Passivhaus Institut (PHI). De svenska kriterierna för nollenergihus, passivhus och minienergihus utvecklades först av en expertgrupp utsedd av Forum för energieffektiva byggnader (FEBY). Ansvaret har nu övertagits av Sveriges Centrum för Nollenergihus (SCNH), som är en förening för utveckling och spridning av energieffektivt byggande. [Sveriges Centrum för Nollenergihus. 2012.]

Den nu reviderade versionen kallas för FEBY12 och är i sin tur uppdelad i skilda dokument för bostäder och lokaler. Projektet har delvis finansierats av LÅGAN. LÅGAN är ett samarbete mellan Sveriges Byggindustrier, Energimyndigheten, Västra Götalandsregionen, Formas, Boverket, byggherrar, entreprenörer och konsulter för att främja ny- och ombyggnad av lågenergibygnader. [Sveriges Centrum för Nollenergihus. 2012.]

2.4 Plusenergihus

FEBY12 väljer att inte definiera kriterier för plusenergihus utan definierar istället kriterier för nollenergihus.

- Nollenergihus: användning = produktion (energimässigt)

Författarna väljer i arbetet att definiera plusenergihus som nollenergihus med överproduktion av energi.

2.5 Värmetransportmekanismer

Värme kan transporteras på tre sätt, nedan kommer en kort beskrivning av dessa.

2.5.1 Strålning

En kropp utstrålar elektromagnetisk strålning, detta kallas också för värmestrålning. Det beror på att kroppar lämnar och tar emot strålning så länge temperaturen är varmare än nollpunkten. [Redogörelse Värmetransport Luleå tekniska högskola.]

En kropp som absorberar all strålning som den tar emot kallas för en svart kropp. Hos en real kropp blir strålningsintensiteten normalt lite lägre. Hur mycket lägre anges av dess emittans, ϵ , som är ett mått på hur en real kropp strålar i jämförelse med en svart kropp. Strålningen för en normal kropp tecknas:

$$q = \epsilon \cdot \sigma_s \cdot T^4$$

där

ϵ är emittansen (-)

q är värmeväxlingsintensiteten i W/m^2

σ_s är $5.7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ (Stefan Boltzmanns konstant)

T är kroppens temperatur i Kelvin

Strålningen som strålar mot en yta kommer dels att absorberas, dels transmitteras och dels reflekteras. Summan av dessa är lika med den totalt infallande strålningen. Inom den praktiska byggnadsfysiken fördelas strålningen i två skilda typer av strålning: solstrålning och strålning från ytor vid rumstemperatur. Solstrålningen kommer från en yta som har mycket hög temperatur och denna strålning är kortvågig. Strålningen från ytor vars temperaturer är väsentligt lägre, cirka 20°C är långvågig. [Sandin Kenneth. 2010.]

2.5.2 Konvektion

Konvektion är värmetransporten i ett medium, ofta luft eller vatten. Det finns två typer av konvektion, påtvingad och så kallad egenkonvektion.

Egenkonvektion är exempelvis när varm luft som är lättare än kall luft, stiger och på så vis skapar en naturlig cirkulation, ett exempel på detta är den så kallade skorstenseffekten. Påtvingad konvektion i byggnader sker med hjälp av fläktar eller vind. Skorstenseffekten och den påtvingade konvektion leder tillsammans med otätheter i klimatskalet till luftläckage i byggnader.

[Burström P.G. 2007.]

2.5.3 Värmeledning

Värmeledning innebär att det sker en värmetransport i ett material. Orsaken är att energi överförs mellan molekyler och det sker överallt där det finns skillnad i temperatur och materia. [Burström P.G. 2007.]

2.6 Termiska egenskaper

Kravet på termiska egenskaper är ibland tydlig uttryckt i kravspecifikationen för byggnadsdelar, till exempel att det ska isolera från kyla eller leda bort värme. Men i alla konstruktioner där temperaturen varierar med tiden kan de termiska egenskaperna ha stor betydelse för dess funktion. Nedan nämns två termiska egenskaper av betydelse till denna rapport.

2.6.1 Värmeledningsförmåga

Värmeledningsförmåga, λ (W/m·K), definieras som den värmemängd som per sekund passerar genom en kvadratmeter av ett material med en meters tjocklek då temperaturdifferensen är en grad.

Så gott som alla byggnadsmaterial är porösa. Det påverkar värmeisoleringsförmågan eftersom luftens värmeledningsförmåga är avsevärt sämre än de flesta övriga material, detta förklarar även varför fuktiga material isolerar sämre än torra. I de porösa materialen sker värmeövergången utöver värmeledning till viss del även genom konvektion och strålning. Vilket normalt räknas in i materialens värmeledningsförmåga. [Nevander L.E. & Elmarsson B. 1994.]

2.6.2 Värmekapacitet

Värmekapaciteten, c_p , är den värmemängd som krävs för att höja en viss kropps temperatur med en grad. Sätts värmekapaciteten i relation till kroppens vikt betecknas den specifik värmekapacitet, c_p , och har enheten $J/(kg \cdot K)$ eller $Ws/(kg \cdot K)$. [Burström P.G. 2007.]

$$C = \rho \cdot V \cdot c_p$$

Materialens värmekapacitet spelar stor roll när man diskuterar en byggnadsdels förmåga att utjämna rumstemperatur mellan dag och natt. Vidare är den av betydelse för värmelagring i system för soluppvärmning. [Burström P.G. 2007.]

2.7 Termisk balans

För att varken frysa eller känna obehag av värme, så bör människans kropp befinna sig i termisk balans. En parameter som bland annat påverkar denna balans i en byggnad är värmeflöde. Kombinerat värmeflöde med värmelagring kan även stora mängder energi sparas.

2.7.1 Värmeflöden i en byggnad

Ett komfortabelt inomhusklimat uppnås bland annat genom att balansera värmetillskottet i en byggnad, mot värmeförlusten. Värmeförlusten sker genom förluster i klimatskal, ventilation och avlopp. Värmetillskottet består av två delar, gratis och köpt energi. Den köpta energin används direkt till uppvärmning eller kylning av byggnader. Medan gratisenergin är den spillvärme som brukare tillför genom kroppsvärme och användning av elektrisk apparatur som avger värme samt genom solinstrålning.

Vid certifiering enligt FEBY12 viktas dessa energiklasser samman, därutöver anpassas energiformsfaktorer för lokala produktionssystem. Detta görs baserat på dokumentet "Lokala Energiformsfaktorer" som finns tillgängligt på föreningens hemsida där även egenproducerad el ingår.

2.7.2 Värmelagring i byggnader

Värmelagring i ett byggnadsmaterial innebär att värme upptas i materialet för att sedan avges. Det finns två sätt att kombinera värmelagring med komfortabelt inneklimat. Första sättet är optimering av materialets densitet, tjocklek, värmeledning och värmekapacitet. Det andra sättet innebär att koppla samman ett värmelagrande material med pumpar, värmeväxlare och fläktar. Detta definieras i första fallet som passiv värmelagring, och i andra fallet som aktiv värmelagring. I bostäder är det i första hand tal om passiv värmelagring då aktiv värmelagring och kylning med hjälp av fläktar som susar och viner inte är ett alternativ nattetid i byggnader där människor sover. Hur mycket värme som kan lagras beror på en rad faktorer såsom stomlösning, värmesystem, fönsters storlek och orientering, vilken typ av verksamhet byggnaden har och var den är placerad geografiskt. [Hardenhill Björn. 2013.]

Ett exempel på hur den aktiva värmelagringen kan användas i framtiden för att minimera energianvändningen är stadsdelen Hyllie i Malmö. Visionen är att energiförsörjningen år 2020 ska till 100 procent bestå av förnybar eller återvunnen energi. Kravet är att alla byggnader byggs med värmetröga betongstommar som förbinds med ett smart nät som gör det möjligt att flytta överskottsvärme och därmed effektuttag i tiden. Detta möjliggörs genom att betongen laddas upp med värme. För att sedan tillåta överskottsvärmen sippra ut och värma byggnaden när värmekällan stängas av i några timmar. [Hardenhill Björn. 2013.]

2.8 Inomhusklimat

Begreppet inomhusklimat täcker in flera faktorer som påverkar förhållandena inomhus. För utrymmen där människor vistas kan dessa delas in i fysiska och mänskliga faktorer.

De viktigaste fysiska miljöfaktorerna är:

- Värme
- Luft
- Ljus
- Ljud
- Fukt

2.8.1 Termisk komfort

Termisk komfort är ett svår definierat begrepp men kan enklast beskrivas.

Begreppet termisk komfort definieras som det tillstånd då en person är tillfreds med temperaturupplevelsen och önskar sig varken varmare eller kallare omgivning. [Warfvinge C. & Dahlbom M. 2010.]

På grund av individuella skillnader är det inte möjligt att definiera en temperatur som tillfredsställer alla individer samtidigt, även om aktivitetsnivån och klädseln i stort är likartad, som till exempel på ett kontor. Detta medför att ett resultat på 80 procent nöjda brukare av valt inneklimat, anses som fullgott betyg. [Warfvinge C. & Dahlbom M. 2010.]

Upplevelsen av det termiska klimatet kan beskrivas med hjälp av sex inneklimatparametrar. Två av dessa är direkt kopplade till individen:

- Klädsel
- Aktivitet

De övriga fyra är:

- Luftens temperatur
- Luftens hastighet
- Omgivande ytors temperatur
- Luftens fuktighet

Utöver dessa tillkommer och används ofta:

- Golvets yttemperatur
- Luftens vertikala temperaturgradient

För att beskriva inverkan av luftens temperatur och värmestrålning mellan brukaren och omkringliggande ytor används begreppet operativ temperatur. Den operativa temperaturen beräknas som medelvärdet av lufttemperaturen och omgivande ytors temperatur enligt:

$$T_o = (T_{\text{luft}} + T_r) / 2$$

där

T_r definieras som den viktade medeltemperaturen hos omgivande ytor. [Warfvinge C. & Dahlbom M. 2010.]

Energiberäkningsprogrammet WUFI Plus använder CEN-standarden, prEN15251 som schablonvärde för att beräkna den operativa temperaturen.

CEN är den europeiska organisationen för standardisering. Organisationen samlar de nationella standardiseringsorganen för trettio tre europeiska länder. [CEN. European Committee for Standardization. 2014.]

2.9 Solteori

Solen är en naturlig, miljövänlig och kostnadsfri energikälla. Denna energi går att ta tillvara på genom solceller och solfångare. För att optimera dessa system finns en del information som bör beaktas.

2.9.1 Solinstrålning

Den direkta solinstrålningen som når den vinkelräta ytan på utsidan av jordens atmosfär, har i genomsnitt en energi på 1367 W/m^2 . I verkligheten varierar denna energi mellan ungefär 1320 till 1410 W/m^2 beroende vid vilken tidpunkt på året man mäter. Medelvärdet, 1367 W/m^2 kallas solarkonstanten och är utgångspunkt för att mäta solinstrålningen på jorden. [Hedén Pontus. 2013.]

Solinstrålning är långt ifrån konstant, även sett över längre perioder. Skillnaden mellan ett solrikt och ett solfattigt år kan därför variera mellan ungefär 110 respektive 90 procent av normalåret. [SMHI. 2014.]

Det ska också nämnas att på grund av jordens form och struktur varierar soluppgång och solnedgång över året för alla platser som avviker från ekvatorn. Ju längre avstånd från ekvatorn desto större blir variationerna mellan möjliga soltimmar mellan sommar och vinter.

2.9.2 Solel

Solel utvinns från solceller, en solcell förvandlar en del av den solenergi som strålar på solcellen till elektrisk energi. Effekten som erhålls ur en solcell är direkt proportionell mot mängden solstrålning som strålar mot ytan. [Hedén Pontus. 2013.]

Spänningen som uppstår i en solcell är ganska låg, men genom att seriekoppla flera solceller till en modul ökar man spänningen. Dessa moduler kan i sin tur seriekopplas med fler moduler. [Sigurd D. och Stolt L. 2014.]

Seriekoppling mellan moduler görs sedan tills dess att strömmen uppgår till 12 eller 24 volts likström. Vill man kunna koppla solcellerna till elnätet med 230 volt krävs en växelriktare som omvandlar likström från solcellen till växelström.

Det finns flera typer av solceller med olika egenskaper. Exempel på olika typer är kristallina solceller, tunnfilmssolceller, färgsensibiliserade solceller, nanotrådsolceller och organiska solceller. Utav dessa är de kristallina solcellerna vanligast och därefter tunnfilmssolcellerna. [Karlsson S. och Bargi S. 2013.]

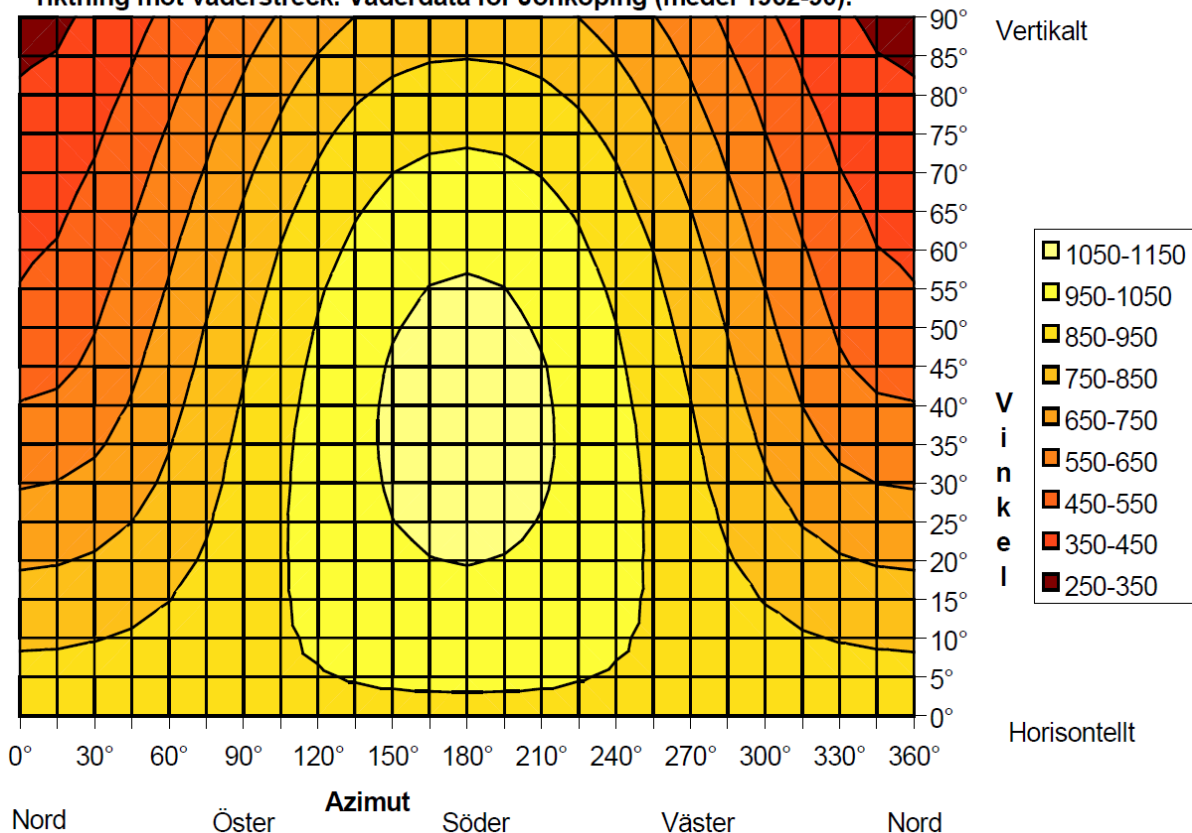
Verkningsgraden mellan de olika solcellerna skiljer sig åt och varierar från 7 till 18 procent för de solceller som finns på marknaden. Man har dock lyckats uppnå verkningsgrader så höga som över 40 procent vid laborietester. [Sigurd D. och Stolt L. 2014.]

2.9.2.1 Orientering

En solcellspanel får varierad mängd solinstrålning mot dess yta beroende på hur den är riktad. Väderstrecket för en solcellspanel kan justeras i två dimensioner, horisontell och vertikal. Då man oftast väljer att montera solceller i en fixerad riktning är det viktigt att välja orientering med omsorg. Maximal årlig solinstrålning erhålls vanligen för en södervänd yta där lutningen är densamma som latituden för platsen minus 20 grader. [Hedén Pontus. 2013.]

Optimal solinstrålning fås inom ett visst område vid variation av vinkel och lutning, vilket visas nedan i Figur 2.1 där det ljusare området indikerar högre solinstrålning.

Total solinstrålning i kWh/m², år beroende på vinkel mot horisontalplan och riktning mot väderstreck. Väderdata för Jönköping (medel 1962-90).



Figur 2.1. Total solinstrålning i kWh/m², år beroende på vinkel och väderstreck. Väderdata för Jönköping (medel 1962-90). Grafik efter NET Ltd/Gutschner. [Kjellsson Elisabeth. 2000.]

2.9.2.2 Skuggning

Känslighet för skuggning varierar mellan olika solcellsmoduler. I detta kapitel ska främst de två vanligaste modulerna behandlas, kristallina solceller och tunnfilmssolceller. Vid seriekoppling av solceller får man ut ett positivt resultat av att spänningen förhöjs men man får även en sårbarhet i total verkningsgrad. Vid seriekoppling av flera celler måste strömmen gå genom varje cell var för sig och solcellsmodulen kan då inte leverera starkare ström än dess svagaste länk. I en seriekoppling med kristallina solceller kan en helt skuggad eller söndrig solcell följaktligen nollställa effekten för alla solceller i en modul. För att undvika detta problem installeras shuntdioder som kopplar bort celler som inte producerar någon ström hos en modul.

Fördelen med tunnfilmssolceller är att cellerna är långa och smala. Det gör att risken minskar för att en hel cell skuggas, vilket gör att tunnfilmssolcellerna är mindre känsliga för skuggning i förhållande till de kristallina solcellerna. [Hedén Pontus. 2013.]

2.9.3 Solvärme

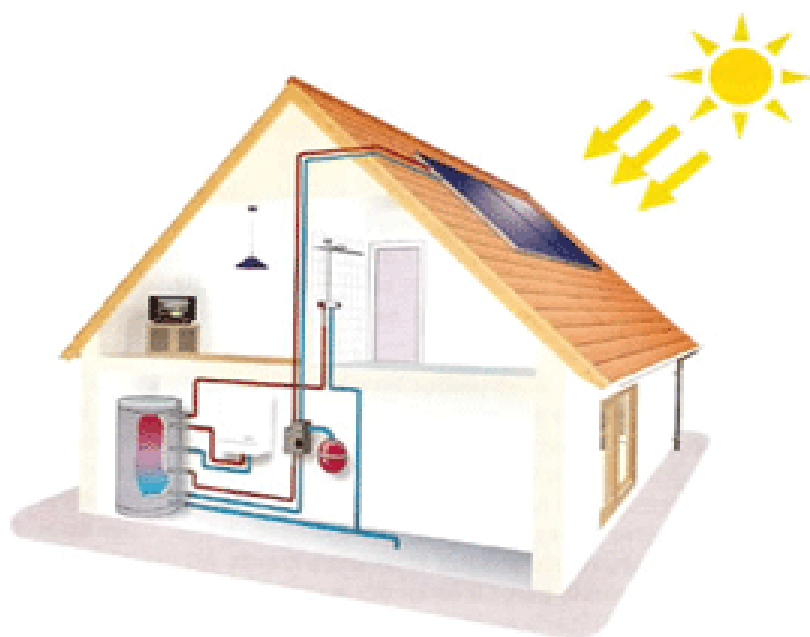
Solens energi behövs för allt liv på jorden och denna energi är i princip obegränsad. För att utnyttja solenergin på bästa sätt kan man i kombination med en solcellsanläggning även installera en solfångaranläggning. Solen ger då exempelvis värme till vatten som kan användas som värme till byggnader.

Med en solfångaranläggning upptas alltså värme från solstrålarna i syfte att användas för uppvärmning. Detta kan värma upp både tappvattnet och inomhusluften. De vanligaste varianterna av solfångare är den plana solfångaren och vakuumrörs solfångaren. Båda dessa solfångare kan monteras på byggnaders tak eller ytterväggar.

En korrekt dimensionerad solfångaranläggning kan täcka upp till hälften av det årliga energibehovet för tappvarmvattenuppvärmningen. Beroende på var i landet byggnaden finns kan en solfångaranläggning även ge energitillskott till husets uppvärmningssystem. Hur mycket energi som kan sparas beror bland annat på värmesystemet i byggnaden, byggnadens läge och brukarens beteende som påverkar värmebehovet. [Bosch. 2014.]

Vid produktion av solvärme monteras en solfångaranläggning exempelvis på taket och tar upp solvärmens energi som strålar in. Mediet i solfångarna absorberar värmen och transporterar den till en värmeväxlare som överför värmen till ett energilagret. Värmeväxlaren kan antingen vara en extern plattvärmeväxlare eller sitta inbyggd i ackumulatortanken. Mediet pumpas runt i systemet av en cirkulationspump, som startar och stoppas efter signal från en reglercentral. Reglercentralen startar cirkulationspumpen när temperaturen i solfångarna är högre än mediet i energilagret. [Jonsson Stefan. 2006.]

Akkumulatortanken där energin lagras är hela energisystemets hjärta där allt värmeutbyte sker. Mediet i tanken är oftast så kallat dövattnet. Med detta menas att vattnet finns i ett slutet system, ofta i kombination med vattnet i värmesystemet, och är aldrig i kontakt med till exempel dricksvattnet. I energilagret finns utöver värmeväxlaren för uppvärmningssystemet en värmeväxlare för uppvärmning av kallvatten till tappvarmvatten. Det finns uttag i botten och toppen av tanken för tillopp samt retur av en primär värmekälla. I toppen på tanken finns ofta en elpatron som extra spetsvärme. [Jonsson Stefan. 2006.]



Figur 2.2. Uppbyggnad av solfångarsystem.

För att avgöra lönsamheten i en solvärmeanläggning måste den totala kostnaden beräknas. Ett önskvärt scenario vore om kostnaden per installerad kvadratmeter solfångare fanns tillgänglig, men sådan är inte verkligheten. Varje anläggning har individuella systemlösningar och därmed individuella priser. [Jonsson Stefan. 2006.]

3 Bakgrund Typhusritningar

3.1 Moderna Tegelhus i Skåne AB

I en intervju med Moderna Tegelhus i Skåne AB diskuterades idéer och tankar kring typhusritningarna som används som grund till de typhus som projekterats av författarna, se kapitel 11 Bilagor. För att få en bakgrundsbild av hur arkitekterna tänkt då de skapat typhusritningarna.

De senaste åren har ett stadigt stigande intresse för stenhus märkts av, framförallt sedan SP rapporterade om de omfattande problemen med fukt, mögel och röta i regelväggar med enstegstätning år 2007. Inte minst i Skåne märks detta stigande intresse för stenhus tydligt. [Tomas Gustavsson konstruktion AB. 2014.]

Lotta Nordén och Lars Berlin är två arkitekter med stor erfarenhet av sten och tegelhus. Deras intresse för materialen grundar sig mycket i det rena, ärliga arkitektoniska uttryck som är möjligt med sten- och tegelkonstruktioner. [Nordén L. & Berlin L. 2014.] Men även den fördel som tegelkonstruktioner har vad det gäller dess byggnadsfysikaliska egenskaper, akustiska egenskaper och möjlighet till enkla konstruktionslösningar. Detta uttryck eller arkitektoniska språk innefattar både materialitet och tektonik. Dessa begrepp är arkitekter väl införstådda med men kan kräva en förklaring för ingenjörer.

Materialitet: Alla materials inneboende egenskaper, hur vi uppfattar material, till exempel uppfattar vi trä som varmt, betong som fast och glas som skört.

Tektonik: När vi kan se, uppleva och enkelt förstå tekniska lösningar. Som ett valv eller en fackverksbalk. När tekniska lösningar exponeras och blir en del av den rumsliga upplevelsen, en del av arkitekturen.

Dessa begrepp går ofta förlorade i dagens byggande, där ett putsat hus, numera ofta inte är ett stenhus utan ett träregelhus med putsade fasadskivor. Det medför att det finns svårigheter för brukaren att uppleva husens uppbyggnad, tektoniken går förlorad. Att bygga med sten och tegel innebär att dessa begrepp nästan per automatik får en central roll. Detta är vad många arkitekter och även privatpersoner upplever som kvalitet. [Nordén L. & Berlin L. 2014.]

Då arkitektur oftast blir intressantare med högt ställda krav, ville arkitekterna utgå från en liten boarea till att börja med, för att på så sätt bygga bra hus med genomarbetade planlösningar och låga drift- och underhållskostnader för gemene man. Detta utvecklades under arbetets gång till en mängd olika typritningar i olika storlekar. De innefattar både parhus, radhus och friliggande villor i olika storlekar. [Nordén L. & Berlin L. 2014.]

Det är dessa ritningar som författarna använt sig av vid projekteringen av de typhus som används som referenser i denna rapport.

3.2 Attityder till murat och putsat byggande

För att skapa en uppfattning om attityden mot murade byggnader har författarna valt att utgå från Miklós Molnár rapport, ”Attityder till murat och putsat byggande hos byggentreprenörer, arkitekter och köpare av småhus”. I rapporten redovisas resultat av ett forsknings- och utvecklingsprojekt genomfört vid Lunds tekniska högskola under åren 2011 till 2012. Finansierat av Sveriges Murnings- och Putsentreprenörsförening. [Molnár Miklós. 2012.]

I rapporten kan man bland annat läsa att:

Murat och putsat byggande är en byggnadsteknik med lång tradition i Sverige. Efter att ha upplevt en kraftig tillbakagång under perioden 1970-1990 har intresset för murat och putsat byggande åter blivit starkare de senaste tio-femton åren, framförallt i småhus. Fördelar som ofta förknippas med den här typen av byggande är god inomhusmiljö, beständighet och vackert åldrande. Aktuella misslyckanden med mindre utprovade byggnadstekniker har ytterligare stärkt intresset för murat byggande hos arkitekter, entreprenörer och inte minst konsumenter. Husbyggandet befinner sig samtidigt i en kraftig omvandlingsprocess som syftar till radikalt minskad energianvändning.

Projektrapporten ställde bland annat frågan när det gäller köpare av nybyggda småhus:

Vilka faktorer styr småhusköpares prioriteringar i samband med köp av nybyggda byggnader?

3.2.1 Slutsatser från enkäten ur rapporten

I rapporten, ”Attityder till murat och putsat byggande hos byggtreprenörer, arkitekter och köpare av småhus” besvarades enkäten av 200 platschefer och arbetschefer, 120 arkitekter över hela landet. Enkäterna besvarades också av 225 husköpare med byggstart mellan åren 2008 till 2010 i Skånes-, Väster Götlands- och Stockholms län. [Molnár Miklós. 2012.] Nedan följer utdrag ur rapporten.

3.2.1.1 Prioriteringar i samband med husköp

Följande faktorer har småhusköpare angett vara viktiga eller mycket viktiga i samband med husköp eller nybyggnation:

- Hantverksmässigt utförande (92 %), sunt inomhusklimat (88 %), gedigenhet, beprövad byggnadsteknik (88 %), hög fuktsäkerhet (85 %), husets livslängd och slitstyrka (78 %).
- 74 % av småhusköparna anger att materialet i fasaderna respektive 71 % att materialet i husets väggar är viktigt eller mycket viktigt.

Småhusköpare förefaller ha lättare att formulera funktionskrav än krav på materialet eller den tekniska lösningen, vilket är helt naturligt för lekmän. Murat och putsat byggande anses vara starkt inom många av de uppräknade områdena.

3.2.1.2 Arkitektritad eller typhus – preferenser, faktiskt val och nöjdhet

- 26 % av småhusköparna önskar sig ett arkitektritad hus medan 32 % kunde tänka sig ett typhus som i stora drag motsvarade småhusköparens egna önskemål. 34 % var öppna för alla alternativ.
- Andelen småhusköpare som önskar sig ett arkitektritad hus har ökat med 50 % sedan år 2001.
- I slutändan köper 30 % ett arkitektritad hus och 41 % ett anpassat typhus.
- Arkitektritade hus är vanligast bland småhusköpare med högre inkomster.
- 71 % av de murade husen är arkitektritade.
- 80 % av alla köpare är nöjda med sina val när det gäller husets utformning. Nöjdast är de som ritat sitt eget hus eller har köpt arkitektritad. Andelen nöjda småhusköpare har ökat sedan år 2001 – från 60 % till ca 80 %.

3.2.1.3 Stommaterialet – preferenser, faktiskt val, nöjdhet, energiförbrukning

- Cirka 60 % av småhusköparna har inte några uttalade önskemål om materialet i husets stomme. Skåne avviker från Stockholm och Västra Götaland, här har 57 % av småhusköparna något önskemål om materialet i stommen jämfört med genomsnittet på 40 %.
- 22 % av småhusköparna vill helst ha stomme av trä och 16 % en murad stomme.
- Intresset för murverk är störst i Skåne med 34 % att jämföra med 7 % i Stockholm och Västra Götaland.
- I verkligheten köper 74 % av småhusköparna ett hus med trästomme.
- Cirka 9 % av småhusköparna köper ett hus med murad stomme. 84 % av alla murade husen hamnar i Skåne.
- Köpare av murade hus är något nöjdare än övriga, 85 % mot genomsnittet 81 %.
- Bortfallet av murverksintresserade är 33 % i Skåne, 57 % i Västra Götaland och 85 % i Stockholm.
- De främsta anledningarna till att det murade stomalternativet väljs bort är:
 - Det skulle bli för dyrt (24 %). De flesta som tycker detta tillhör den högsta inkomstgruppen.
 - Brist på färdiga förslag (10 %). Utbudet av murade hus förefaller ha ökat sedan 2001 – då var det 21 % som valde bort ett murat alternativ p.g.a. brist på färdiga förslag.
 - Formella hinder (5 %).
 - Höga uppvärmningskostnader (4 %).
- Cirka 25 % av småhusköparna anser att materialet i stommen inte har någon betydelse för energiåtgången. Lika många svarar att de inte vet.
- Bara 12 % av småhusköparna tror att lägst energiåtgång får man med en murad stomme, vilket är lägst bland materialslagen.

- Bara 37 % av de som köpt ett murat hus tror att just murverk ger lägst energiåtgång, vilket tyder på att energiåtgången inte spelade en avgörande roll.
- Med tanke på att låg energiåtgång i framtiden kommer att få större betydelse vid husköp, bör materialtillverkare och projektutvecklare ta fram murade småhuskoncept som kan konkurrera med de idag ledande lågenergialternativen.
- Murverksaktörerna bör utveckla affärsupplägg som även fångar upp småhusköpare som inte uttryckligen funderat över stommaterialet. Idag går murverksaktörerna helt och hållet miste om denna grupp som utgör cirka 60 % av alla småhusköpare.

Denna rapport av Miklós Molnár ser författarna som ett sett att påvisa den kvalitet som förknippas med murade hus, en kvalitet som ofta är svår att jämföra.

4 Konstruktion

Författarna har i arbetet projekterat ritning av de två plusenergihus som skall jämföras för att kunna bedöma hur stor inverkan klimatskalets uppbyggnad har på energianvändningen. Ritningarna av byggnaderna hittas i Kapitel 11 Bilagor.

Byggnaderna ifråga tar avstamp i Moderna Tegelhus i Skåne AB:s typritningar som är under utveckling, våren 2014. Från dessa typritningar har författarna valt att arbeta vidare med en planlösning på 128 m². För att jämförelsen ska bli så rättvis som möjligt ändras inte planlösningen av byggnaden utan istället breddas byggnaderna utåt sätt så att A_{temp} är samma för de båda byggnaderna. Klimatskalen har utformats så att båda byggnaderna får samma U-värden. För att hålla projekteringen på en rimlig nivå, som definition av byggnaderna ifråga. Har ritningarna ändrats under diskussion med biträdande handledare, Tomas Gustavsson.

4.1 Grundläggningen

Då U-värdena som eftersträvas är låga, resulterar detta i välisolerade väggar, ca 350 mm isolering i båda väggtyperna. Vilket i sin tur medför att grundmuren ifråga blir densamma, på grund av tegelfasaden i båda byggnaderna.

4.2 Fasad

Författarna har valt att arbeta utifrån att de båda byggnaderna är konstruerade med en tegelfasad, dels för att det av arkitektoniska skäl är en rakare jämförelse och dels för att det ofta i stadsplaner står angivet vilken typ av fasadmaterial en byggnad ska ha.

4.3 Fukt

Byggnader med stomme av trä skyddas mot nederbörd och vind av någon form av fasad. Detta är byggnadens yttre skydd. Eftersom trä är ett organiskt material behöver fukt som tränger in i konstruktionen utifrån (nederbörd), alternativt inifrån (inre fuktproduktion) kunna torka ut för att inte problem med fukt, mögel och röta skall uppkomma.

För att undvika dessa problem har byggnaden med träregelstomme konstruerats med en 40 mm bred luftspalt bakom fasadmuren, vilket är något större än normalt. Det är en extra säkerhet för att undvika att fukt från regngenslag når isoleringen genom sprickor mellan fog och sten samt via brukstuggor. Det inre fuktskyddet, som skyddar mot den inre fuktproduktion från människor, via matlagning med mera, tas om hand av den plastfolie (ångspärr) som idag är standardiserad i en träregelkonstruktion. Denna är placerad innanför installationsskiktet, för att undvika onödiga håltagningar. Denna konstruktionstyp förutsätter en förenklade bilden av fuktvandring, att den endast sker åt ett håll. Alltså från ångspärren och ut mot utsidan av byggnaden alternativt från ångspärren och in mot inneklimatet.

På senare tid har det utvecklats ångspärrar med lägre ånggenomgångsmotstånd, även kallade ångbromsar. Isover Vario Duplex är en ångbroms som har den unika egenskapen att ånggenomgångsmotståndet varierar beroende på luftens relativa fukthalt. Den är tillverkad av glasfiberförstärkt polyamidfolie. Under sommarmånaderna när den relativa fuktigheten är hög i de inre delarna av en konstruktion och det finns risk att fukt ackumuleras i en byggnadskonstruktion minskar ångbromsen sitt ånggenomgångsmotstånd vilket medför att fukten får en möjlighet att torka ut genom ångbromsen. På vinterhalvåret när den relativa fuktigheten istället är låg i de inre delarna av konstruktionen ökar ångbromsen istället ånggenomgångsmotståndet vilket medför att vattenånga får svårare att tränga in i konstruktionen. Ångbromsen har även en positiv inverkan på byggfukt då den ges möjlighet att torka ut i två riktningar istället för det som är fallet då en PE-folie används. Detta är en sanning med modifikation då det sker en viss fuktdiffusion även genom PE-folien även om den nästan är försumbar. Vid projekteringen av byggnaden med träregelstomme använder författarna sig av Isover Vario Duplex, då denna låter byggnaden andas på två håll. [Noresson M. Nyqvist C. 2010.]

Ett homogent oorganiskt material som tegel eller betong kan utsättas för stora fuktkvoter utan att problem med bärighet eller mögel uppkommer. Men ett material som är utsatt för fukt får även sämre energiegenskaper då porerna som är vattenmättade leder värme bättre. Detta innebär att ett tegel- eller stenhus som har stora mängder byggfukt inledningsvis, behöver torka ut. Tegel- och stenhus har möjligheten att torka ut åt insidan och utsidan då inget helt tätt skikt förekommer, vilket påskyndar uttorkningen. Putsen är lufttät vilket är viktigt för inneklimatet och energiåtgången, men putsen är inte diffusionstät vilket möjliggör uttorkning åt två håll.

För att undvika regngennomslag i fasadmuren slammas denna från insidan mot isoleringen. Detta kräver att fasadmuren muras upp stegvis innan bakmuren muras. Denna slamning fyller ut förmodade otätheter i fasadmuren samt slätar ut förmodade brukstuggor.

5 Solproduktion

5.1 Programmet Solelekonomi

Simuleringar av solproduktionen för byggnaderna görs i datorprogrammet Solelekonomi 1.0. I programmet genomförs simuleringarna per timme över ett år. Programmet utför beräkningar av solinstrålning mot ett lutande plan, solelproduktionen från solcellsystemet och produktion i förhållande till en byggnads elanvändningsprofil. Utifrån simuleringens resultat kan sedan en noggrann ekonomisk investeringsbedömning göras. [Solel. 2014.]

Solelekonomi har framställts av tekn. dr. Joakim Widén vid Uppsala Universitet, i elforskningsprojektet ”Beräkningsmodell för ekonomisk optimering av solelanläggningar”. Projektet finansierades av Elforsk och Riksbyggen inom ramen för forskningsprogrammet SolEl 08-11. Vilket leddes av Sustainable Innovation i Sverige AB. [Solel. 2014.]

Syftet med projektet var att utveckla en beräkningsmodell för solcellssystem, som skulle kunna användas tidigt i projekteringsfasen för att snabbt bedöma elproduktionen och ekonomin hos ett system. Alla parametrar som har en avgörande betydelse för ett solcellsystems design, prestanda och ekonomi finns med i programmet. Den tänkta målgruppen inkluderar både mindre elanvändare som planerar att installera småskaliga solcellssystem och större aktörer som är i en tidig projekteringsfas för storskaliga solcellssystem. [Widen Joakim. 2011.]

Det utvecklade beräkningsverktyget Solelekonomi är ett simuleringsprogram som kan användas för att snabbt testa olika val av indata och parametrar för att hitta en optimal systemlösning. Beräkningarna görs på timbasis, vilket är den normala upplösningen i meteorologisk data. Instrålningsdata som används i modellen kommer från SMHI:s databas STRÅNG. Databasen har tagits fram av SMHI med stöd från Strålsäkerhetsmyndigheten och Naturvårdsverket. Schablonmässiga timprofiler över elanvändning för några typiska svenska slutanvändare används för att sedan beräkna solelels matchning mot elbehovet. [Widen Joakim. 2011.]

5.2 Avgränsningar

I denna studie beaktas enbart solproduktionen. Detta gör att den ekonomiska delen i programmet Solekonomi inte används. Storleken för anläggningarna avgränsas till takarean som finns tillgänglig.

5.3 Utförande

Till att började med så dimensionerades solfångarsystemet. Eftersom det var avgörande för hur mycket utrymme som skulle finns tillgängligt för solcellsanläggningen på taket. Den totala ytan tak på de båda byggnaderna är 145 m^2 . Solinstrålningsdata är hämtad ur Solekonomi och är taget över Lund.

Dimensionering av solfångaranläggningar sker vanligtvis utefter halv årsbehovet för tappvarmvatten. Detta då överproduktion av solvärme annars går förlorad eftersom ackumulatortank enbart kan lagra värmen mellan två till tre dagar eller upptill någon vecka beroende på storlek.

Solproduktionsleverantören, Svesol användes i studien som referens för att dimensionera de anläggningar som önskades till de projekterade byggnaderna. Solfångaranläggningen dimensioners efter data som finns för Svesols, Premium anläggningar.

För att beräkna fram varmvattenbehovet används FEBY12, Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus. Nedan redovisas beräkningar för halva årsbehovet för tappvarmvatten.

Energibehovet för tappvarmvatten till ett enfamiljshus är enligt FEBY12:
 $20 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

A_{temp} för byggnaderna: $128,0 \text{ m}^2$

$$20 \cdot 128,0 = 2560 \text{ kWh}$$

För att få fram halva årsbehovet, halvaras energibehovet för hela året.

$$0,5 \cdot 2560 = 1280 \text{ kWh}$$

Det divideras med antalet månader på ett år för att få månadsfördelningen.

$$1280/12 = 106,67 \text{ kWh}$$

Beräkningarna som är gjorda ovan ger en jämt fördelad månadsförbrukning för halva årsbehovet av tappvarmvatten till ett enfamiljshus på 128,0 m². Denna fördelning multipliceras sedan med en koefficient för månadsfördelningen av tappvarmvattenanvändningen som är tagen ur FEBY12. Resultatet av beräkningen redovisas i tabell 5.1 som visar månadsfördelningen över halva årsförbrukningen av tappvarmvatten.

Månad	Månadsfördelning	Månadsfördelning	Tappvarmvattenförbrukning (kWh)
	tappvarmvattenförbrukning (kWh)	Tappvarmvattenanvändning (-)	
Januari	106,67	1,13	120,54
Februari	106,67	1,16	123,74
Mars	106,67	1,13	120,54
April	106,67	1,09	116,27
Maj	106,67	0,89	94,94
Juni	106,67	0,84	89,60
Juli	106,67	0,71	75,74
Augusti	106,67	0,74	78,94
September	106,67	0,94	100,27
Oktober	106,67	1,09	116,27
November	106,67	1,13	120,54
December	106,67	1,15	122,67

Tabell 5.1. Halva tappvarmvattenförbrukningen för ett enfamiljshus med en uppvärmningsyta på 128,0 m².

För att täcka detta behov så krävs ett solfångarsystem med en solfångarmodul, vilket ger en solfångaranläggning på 1,2 m². Denna modul ställs i en vinkel på 45° för att inte överhettas. Där efter tas solinstrålningsdata från programmet Solelekonomi i en vinkel på 45°. Det kombinerades sedan med produktdata för solfångaren från Svesol. Solvärmeproduktionen beräknas sedan för en solfångaranläggning av modell Premium, bestående av en modul. Resultatet av dessa beräkningar redovisas nedan i tabell 5.2.

Månad	Solinstrålning (kWh/m ²)	Kvadratmeter solfångare (m ²)	Verkningsgrad (-)	Solvärmeproduktion (kWh)
Januari	26	1,2	0,913	29
Februari	32	1,2	0,913	35
Mars	119	1,2	0,913	130
April	161	1,2	0,913	176
Maj	152	1,2	0,913	167
Juni	142	1,2	0,913	156
Juli	111	1,2	0,913	122
Augusti	130	1,2	0,913	142
September	89	1,2	0,913	98
Oktober	82	1,2	0,913	90
November	41	1,2	0,913	45
December	12	1,2	0,913	13
År	1097			1202

Tabell 5.2. Solinstrålning för 45° lutning över Lund, solvärmeproduktion från solfångaranläggningen.

Den framräknade informationen användes sedan för att räkna fram täckningsgraden över månadsförbrukningen i förhållande till produktionen. Detta kunde i sin tur användas för att beräkna det värmebehov som behövs för att täcka hela värmebehovet över året samt för de månader som inte täcks till fullo av solfångaranläggningen. Vilket redovisas i tabell 5.3 nedan.

Månad	Tappvarmvattenförbrukning (kWh)	Solvärmeproduktion (kWh)	Täckningsgrad (-)	Extra värmebehov (kWh)
Januari	121	29	0,24	213
Februari	124	35	0,28	212
Mars	121	130	1,00	0
April	116	176	1,00	0
Maj	95	167	1,00	0
Juni	90	156	1,00	0
Juli	76	122	1,00	0
Augusti	79	142	1,00	0
September	100	98	0,97	103
Oktober	116	90	0,77	143
November	121	45	0,37	196
December	123	13	0,11	232
År	1280	1202		1099

Tabell 5.3. Tappvarmvattenförbrukning, solvärmeproduktionen från solfångaranläggningen samt värmebehovet från värmenätet utöver solvärmeproduktionen.

Denna information kunde sedan användas för att jämföra värmebehovet mot produktionen från anläggningen. Vilket redovisas i diagram 5.1 nedan. Där ses att halva årsbehovet av tappvarmvatten täcks fullt ut mellan mars till september månad.

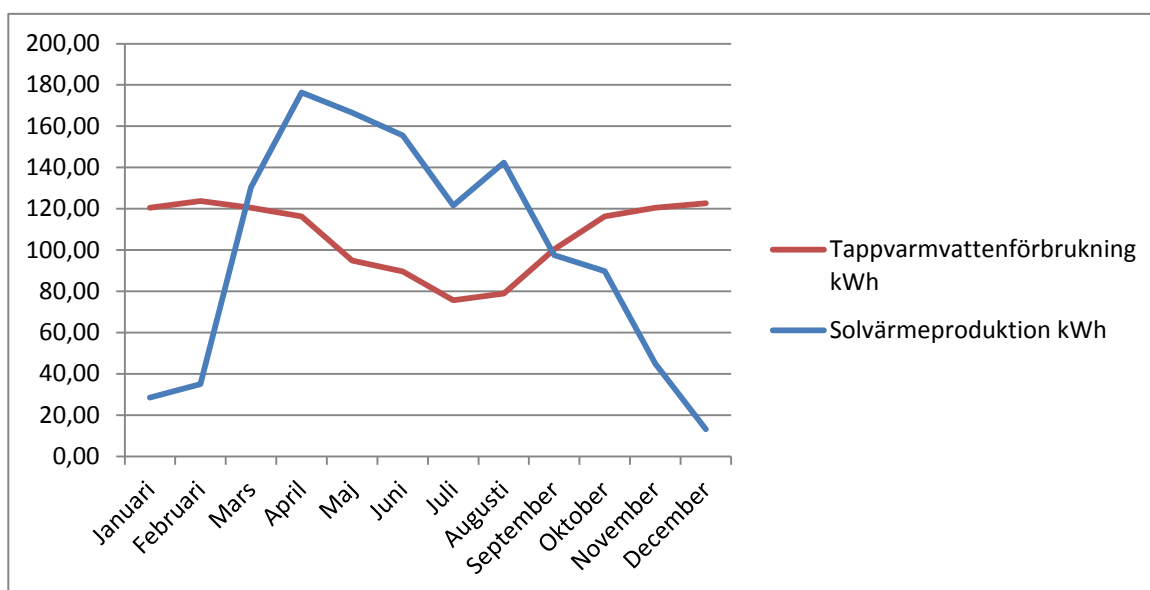


Diagram 5.1. Jämförelse mellan solvärmeproduktion och halva årsbehovet av tappvarmvatten för ett nollenergihus, med $128,0 \text{ m}^2 A_{temp}$.

Skulle en större anläggning dimensioneras skulle resultatet ge en större skillnad mellan produktion och förbrukning. Framför allt under sommarhalvåret då man skulle få en kraftig överproduktion som skulle gå förlorad då den inte skulle användas. Vilket gör att det i många fall ses som en onödig kostnad att investera i en större solfångaranläggning.

Med hjälp av den framräknade informationen kunde sedan beräkningar för hela värmebehovet utföras. För att ta fram information för resterande varmvatten- och värmebehov för uppvärmning av de båda byggnaderna som jämförs. Nedan redovisas värmebehov för respektive byggnad tillsammans med det tappvarmvattenbehov som behövs utöver det som utvinns av solfångaranläggningen.

Månad	Värmebehovet (kWh)	Tappvarmvattenförbrukning (kWh)	Extra tappvarmvattenbehov (kWh)	Totalt värmebehov (kWh)
Januari	106	121	92	319
Februari	103	124	89	316
Mars	98	121	0	218
April	85	116	0	201
Maj	75	95	0	170
Juni	66	90	0	156
Juli	62	76	0	138
Augusti	64	79	0	143
September	70	100	3	173
Oktober	85	116	26	228
November	98	121	76	295
December	106	123	110	338
År	1018	1280	395	2693

Tabell 5.4. Uppvärmningsbehovet för byggnad med kanalmur av tegel som stomme. Tappvarmvattenförbrukningen för halva årsbehovet samt det tappvarmvattenbehov som behövs upptill solfångaranläggningen.

Månad	Värmebehov (kWh)	Tappvarmvattenförbrukning (kWh)	Extra tappvarmvattenbehov (kWh)	Totalt värmebehov (kWh)
Januari	114	121	92	326
Februari	111	124	89	324
Mars	105	121	0	225
April	91	116	0	207
Maj	80	95	0	175
Juni	71	90	0	161
Juli	66	76	0	142
Augusti	68	79	0	147
September	76	100	3	179
Oktober	91	116	26	234
November	106	121	76	302
December	114	123	110	346
År	1093	1280	395	2768

Tabell 5.5. Uppvärmningsbehovet för byggnad med träregelstomme.

Tappvarmvattenförbrukningen för halva årsbehovet samt det tappvarmvattenbehov som behövs upptill solfångaranläggningen.

Med denna information framräknad kunde sedan solcellsanläggningen dimensioneras utefter det utrymme som fanns tillgängligt på taket efter att solfångaranläggningen dimensionerats. Denna information togs fram genom att rita upp de båda anläggningarna i AutoCAD för att få en rimlig bedömning. Eftersom det inte går att placera ut solceller och solfångare över hela takytan. Vilket resulterade i en solcellsanläggning med 58 moduler som tar upp en takyta på cirka 99 m². Solcellerna integreras i takbeläggningen för att inte göra ett förstort intryck arkitektoniskt, därav tas solinstrålningsdata i en vinkel på 4°. Vilket tillsammans med produktdata från Svesol, för deras solcellsanläggningar ger resultaten, redovisade nedan i tabell 5.6.

Månad	Solinstrålningen (kWh/m ²)	Solelsproduktion från panel (kWh)	Solelsproduktion från växelriktare (kWh)
Januari	15	180	153
Februari	23	294	252
Mars	87	1165	996
April	139	1886	1612
Maj	151	2071	1771
Juni	152	2080	1778
Juli	119	1625	1390
Augusti	124	1699	1453
September	76	1025	876
Oktober	54	711	608
November	23	281	240
December	7	89	76
År	969	13106	11205

Tabell 5.6. Solinstrålning för 4° lutning över Lund, solelsproduktion från solcellspanelerna och utvunnen produktion från växelriktaren.

Verkningsgraden för modulerna är förbestämd av Solelekonomi till 14,41 procent och 95 procent för växelriktaren. De övriga förlusterna i systemet är satta till 10 procent. Systemet i sin tur ska sedan kopplas till elnätet för att man ska kunna sälja den överproduktion som utvinns från solcellsanläggningen.

Eftersom Solelekonomi även har funktioner som beräknar fram elanvändningen, den el som sparas, den el som kan säljas vidare till elnätet samt den el som köpas in på grund av att solen inte skiner. Redovisas siffrorna framtagna med hjälp av programmet Solelekonomi, nedan i tabell 5.7.

Månad	Hushållselsanvändning (kWh)	Sparad el (kWh)	Köpt el från elnätet (kWh)	Säljbar el (kWh)
Januari	326	62	264	92
Februari	295	80	215	172
Mars	326	119	207	877
April	316	144	172	1469
Maj	326	173	154	1598
Juni	316	183	132	1595
Juli	326	178	148	1211
Augusti	326	157	169	1295
September	316	124	192	753
Oktober	326	100	226	508
November	316	72	244	168
December	326	49	277	27
År	3841	1441	2400	9765

Tabell 5.7. Hushållselsanvändning, sparad köpt el, el som behöver köpas in från elnät och el som kan säljas till elnät.

Nedan redovisas de resultat som fåtts av beräkningarna från Solekonomi i diagram 5.2 som jämför elanvändningen enligt profilen för en villa med ett fjärrvärmesystem och den el som kan säljas vidare till elnätet.

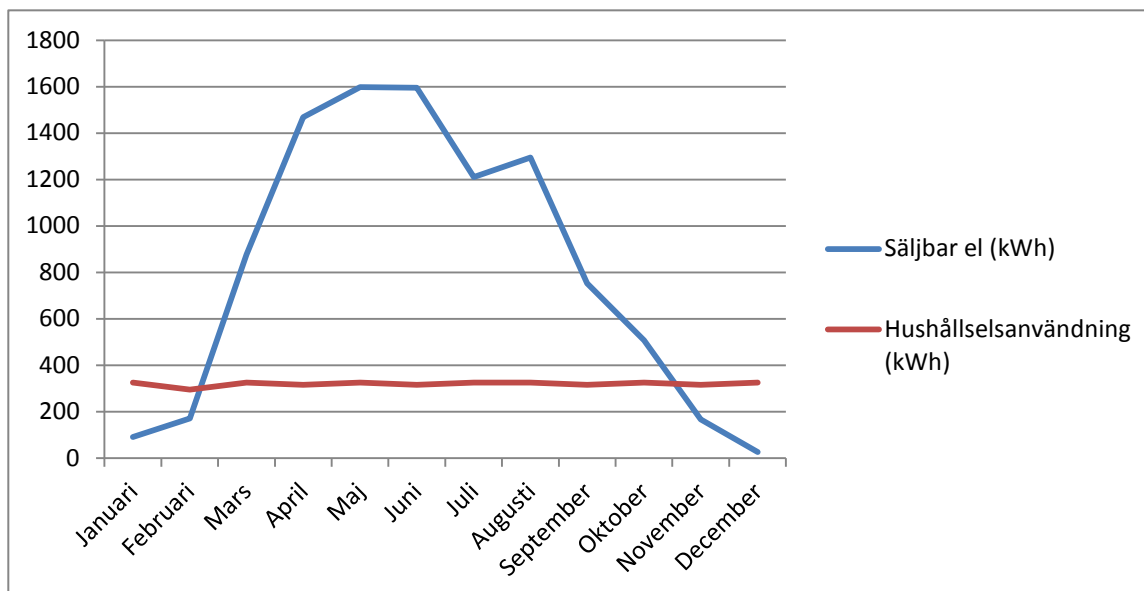


Diagram 5.2. Hushållselsanvändning i förhållande till såld el.

Nedan i diagram 5.3 redovisas förhållandet mellan hushållselsanvändningen, den säljbara elen och den inköpta el.

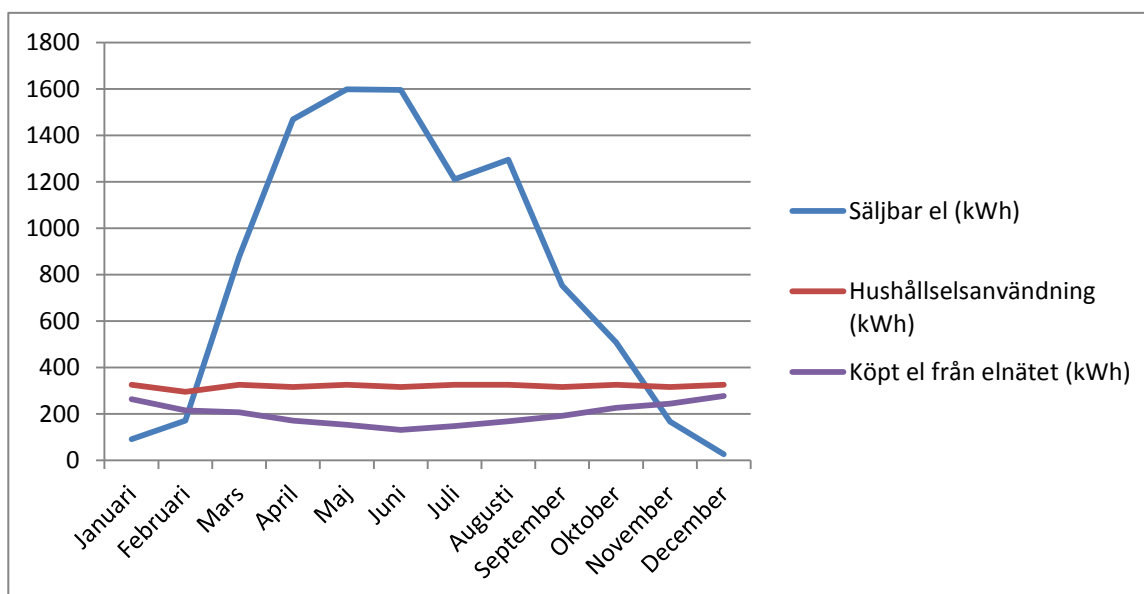


Diagram 5.3. Hushållselsanvändning i förhållande till såld el och el som måste köpas in.

6 Energijämförelse

6.1 WUFI Plus

WUFI är en PC-programserie utvecklad vid Fraunhofer Institut für Bauphysik i Tyskland. Programmet är utvecklat för beräkning av kopplad värme- och fukttransport i byggnadsdelar och konstruktioner. Den svenska versionen är utvecklad i samarbete med FuktCentrum, avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola. WUFI simulerar värme- och fukttransporter i en virtuellt uppbyggd konstruktion. Med hjälp av i programmet tillgänglig klimatdata och byggvarudeklarationer kan simuleringar genomföras. För att snabbt identifieras och undvika byggfysiskt svaga punkter vid projektering av olika konstruktioner. Förenklat skulle man kunna säga att programmet utför avancerade värme och fuktberäkningar per timme under det tidsintervall som anges. [WUFI Plus. 2014.]

I studie har författarna valt att arbeta med WUFI Plus som är en vidare utveckling av grundprogrammet, då denna programversion ser till hela byggnaden. WUFI Plus utför alltså 1-dimensionella beräkningar för de olika byggkomponenterna, som resulterar i en total resultatsammanställning för hela huset.

I programmet skapas en 3-dimensionell figur av byggnaderna. Dessa placeras i en för programmet förbestämda klimatfil skapad av LTH. Klimatfilen är konstruerad som ett typvärde under årsperioden 1995 till 2005. Huskroppens olika delar ges sedan olika egenskaper kopplade till den byggmaterialbank som finns ansluten till programmet, så som densitet och λ -värde för de olika skikten. Alternativt kan egna material konstrueras. Även värmemotstånd väljs per byggnadskomponent.

6.1.1 Avgränsningar

Simuleringarna avgränsas till endast energiberäkningar av klimatskalet i denna studie. Det har till simuleringarna inte konstrueras några egna material i denna studie. Alla beräkningar är gjorda utan solskydd på de båda byggnaderna för att förenkla jämförelsen.

6.2 Utförande

6.2.1 Tak Trähus

Taket sätts samman enligt ritning, som återfinns under Kapitel 11 Bilagor.

Detta ger taket ett R-värde på $11,437 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow \text{U-värde} = 0,0874$ med en tjocklek på 512 mm. Inlagt i WUFI Plus blir U-värdet = $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.2 Tak Tegelhus

Taket sätts samman enligt ritningar, som återfinns under Kapitel 11 Bilagor.

Detta ger taket ett R-värde på $11,638 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow \text{U-värde} = 0,0859$ med en tjocklek på 460 mm. Inlagt i WUFI Plus blir U-värdet = $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.3 Grund

Grunden är samma för de båda byggnaderna, se detaljer bilaga 4 och bilaga 8. För att bäst stimulera den isolerade zonen som marken under grundplattan utgör, valdes efter diskussion med författarnas handledare att lägga till 4 meter jord i programmet.

Jorden definierades som lera i WUFI Plus med ett ändrat, beräknat λ -värde: $1,43 \text{ m}^2\text{K/W}$. Det ger sammantaget med resterande skiktet ett U-värde på $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$. [Nevander L.E. & Elmarsson B. 1994.]

Enligt tabell. 4.9 i läroboken Praktisk Byggnadsfysik delas marken under plattan in i olika zoner med hänsyn till deras avstånd till ytterväggen. I studiens fall blir det två zoner. Zon 1: 0-1 meter från yttervägg och zon 2: 1-6 meter från yttervägg.

Zon 1: $R = 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Zon 2: $R = 3,4 \text{ m}^2\text{K/W}$

Zon 1 utgör 34,4 procent av ytan under plattan och zon 2 utgör 65,6 procent. Detta ger ett sammanslaget värmemotstånd på $2,573 \text{ m}^2\text{K/W}$. Till detta läggs ett värmemotstånd på $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ till för dräneringsskikt av stenmaterial på minst 150 mm. [Sandin Kenneth. 2010.]

Totalt: $R = 2,8 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow \text{U-värde} = 0,076$ med en tjocklek på 4515 mm, varav 4000 mm är det tillagda jord skiktet. Inlagt i WUFI Plus blir U-värdet = $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.4 Vägg trähus

Väggen sätts samman enligt ritningar, som återfinns under Kapitel 11 Bilagor.

Detta ger väggen ett R-värde på $10,933 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow \text{U-värde} = 0,0914$ med en tjocklek på 548 mm. Inlagt i WUFI Plus blir U-värdet = $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.5 Vägg tegelhus

Väggen sätts samman enligt ritningar, som återfinns under Kapitel 11 Bilagor.

Detta ger väggen ett R-värde på $11,162 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow \text{U-värde} = 0,0895$ med en tjocklek på 596 mm. Inlagt i WUFI Plus blir U-värdet = $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Väggen för tegelhuset ar 48 mm tjockare än för trähuset, detta resulterar i att tegelhuset har 8,8 procent tjockare väggar. Tegelhuset upptar därför $2,6 \text{ m}^2$ mer av tomtarean, oavsett storlek på fiktivtomt.

6.2.6 Fönster och dörrar

Fönster och dörrar ar samma för de båda husen.

Ytterdörren och sidodörren: $\text{U-värde} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Fönster, fönsterdörrar och fönsterpartier: $\text{U-värde} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Under simuleringarna användes ett U-värde på 0.7, taget ur datorprogrammet ParaSol utvecklat på LTH. Under 5-arstestet ändrades dock detta U-värde till 0.8 för att harmonisera med produktionskalkylen. Denna harmonisering har ringa eller ingen betydelse för jämförelsen i stort då ändringen är gjord på båda byggnadstyperna och därför inte påverkar jämförelsen byggnaderna emellan.

6.2.7 Solskydd

Solinstrålning och övertemperatur är ett problem för byggnader byggda med hög lufttäthet och låga U-värden. Detta medför att husen bör utformas med någon form av solskydd. I WUFI Plus finns möjlighet att välja olika former av solskydd, bland annat mekaniska och manuella markiser samt fasta solskydd.

Under arbetets gång har författarna insett att den sinnrika pergola som står beskriven i typritningarna, med tätare ribbor närmst byggnaden, för att skugga fönstren under sommaren då solen står som högst, inte går att lägga in som solskydd. Detta fick författarna att testa olika former av förbestämt solskydd. Men på grund av en bugg i programmet fungerar inte det fasta solskyddet, som bäst skulle motsvara pergolan. Istället testade vi det mekaniska solskyddet, inställt på att vid övertemperatur, 26° skugga för 80 procent av solinstrålningen. Denna inställning resulterade i att differensen mellan byggnaderna inte bara minskade utan också blev störst i värmeenergiåtgången för byggnaden ställda med glaspartiet mot norr.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 463,50	1 229,20	234,30
Kyla:	5 541,50	5 062,60	478,90

Norrläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 730,20	1 613,40	116,80
Kyla:	3 853,00	3 569,30	283,70

Tabell 6.1. Jämförande simulering under 1 år utan solskydd HVAC-system inställt för att simulera ett temperaturintervall på 21°-26°C.

Söderläge:	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 613,80	1 246,30	367,50
Kyla:	1 087,10	941,90	145,20

Norrläge:	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 745,70	1 616,40	129,30
Kyla:	1 502,40	1 301,70	200,70

Tabell 6.2. Jämförande simuleringar under 1 år med mekaniskt solskydd, inställt på att avskärma 80 procent av solinstrålningen vid 26°C. HVAC-system inställt för att simulera ett temperaturintervall på 21°-26°C.

Denna simulering understryker att båda byggnaderna är känsliga för solinstrålning. Teoretiskt skulle den pergola ritad av Moderna tegelhus i Skåne AB, stävja övertemperatur i de båda byggnaderna.

6.3 Viktiga parametrar

6.3.1 Installationssystemet

I WUFI Plus finns olika inställningar för att simulera ett installationssystem. Systemet styr då inneklimatet med en sinuskurva. Detta gör att programmet inte beräknar inneklimatet utan istället tvingar klimatet att följa kurvan. Denna inställning svarade inte riktigt på studiens krav på analys av inomhusklimatet.

Genom att istället lägga till ett HVAC-system med möjlighet till värmeåtervinning och kylning tillåts programmet beräkna inneklimatet. Gränsvärden bestäms med min- och maxvärden på innetemperaturen.

Eftersom inställningarna på värmeåtervinningen inte tillåter avstängning under tiden man kyler byggnaden, bestämdes en uppdelning på året efter kyl- och värmebehovet. Under perioden 31 mars till 18 september är därför den mekaniska ventilationen fränkopplad och istället simuleras självdragsventilation med motsvarande luftomsättning, 0,35 l/s. Detta betyder att vi kommer undviker problematiken med idag förekommande installationssystem som värmer och kyler byggnader samtidigt.

Efter vidare diskussion med författarnas handledare, Petter Wallentén och Victor Fransson, doktorand inom installationsteknik inser författarna att även om dessa simuleringar ger en bild av problematiken så kommer dessa inställningar bli hårda krav utan möjlighet till den variation som aktivvärmelagring kräver. Detta medför att det inom studien har genomförts många simuleringar med olika inställningar för min- och maxtemperatur för att på bästa sätt skapa en helhetsbild.

Nedan följer simuleringsresultat för byggnaderna med glaspartiet i olika väderstreck under ett år:

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 463,50	1 229,20	234,30
Kyla:	5 541,50	5 062,60	478,90

Norrläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 730,20	1 613,40	116,80
Kyla:	3 853,00	3 569,30	283,70

Tabell 6.3. HVAC-system inställt för att simulera ett temperaturintervall på 21°-26°C.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	2 590,40	2 241,20	349,20
Kyla:	8 990,50	8 614,10	376,4

Norrläge			
Värme:	2 715,00	2 428,70	286,30
Kyla:	7 040,10	6 729,90	310,20

Tabell 6.4. HVAC-system inställt för att simulera en konstant temperatur på 21°C.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 212,80	912,30	300,50
Kyla:	7 349,50	6 901,40	448,10

Norrläge			
Värme:	1 371,30	1 193,20	178,10
Kyla:	5 486,80	5 215,90	270,90

Tabell 6.5. HVAC-system inställt för att simulera en tillåten temperaturvariation mellan 19,5°-22,5°C.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 308,70	1 188,00	120,70

Norrläge			
Värme:	1 680,00	1 594,10	85,90

Max temperatur i söderläge:	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	48,1	44,3	3,8

Max temperatur i norrläge:	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	42,4	40,0	2,4

Tabell 6.6. HVAC-system inställt för att simulera tillåten minimitemperatur på 21°C, denna inställning medför en övertemperatur.

Denna inställning, tabell 6.6. blir den simulering eller referensfall som författarna går vidare med, då den inte simulerar energiåtgången för komfortkyla. Komfortkyla i bostäder betraktas av författarna som inte representativ för studien. Simuleringen med en tillåten maxtemperatur på 26°C och kylsystem skall betraktas som ett kWh-mått på det manuella ventilationsbehovet.

6.3.2 Infiltration

Parametern $q_{\text{läck}}$ är den ofrivilliga ventilationen, eller infiltrationen ur en byggnad. I FEBY12 beräknas denna enligt:

$$q_{\text{läck}} = q_{50} \cdot A_{\text{omsl}} \cdot \left(e / \left(1 + f/e \left((q_{\text{sup}} - q_{\text{ex}}) / q_{50} \cdot A_{\text{omsl}} \right) \cdot 2 \right) \right)$$

där

$q_{\text{sup}} - q_{\text{ex}}$ är luftöverskottet mellan tilluft (q_{sup}) och frånluft (q_{ex}) $\text{l/s}\cdot\text{m}^2$.

q_{50} är luftflödet vid 50Pa tryckskillnad mellan inne och ute.

e och f är vindskyddskoefficienter enligt figur 6.1.

Tabell 1 Vindskyddskoefficienter enligt EN ISO 13789:2008.

Vindskyddskoefficienter e och f	Flera sidor exponerade	En sida exponerad
Koefficient e för avskärningsklass		
Ingen avskärmning. Öppet landskap eller höga byggnader i staden	0,10	0,03
Måttlig avskärmning. Förortsmiljö, landskap med träd och andra byggnader	0,07	0,02
Kraftig avskärmning. Byggnad i skog eller med genomsnittshöjd i city	0,04	0,01
Koefficient f	15	20

Figur 6.1. Tabell 1 ur FEBY12

I studien valdes ett q_{50} på $0,35 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$, då detta är det bästa uppmätta värde som författarna har hittat genom den inom arbetet genomförda litteraturstudie. [Pallin Simon. 2008.]

I verkligheten bör lämpligen denna siffra vara betydligt lägre, då den är uppmätt på byggnader där lufttätet inte eftersträvat, varken under projektering eller vid byggnationen.

I detta fall blir:

$$q_{50} = 0,35 \text{ l/sm}^2 \cdot (1000/3600\text{s}) = 0,097 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$0,097 \text{ m}^3/\text{h} / 312,4 \text{ m}^3 = 0,0003 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{vilket gör att } q_{\text{läck}} \text{ blir: } 0,0003 \cdot 0,07 \cdot 265,9 \text{ m}^2 = 0,006 \text{ h}^{-1}$$

$312,4 \text{ m}^3$ är byggnadens volym, framräknad ur ritningarna, Kapitel 11 Bilagor
 $0,07$ är vindskydds koefficient enligt figur 6,1

$265,9 \text{ m}^2$ är byggnaden omslutande area, framräknad ur ritningarna, Kapitel 11 Bilagor

Kommentar och infiltration

Under kompletteringen av denna rapport uppdagas en felaktig beräkning, vilket resulterat i att parametern $q_{\text{läck}}$ blir lägre än vår referenslitteratur anger.

Den korrekta beräkningen skulle vara:

$$q_{50} = 0,35 \text{ l/sm}^2 \cdot (3600\text{s}/1000) = 1,26 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1,26 \text{ m}^3/\text{h} / 312,4 \text{ m}^3 = 0,004 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{vilket gör att } q_{\text{läck}} \text{ blir: } 0,004 \cdot 0,07 \cdot 265,9 \text{ m}^2 = 0,075 \text{ h}^{-1}$$

Det tidigare, felaktiga värdet på parametererna $q_{\text{läck}}$ $0,006 \text{ h}^{-1}$ skulle innebära ett luftflöde, q_{50} på $0,027 \text{ l/sm}^2$. Vilket är ett lågt värde på luftflödet då det svenska rekordet för närvarande ligger på $0,038 \text{ l/sm}^2$ [Emrahus. 2014.]

För studien innebär detta en något lägre energiåtgång än verkligheten, men då båda byggnaderna har samma parameter $q_{\text{läck}}$ bör detta fel inte spela någon roll för jämförelsen byggnaderna emellan.

6.3.3 Luftomsättning

Luftomsättningen i en byggnad är en viktig parameter för energiåtgången och inomhusklimatet. I studiens simuleringar används minimikravet enligt Boverket, $0,35 \text{ l/sm}^2$. [Warfvinge C. & Dahlbom M. 2010.]

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 308,70	1 188,00	120,70
Norrläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 680,00	1 594,10	85,90
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	48,1	44,3	3,8
Max temperatur i norrläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	42,4	40,0	2,4

Tabell 6.7. Simuleringar gjorda med normal ventilation, $0,35 \text{ l/sm}^2$.

Under simuleringarna testades en inställning med 50 procent högre luftomsättning vilket resulterade i en något större skillnad mellan byggnaderna. Dock ökade värmeenergiåtgången, mest för träbyggnaden med glaspartiet vänt mot norr. Differensen mellan maxtemperaturen för de båda byggnaderna minskar.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 449,10	1 326,20	122,90
Norrläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 920,00	1 798,30	121,70
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	43,1	41,6	1,5
Max temperatur i norrläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	39,8	37,1	2,7

Tabell 6.8. Simuleringar gjorda med ökad ventilation, $0,525 \text{ l/sm}^2$.

6.3.4 Interna laster

Vid WUFI Plus-simuleringarna valdes de interna lasterna till två medelaktiva, vuxna personer i genomsnitt över dygnet. Detta är en ingenjörsmässig uppskattning. Vid samtal med Victor Fransson, doktorand, installationsteknik påpekas känsligheten av denna parameter, vilket fick författarna att undersöka dess känslighet.

Enligt FEBY12 alstrar en person 47 W/person i dygns genomsnitt. WUFI Plus använder samma siffra i sina simuleringar. Ökar man denna interna last till det dubbla ger det därför markant utslag på årsförbrukningen.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 308,70	1 188,00	120,70
Norrläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 680,00	1 594,10	85,90
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	48,1	44,3	3,8
Max temperatur i norrläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	42,4	40,0	2,4

Tabell 6.9. Interna laster satta till 2 medelaktiva personer.

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 308,70	225,40	1 083,30
Norrläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 680,00	324,80	1 355,20
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	48,1	48,1	0,0
Max temperatur i norrläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	42,4	42,9	- 0,5

Tabell 6.10. Interna laster satta till 4 medelaktiva personer.

6.3.5 Komfort

Byggnader med tung stomme anses ofta ha ett bättre inomhusklimat, detta stöds av både fuktteori och värmelagringsteori. För att närmare undersöka detta valdes i WUFI Plus med tabell 6.6 som referensfall, två godtyckliga men identiska dygn för de båda byggnaderna, för att genomföra simuleringar. I tabell 6.11 och 6.12 syns tydligt inverkan av den passiva värmelagringen. Under sommardygnet förbrukar de båda byggnaderna lika många kilowatt timmar, för vinterdygnet förbrukar tegelhuset något lägre.

Däremot håller sig tegelbyggnaden, i de båda fallen innanför det givna, eftersträvade temperaturintervallet angivet i FEBY12, 21-26°C.

Söderläge, Sommar dygn			
	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1,30	1,30	0,00
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	30,4	25,7	4,7

Tabell 6.11. Simuleringar gjorda med glaspartiet vänt mot söder, under ett sommardygn.

Söderläge, Vinterdygn:			
	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	7,10	5,40	1,70
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	27,3	24,2	3,1

Tabell 6.12. Simuleringar gjorda med glaspartiet vänt mot söder, under ett vinterdygn.

6.3.6 U-värde och Lufttäthet

En bieffekt av låga U-värden på byggnader är att kylbehovet ökar. Detta betyder i förlängningen att brukaren flyttar sin energianvändning från uppvärmningskostnader till kylkostnader. Det är därför viktigt att inte enbart stirra sig blind på låga U-värden utan istället krävs en mer nyanserad bild.

I ett försök att optimera tegelbyggnaden, att hitta brytpunkten mellan uppvärmningsbehovet och kylbehovet har viktiga parametrar ändrats ingenjörsmässigt.

- Infiltrationen är satt till $0,0033 \text{ h}^{-1}$ (På grund av felberäkningen i avsnitt 6.3.2 är detta ett extremt lågt värde på infiltrationen)
- Ventilationen, $67,2 \text{ l/s}$ (50 procent mer än tidigare)
- Solskydd, inställt på att vid övertemperatur, 26°C skugga för 50 procent av solinstrålningen
- U-värdet i väggarna alternerade mellan $0,09$ och $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ för de båda byggnaderna

Byggnaderna är vända med glaspartiet i söderläge.

U-värde = 0,09

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 694,20	1 390,00	304,20
Kyla:	1 968,10	1 726,50	241,60

Tabell 6.13. U-värde bestämt till 0,09 för väggarna.

U-värde = 0,12

Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 972,70	1 656,90	315,80
Kyla:	1 882,50	1 636,90	245,60

Tabell 6.14. U-värde bestämt till 0,12 för väggarna.

Med ett högre U-värde kunde kyl- och värmebehovet för tegelbyggnaden balanseras. Vidare simulerades byggnaderna utan kylsystem:

U-värde = 0,09			
Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 673,80	1 383,00	290,80
Kyla:	-	-	-
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	36,5	34,5	2,0

Tabell 6.15. U-värde bestämt till 0,09 för väggarna.

U-värde = 0,12			
Söderläge	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Δ (kWh)
Värme:	1 955,10	1 653,90	301,20
Kyla:	-	-	-
Max temperatur i söderläge:			
	Trähus (°C)	Tegelhus (°C)	Δ (°C)
	36,2	34,2	2,0

Tabell 6.16. U-värde bestämt till 0,12 för väggarna.

Notera att det knappt är någon skillnad i maxtemperatur mellan simuleringarna, med och utan kylsystem.

I ett försök att eliminera inverkan av byggfukt, ställdes simuleringarna till 5 år. Beräkningsresultaten från denna inställning användes vid sammanställningen av den slutgiltiga jämförelsen mellan byggnaderna.

	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Skillnad (kWh)	Trähus/år (kWh)	Tegelhus/år (kWh)	Δ
Värme:	5 467	5 090	377,2	1 093	1018	75,44

Tabell 6.17. 5 års simulering för byggnaderna ställda med glasparket i söderläge, med U-värde för fönster och dörrar inställda på 0,8.

	Trähus (kWh)	Tegelhus (kWh)	Skillnad (kWh)	Trähus/år (kWh)	Tegelhus/år (kWh)	Δ
Värme:	7 163	6 842	320,7	1433	1 368	64,14

Tabell 6.18. 5 års simulering för byggnaderna ställda med glasparket i norrläge, med U-värde för fönster och dörrar inställda på 0,8.

6.3.7 Förenklingar

De sammansatta skikt som förekommer i båda byggnaderna, på olika ställen se ritning, Kapitel 11 Bilagor. Har förenklat definierats med hjälp av λ -värdesmetoden:

$$\lambda_{\text{res}} = \alpha \cdot \lambda_{\text{isol}} + \beta \cdot \lambda_{\text{regel}}$$

Vidare har författarna valt material i databanken med motsvarande λ -värde tillsammans med den ingenjörsmässigt uppskattade densitet som motsvara det valda skiktets. De valda materialen används sedan i båda husen för en rättvis jämförelse. [Sandin Kenneth. 2010.]

7 Kostnadsjämförelse

7.1 Wikells Sektionsfakta

Företaget bildades år 1963 för att förse byggmästare med mängdberäkningar. Denna tjänst utvecklades efter några år till Sektionsfakta, sammanställningar av byggdelar med kostnader och tekniska värden i bokform. Boken utkommer vart annat år. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

7.1.1 Avgränsningar

Kostnadskalkylen genomförs på klimatskalet samt innerväggar. Innerväggarnas kostnad bedöms av författarna som en betydande kostnadsskillnad byggnaderna emellan.

7.2 Utförande

Författarna har valt att arbeta med Wikells sektionsfakta, en välanvänd och validerad metod för kostnadsjämförelse enligt byggbranschen. Sektioner har i jämförelsen omarbetats för att passa konstruktionerna ifråga. I vissa fall har det förekommit omräkning till pris/m² då löpmeterpriser har hämtats från bygghandeln.

7.2.1 Grundläggning

Nedan redovisas resultaten av kostnadsjämförelsen med den omarbetade grundsektionen.

BSAB		Åtg	Mtrl	Tid	UE
ESE 14	100 Självkomp betong, glättad	1,0m ²	160,50kr	0,22	-
ESC.1	Armeringsnät 6150	1,2m ²	35,88kr	0,05	-
IBC.1	100 Cellplast G100	1,0m ²	67,35kr	0,07	-
IBC.1	100 Cellplast G100	1,0m ²	67,35kr	0,07	-
IBC.1	100 Cellplast G100	1,0m ²	67,35kr	0,07	-
CEF.1213	150 Makadam	1,0m ²	-	-	128,00kr
DBB.1	Fiberduk	1,0m ²	-	-	29,00kr
Summa			398,43kr	0,48	157,00kr
	Materialkostnad				398,43kr/m ²
	Arbetslön	0,48m ²	188,00kr		90,24kr/m ²
	Underentreprenör				157,00kr/m ²
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				227,40kr/m ²
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				15,70kr/m ²
	Sektionskostnad exkl. moms				888,77kr/m²

Tabell 7.1. Platta, 100 mm betonggolv + 300 mm cellplast. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

7.2.2 Grundmur

Nedan redovisas resultaten av kostnadsjämförelsen med den omarbetade grundmuren.

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
FSF.2	200 Lättklinkerblock	1,0m	376,30kr	0,65	-
FSF.2	Frakt 200 Lättklinker (h=1000)	1,0m	26,10kr	-	-
ZSE	Ø5 Kramla	4st	59,00kr	0,16	-
IBE.23	100 Podrän	1,0m ²	-	-	136,00kr
	150 Cellplast	1,0m ²	101,03kr	0,07	-
FSF.2	200 Lättklinkerblock	1,0m	376,30kr	0,65	-
FSF.2	Frakt 200 Lättklinker (h=1000)	1,0m	26,10kr	-	-
	200x1200x100 Cellglas	1,0m	68,16kr	0,66	-
LBS	Sockelputs, brädriven (h=200)	1,0m	11,00kr	0,25	-
LBS	Tunnputs slammad yta, (h=800)	1,0m	20,00kr	0,14	-
ESB	Sulor				
ESB	Sulform (h=250)	2,0m	36,00kr	0,40	-
ESE.1	Betong C25/30	0,2m ³	279,00kr	0,14	-
ESC.1	Armering B500CT Ø12 (0,89kg/kbm)	8,3kg	65,99kr	0,25	-
Summa			1 444,98kr	3,37	136,00kr
	Materialkostnad				1444,98kr/m ²
	Arbetslön				633,56kr/m ²
	Underentreprenör				136,00kr/m ²
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				1 596,57kr/m ²
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				149,60kr/m ²
	Sektionskostnad exkl. moms				3 960,71kr/m²

Tabell 7.2. Grundmur, Skalmur, höjd 1000 mm. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.], [Ask, Björn.2014.]

Grundmuren på typritningarna är projekterad till 700 mm i höjd. Då sektionen i Sektionsfakta är beräknad på 1000 mm i höjd, multipliceras sektionskostnaden med 0,7. Detta ger oss en slutgiltigkostnad på 2 772,50 kr/m².

Kostnaden för schaktning och återfyllnad är framtagen genom en telefonintervju med Fredrik Fredriksson, Halltorps Entreprenad AB. 700 kr/m² inklusive kostnaden för fiberduk.

Detta resulterar i en totalkostnad för hela plattan på:

Kantbalk	(2 772,50 kr/m ² · 53,6 m ²)	148 606,00 kr
Plattan	(888,77 kr/m ² · 155 m ²)	138 115,00 kr
Schaktning	(700,00 kr/m ² · 155 m ²)	108 780,00 kr
Summa		395 501,00 kr

7.2.3 Tak

Nedan redovisas resultaten av kostnadsjämförelsen med de omarbetade taksektionerna.

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
JSE.1523	Tätskikt TY 1523	1,0m ²	-	-	280,00kr
IBG.2	20 Mineralullsboard-38	1,0m ²	-	-	60,00kr
IBG.2	150 Mineralullsskiva -36	1,0m ²	-	-	167,30kr
IBG.2	180 Mineralullsskiva -36	1,0m ²	-	-	252,00kr
IBG.2	50 Mineralullsskiva-36	1,0m ²	-	-	77,00kr
JSF.55	0,20 Plastfolie	1,0m ²	5,20kr	0,07	-
JVB.275	TRP-Plåt 115-75 Interiör vit	1,0m ²	201,15kr	0,18	-
HSD.1531	28x70 Glespanel	1,0m	9,25kr	0,05	-
HSD.1532	17 Råspontad panel	1,0m ²	46,00kr	0,30	-
Summa			261,60kr	0,60	836,30kr
	Materialkostnad				261,60kr/m ²
	Arbetslön				112,80kr/m ²
	Underentreprenör				836,30kr/m ²
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				284,26kr/m ²
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				83,63kr/m ²
	Sektionskostnad exkl. moms				1 579,00kr/m²

Tabell 7.3. Tak, TRP-plåt, 400 mm mineralull med papptäckning. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

Detta resulterar i en total kostnad på:

Summa **(1 529,00 kr/m² · 156 m²)** **238 524,00 kr**

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
JSE.1521	Tätskikt TY1521	1,0m ²	-	-	280,00kr
JSB.111	Underlagspapp UT typ 111	1,0m ²	40,35kr	0,07	-
HSD.1331	22 Råspontad träpanel	1,0m ²	58,50kr	0,18	-
	90x405 Åsar L40 c1200	1,0m	282,28kr	0,12	-
IBG.11	195 Mineralullsskiva-33	1,0m ²	119,85kr	0,12	-
IBG.11	195 Mineralullsskiva-33	1,0m ²	119,85kr	0,12	-
JSF.55	Isover Vario Xtra UV inkl. tejp	1,0m ²	34,45kr	0,17	-
HSD.1531	45x95 Träreglar c300 (högkant)	1,0m	6,45kr	0,04	-
KBC.322	13 Gipsskiva (b=900)	1,0m ²	32,50kr	0,20	-
Summa			694,23kr	1,02	280,00kr
	Materialkostnad				694,23kr/m ²
	Arbetslön				191,76kr/m ²
	Underentreprenör				280,00kr/m ²
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				483,24kr/m ²
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				28,00kr/m ²
	Sektionskostnad exkl. moms				1 677,00kr/m²

Tabell 7.4. Tak, Papptak på takåsar med 400 mm mineralull. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

Detta resulterar i en total kostnad på:

Summa **(1 677,00 kr/m² · 156 m²)** **261 612,00 kr**

7.2.3.1 Kommentarer

Efter jämförelse av pris tillsammans med diskussioner om trätaket's egentliga fuktproblematik lutar Moderna Tegelhus i Skåne AB, i skrivandets stund åt att ändrat sina typritningar från TRP-plåt alternativet till alternativet papptak på takåsar.

7.2.4 Stomme

Nedan redovisas resultaten av kostnadsjämförelsen med de omarbetade ytterväggssektionerna.

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
AFG.51	Hakställning (2 mån)	1,15m ²	-	-	189,75kr
FSG.22	108 Fasadtegel, rött slaget	1,00m ²	204,75kr	1,15	-
FSG.22	Frakt tegel (t=108)	1,00m ²	63,00kr	-	-
FSG.22	Vanligt bruk (t=108)	1,00m ²	97,50kr	0,10	-
ZSE	Ø4 Fasadspik	4st	23,00kr	0,08	-
IBE.23	100 Mineralullsskalmurskiva-33	1,00m ²	76,60kr	0,10	-
IBE.23	100 Mineralullsskalmursskiva-33	1,00m ²	76,60kr	0,10	-
HSD.113	45x145 Reglar c600	2,20m ²	43,67kr	0,20	-
IBE.24	145 Mineralull-33	1,00m ²	91,20kr	0,09	-
JSF.54	Isover Vario Xtra UV inkl. tejp	1,00m ²	34,45kr	0,17	-
HSD.113	45x45 Reglar c450	1,40m ²	9,03kr	0,10	-
IBE.24	45 Mineralullsskiva-33 (b=410)	1,00m ²	33,50kr	0,07	-
KBC.321	13 Gipsskiva (b=900)	1,00m ²	32,50kr	0,18	-
LCS.22	Sandspackel, skivor	1,00m ²	-	-	37,00kr
LCS.22	Målning av vägg	1,00m ²	-	-	42,00kr
Summa			785,80kr	2,34	268,75kr
	Materialkostnad				785,80kr/m ²
	Arbetslön				439,17kr/m ²
	Underentreprenör				268,75kr/m ²
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				1 106,70kr/m ²
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				26,88kr/m ²
	Sektionskostnad exkl. moms				2 627,30kr/m²

Tabell 7.5. Stomme, Träregelvägg med tegelfasad. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

Detta resulterar i en total kostnad på:

Summa **(2 627,00 kr/m² · 134,6 m²)** **353 634,00 kr**

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
AFG.51	Hakställning (2 mån)	1,15m ²	-	-	189,75kr
FSG.22	108 Fasadtegel, rött slaget	1,00m ²	204,75kr	1,15	-
FSG.22	Frakt tegel (t=108)	1,00m ²	63,00kr	-	-
FSG.22	Vanligt bruk (t=108)	1,00m ²	97,50kr	0,10	-
LBS	Vattenavvisande slamning	1,00m ²	60,00kr	0,20	-
IBE.23	150 Mineralullsskalmurskiva-33	1,00m ²	108,30kr	0,10	-
IBE.23	200 Mineralullsskalmursskiva-33	1,00m ²	136,30kr	0,10	-
ZSE	Ø5 Kramla	4st	59,00kr	0,16	-
FSG.21	108 Murtegel, håltegel	1,00m ²	242,40kr	0,90	-
FSG.22	Frakt tegel (t=108)	1,00m ²	63,00kr	-	-
AFG.51	Invändig hög murställning	1,00m ²	22,00kr	0,16	-
LBS.121	Tunnputs slamad yta	1,00m ²	25,00kr	0,18	-
LCS.21	Silikatfärg tegel	1,00m ²	-	-	98,00kr
Summa			1 081,25kr	3,05	287,75kr
	Materialkostnad				1 081,25kr/m ²
	Arbetslön				573,40kr/m ²
	Underentreprenör				287,75kr/m ²
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				1 444,97kr/m ²
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				38,58kr/m ²
	Sektionskostnad exkl. moms				3 425,94kr/m²

Tabell 7.6. Stomme, Kanalmur. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

Detta resulterar i en total kostnad på:

Summa **(3 426,00 kr/m² · 134,6 m²)** **461 140,00 kr**

7.2.5 Innerväggar

Nedan redovisas resultaten av kostnadsjämförelsen med de omarbetade innerväggssektionerna.

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
LCS.22	Målning av vägg	1,0m ²	-	-	42,00kr
LCS.22	Sandspackel, skivor	1,0m ²	-	-	37,00kr
KBC.321	13 gipsskiva (b=900)	1,0m ²	32,50kr	0,18	-
HSB.1121	ER 95 Stålregel	3,0m	43,80kr	0,18	-
HSB.1121	SK95/55 Golvskena	0,5m	9,88kr	0,04	-
HSB.1121	SK95 Takskena	0,5m	6,75kr	0,04	-
IBE.24	45 Mineralullsskiva-39 (b=450)	1,0m ²	25,75kr	0,07	-
KBC.321	13 Gipsskiva (b=900)	1,0m ²	32,50kr	0,18	-
LCS.22	Sandspackel, skivor	1,0m ²	-	-	37,00kr
LCS.22	Målning av vägg	1,0m ²	-	-	42,00kr
Summa			151,18kr	0,69	158,00kr
	Materialkostnad				151,18kr
	Arbetslön				129,72kr
	Underentreprenör				158,00kr
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				326,90kr
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				15,80kr
	Sektionskostnad exkl. moms				781,59kr

Tabell 7.7. Innervägg, Gipsvägg 95/95 bredd 450. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

Detta resulterar i en total kostnad på:

Summa **(781,59 kr/m² · 93,4 m²)** **72 001,00 kr**

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
LCS.21	Silikatfärg tegel	1,0m ²	-	-	98,00kr
LBS.121	Tunnputs slammad yta	1,0m ²	25,00kr	0,18	-
FSG.21	108 Murtegel, håltegel	1,0m ²	242,40kr	0,90	-
FSG.22	Frakt tegel (t=108)	1,0m ²	63,00kr	-	-
AFG.51	Invändig låg murarställning	1,0m ²	13,00kr	0,08	-
LBS.121	Tunnputs slammad yta	1,0m ²	25,00kr	0,18	-
LCS.21	Silikatfärg tegel	1,0m ²	-	-	98,00kr
Summa			368,40kr	1,34	196,00kr
	Materialkostnad				368,40kr
	Arbetslön				251,92kr
	Underentreprenör				196,00kr
	Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön				634,84kr
	Omkostnadspålägg 10 % på UE				19,60kr
	Sektionskostnad exkl. moms				1 470,76kr

Tabell 7.8. Innervägg, Tegel. [Wikells Byggberäkningar AB. 2014.]

Detta resulterar i en total kostnad på:

Summa **(1 470,76 kr/m² · 93,4 m²)** **137 369,00 kr**

7.2.6 Fönster- och Dörrpartier

Fönster och dörruppsättning skiljer sig inte mellan husen, nedan sammanställs kostnadskalkyl för dessa.

	Fönster	Enhet	Mtrl	Tid	UE
Baksida					
14x12	Öppningsbart	1st	9 209,00kr	1,10	-
19x21	Fast karm	4st	53 916,00kr	6,00	-
19x7	Öppningsbart	4st	33 132,00kr	4,20	-
15x7	Fast karm	1st	5 203,00kr	0,85	-
10x7	Fast karm	1st	3 534,00kr	0,85	-
6x12	Öppningsbart	1st	5 610,00kr	0,95	-
Framsidan					
12x12	Öppningsbart	3st	24 405,00kr	3,15	-
10X4	Fast karm	1st	2 850,00kr	0,75	-
5x5	Öppningsbart	1st	4 141,00kr	0,90	-
Summa			142 000,00kr	18,75	

Tabell 7.9. Fönster.

	Dörr	Enhet	Mtrl	Tid	UE
15x21-21	Dubbeldörrar, glas	1st	24 202,00kr	1,5	-
10x21-21	Enkeldörrar, glas	1st	15 572,00kr	1,2	-
10X21-21	Ytterdörr, ek:	1st	10 478,00kr	1,5	-
10x21-21	Köksdörr	1st	15 572,00kr	1,2	-
Summa			65 824,00kr	5,4	

Tabell 7.10. Ytterdörrar.

	Dörr	Enhet	Mtrl	Tid	UE
10x21	Innerdörr	12st	1 016,00kr	0,75	-
Summa			12 192,00kr	9,00	

Tabell 7.11. Innerdörrar.

Matrialkostnad	220 016,00kr
Underentreprenör	-
Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön	15 705,14kr
Omkostnadspålägg 10 % på UE	-
Sektionskostnad exkl. moms	241 953,30kr

Tabell 7.12. Montering.

Det resulterar i en totalkostnad på 241 953,30 kr enligt tabell 7.12.
[Elitfönster. Prisbok. 2014.]

7.2.7 Solproduktionsanläggningen

Priser	exkl. moms	inkl. moms
Solfångare, 1-moduler	17 600,00kr	22 000,00kr
Monteringssats	1 960,00kr	2 450,00kr
Ackumulatortank	15 900,00kr	19 875,00kr
Övriga kostnader	77 118,00kr	95 413,00kr
	112 578,00kr	139 738,00kr

Tabell 7.13. Kostnader för solfångaranläggningen.

Priser	exkl. moms	inkl. moms
Anläggning 58st moduler	149 000kr	186 250kr
	149 000kr	186 250kr

Tabell 7.14. Kostnader för solcellsanläggningen.

7.2.8 Totalkostnader

Byggnadsdel	Åtg	Enhet	Mtrl	Total
Kantbalk	53,60	m	2 772,49kr	148 605,68 kr
Platta	123,53	m ²	888,77kr	109 789,76 kr
Ytterväggar	134,60	m ²	3 425,94kr	461 131,93 kr
Fönster och Dörrar	-	-	241 953,30kr	241 953,30 kr
Tak	155,93	m ²	1 578,59kr	246 148,91 kr
Innerväggar	93,40	m ²	1 470,76kr	137 368,80 kr
Solfångaranläggning	2,37	m ²		112 578,00 kr
Solcellsanläggning	99,00	m ²		149 000,00 kr
Summa				1 606 576,38 kr

Tabell. 7.15. Sammanställning av totalkostnader för byggnad med tegelstomme.

Byggnadsdel	Åtg	Enhet	Mtrl	Total
Kantbalk	53,60	m	2 772,49kr	148 605,68 kr
Platta	123,53	m ²	888,77kr	109 789,76 kr
Ytterväggar	134,60	m ²	2 627,30kr	353 634,04 kr
Fönster och Dörrar	-	-	241 953,30kr	241 953,30 kr
Tak	155,93	m ²	1 677,23kr	261 529,69 kr
Innerväggar	93,40	m ²	781,59kr	73 000,92 kr
Solfångaranläggning	2,37	m ²		112 578,00 kr
Solcellsanläggning	99,00	m ²		149 000,00 kr
Summa				1 450 091,39 kr

Tabell 7.16. Sammanställning av totalkostnader för byggnad med träregelstomme.

Efter sammanställning av de båda husens totalkostnad får vi en differens de emellan på 156 484,99 kr.

Denna summa bör ställas i relation till slutpris för brukare. Det vill säga, hela projektet inklusive tomtmark och fastinredning etc.

8 Dagens elmarknad

Den som idag har rörligt elpris betalar i själva verket för vad elen kostat i genomsnitt den senaste månaden. Men från den 1 oktober 2012 kunde vanliga elkunder teckna elavtal som bygger på timmätning. Den som är aktiv kan spara pengar genom att snåla på elen när den är som dyrast. För att istället köra tvättmaskin och diskmaskin när elen är som billigast, exempelvis under natten. [Alpman Marie. 2012.]

För närvarande, våren 2014 finns inget speciellt fjärrvärmeabonnemang för brukare som kan tänka sig värmelagra i sina bostäder. Inte heller finns några speciell elabonnemang för solelsproducenter. Däremot är de flesta abonnemang konstruerade så att brukaren själv kan påverka sin kostnad genom att abonnemanget är uppdelad i en del energi och en del effekt. Detta medför att både solels producenter och brukare som accepterar värmelagring får en något lägre kostnad gentemot traditionella elkunder.

Är du både el- och nätkund hos oss får du 1 kr/kWh för din överskottsel, under förutsättning att effekten på anläggningen inte överstiger 10 kW. För övriga kunder kan vi köpa in elen för spotpriset minus 3 öre. [Kraftringen. 2013.]

Som producent av el kan du i Lund, med Kraftringen som elhandlare, sälja ditt överskott till priset av en krona per kilowattimme.

8.1 Timtaxa

Tanken var att timmätningen skulle sätta fart på teknikutvecklingen så att det kommer nya tjänster och produkter som styr elanvändningen automatiskt. Flera företag har idag produkter som ska göra det enklare att styra elkonsumtionen. ABB utvecklar en styrenhet för hemmet som har koll på elpriset och aktuell förbrukning. Samtidigt kommunicerar den med värmesystem, vitvaror, elbilsladdare och annat. Branschen jobbar mot en standard för att maskinerna ska tala samma språk. Detta skulle innebära att man kan välja om tvättmaskinen ska tvätta med en gång eller om den utifrån en vald färdigtid tvättar när det är billigast eller med minst miljöpåverkan. Även elmätarna blir smartare, nästa generation ska kunna ge detaljerad information om energiförbrukningen i realtid från de olika hushållsapparaterna. Denna information tar sedan brukaren del av genom en app i sin mobiltelefon, för att på så sätt bli en mer aktiv brukare. Villaägare har störst möjlighet att spara på att byta till timpris. Allra störst blir vinsten om uppvärmningen kan styras till timmar då elen är billig. [Alpman Marie. 2012.]

Hittills har det gått trögt med timtaxaabonnemangen. Företrädare för elbolagen pekar på att det kan vara svårt för kunderna att bedöma nyttan med att betala ett pris som varierar timme för timme beroende på vad priset är på den nordiska elmarknaden. Alla brukare tjänar inte på timavtal. Jämfört med dagens rörliga avtal där man betalar ett genomsnittspris för en månad, tjänar ungefär hälften på timavtal och hälften tjänar inte på det. Den stora vinsten kommer när man lägger om sin energianvändning. Företrädare för branschen tror att de flesta avtal så småningom kommer att vara timmätta. Samme företrädare menar att det i praktiken för de flesta kunder är en liten skillnad mellan dagens rörliga avtal och timavtalen. [Karlsson Lars-Ingmar. 2012.]

8.2 Smarta elnät

En av vår tids största utmaningar är att skapa ett mer hållbart samhälle. Omställningen av energisystemen är en viktig pusselbit och år 2020 ska hälften av den energi som används i Sverige komma från förnybara energikällor som exempelvis sol och vind. [NyTeknik.se. 2013.]

Ett Smart elnät är ett redskap för samhället att ta till vara på resurser som idag inte utnyttjas. För elbolagen handlar det om att kunna planera sin försäljning. Idag så sker stora effektuttag på kvällar och helger, när människor är hemma och tvättar, duschar, lagar mat och ser på TV. Detta medför att elnät och fjärrvärmesystemen inte klarar av efterfrågan utan tvingas till att producera stora mängder el och värme genom fossilförbränning. [NyTeknik.se. 2013.]

Med ett smart elnät, kan man utnyttja spillvärmes från industrier för att värma bostäder, skolor och andra lokaler. Med ny teknik kommer samhället och brukaren kunna styra sin förbrukning till andra delar av dygnet då belastningen i näten inte är så stor. Ett smart elnät underlättar även för försäljning av egen produktion, så som solenergi, biogasförbränning och vindkraft. För att klara denna omställning behöver hela systemet uppgraderas med allt ifrån ny teknologi till nya regelverk och tjänster som underlättar för alternativ energi. Forskningen talar för att inte en enda energikälla kommer kunna ersätta dagens fossila alternativ. Men med ett smart elnät kommer olika gröna energikällor att kunna bli en del av förändringen. [Rönneblad Anders. 2013.]

9 Slutsats och diskussion

9.1 Slutsats

Nedan följer sammanställning av solelproduktionen för de båda plusenergihus alternativen.

	kWh/år			
Solcellsproduktion:	9 765			
	Förbrukning (kWh/år)	Överproduktion (kWh/år)	Ersättning (kr/kWh)	Besparing (kr)
Tegelhus/år	1 018	8 747	1,00	8 747
Trähus/år	1 093	8 672	1,00	8 672

Tabell 9.1. Jämförelse mellan byggnad med tegel stomme och byggnad med träregelstomme. Produktion, förbrukning, överproduktion, ersättning och besparing.

Detta resulterar i en skillnad mellan byggnaderna på 75,44 kr/år. Denna marginella skillnad mellan byggnaderna innebär att solcellsproduktionen inte kan bekosta differensen mellan husen.

9.2 Diskussion

Det är viktigt att komma ihåg att simuleringarna är genomförda som ett mått på klimatskalets passiva värmelagring. Dock skulle den aktiva värmelagringen medräknad inte räcka till för att bekosta skillnaden i produktionskostnad utan istället bör skillnaden i byggnaderna ställas mot totalkostnaden för brukare. Hur man ställer sig till denna kostnadsskillnad är upptill var och en att bestämma.

Det är författarnas åsikt att skillnaden på 156 500 kronor kan sparas in på val av kök, badrum och ytskikt. Slutkonsumenten får istället ett gediget hus med robusta fuktegenskaper, som håller över tiden. En byggnad som av många anses äga de kvaliteter påvisade av Miklós Molnár i rapporten, ”Attityder till murat och putsat byggande hos byggtreprenörer, arkitekter och köpare av småhus”.

I ett försök att bringa klarhet i Vario duplex åldersbeständighet, tittade författarna närmare på dess produktdatablad. Detta visade att Isover inte har redovisat mätdata på ålderbeständigheten hos produkten. Lufttätheten är helt avgörande för en energieffektivbyggnads funktion. Vilket gör att en tung stomme med puts som lufttätning blir ett bättre alternativ som är lätt att underhålla och laga vid behov.

Det är istället värmelagringen och dess koppling till smarta elnät som blir tegelbyggnadens styrka. Smarta elnät är en reell möjlighet för samhället att nå regeringens miljömål till år 2050. En tung stomme är inte bara ett sätt för den enskilde brukaren att uppnå ett gott inomhusklimat utan också ett sätt för samhället att effektivt ta till vara på resurser som idag går till spillo.

Aktiv värmelagringen innebär en variation av inneklimatet, som för vissa kan upplevas som störande. Denna variation bör dock vara upp till brukaren att avgöra om hen kan leva med. Skulle variationen innebära att brukaren någon månad om året får bära varmare kläder inomhus bör detta vara upp till personen ifråga att avgöra. Energieffektiva hus är en del av samhällets väg till ett mer hållbart samhälle och det är de som har mest att tjäna på värmelagring. Detta är en viktig poäng som kommuner borde ta till sig i deras stadsplanering, att inte bara bestämma områdets estetiska aspekter utan även dess funktion.

9.3 Felanalys

WUFI Plus är ett avancerat simuleringsprogram utvecklat för beräkning av kopplad värme- och fukttransport. Resultaten bör ses med säkerhet utifrån studiens syfte. De ingenjörsmässiga uppskattningar som har gjorts i studien, bör vid en projektering vidare analyseras utifrån slutkonsumenten. Till exempel parametern ”Interna laster” som är avgörande.

9.4 Fortsatta studier

Omfattning av detta kandidatarbete är tämligen begränsat och skulle kunna byggas ut mer. Vidare studier med exempelvis PC-programmet IDA, som används mycket på avdelningen för installationsteknik. För att optimera inomhusklimatet i byggnaderna. Under arbetets gång har WUFI Plus varnat för parametern, Thermal environment som hamnar i den IV kategorin enligt prEN15251:2006. För båda byggnaderna.

Category	Explanation
I	High level of expectation and is recommended for spaces occupied by very sensitive and fragile persons with special requirements like handicapped, sick, very young children and elderly persons
II	Normal level of expectation and should be used for new buildings and renovations
III	An acceptable, moderate level of expectation and may be used for existing buildings
IV	Values outside the criteria for the above categories. This category should only be accepted for a limited part of the year

Note: In other standards like EN13779 and EN ISO 7730 categories are also used; but may be named different (A, B, C or 1, 2, 3 etc.)

Figur 9.1. Utdrag ur CEN-Standard prEN15251:2006. Definition av kategorier.

Även fullgoda konstruktionsritningar, och analys av köldbryggor bör genomföras.

10 Källförteckning

10.1 Tryckt litteratur

Avd. Energiteknik. *Redogörelse Värmetransport* Luleå tekniska högskola Luleå.

Burström P.G. 2007. *Byggnadsmaterial - Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur AB.

Hardenhill Björn. 2013. *Möjligheter att minska energianvändningen i småhus*. Media-Tryck Biblioteksdirektionen. Lunds universitet.

Hedén Pontus. 2013. *Solelpotentialbedömning - Framställning av solelpotentialkarta för Lund och utvärdering av laserdata*. Lunds tekniska högskola. Lund Universitet.

Jonsson Stefan. 2006. *Lönsamhet och teknik för solvärmesystem i anslutning till fjärrvärme*. Umeå Universitet.

Kjellsson Elisabeth. 2000. *Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige*. Lunds Tekniska Högskola. Lund Universitet.

Molnár Miklós. 2012. *Attityden till murat och putsat byggande – Hos byggtreprenörer, arkitekter och köpare av nybyggda småhus*. Lunds tekniska högskola. Lund Universitet.

Nevander L.E. & Elmarsson B. 1994. *Fukthandboken*. Mölnlycke: Elanders Sverige AB.

Noresson M. & Nyqvist C. 2010. *Passivhus och ångspärrar*. Chalmers tekniska högskola.

Pallin Simon. 2008. *Airtightness in dwellings with clay hollow masonry blocks*. Chalmers tekniska högskola.

Rönneblad Anders. 2012. *Sambandet mellan byggnadens stommaterial, värmedynamiska funktion och styr- & reglerstrategi – Sammanställning av bakgrundsmaterial och kommentarer*. Lunds Tekniska Högskola. Lund Universitet.

Sandin Kenneth. 2010. *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur AB.

Warfvinge C. & Dahlbom M. 2010. *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur AB.

Widen Joakim. 2011. *Beräkningsmodell för ekonomisk optimering av solesanläggningar*. Elforsk rapport 10:103. Elforsk AB.

Wikells Byggberäkningar AB. 2014. *Wikells Sektionsfakta-NYB*. Elanders.

10.2 Elektroniska källor

Alpman Marie. 2012. *El per timme kan spara dig tusenlappar*. NyTeknik. (Elektronisk) Tillgänglig: < http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3550762.ece > (2014-05-08)

Betongbyggnad. 2010. *Nyttan med värmetröga konstruktioner*. (Elektronisk) Tillgänglig: < http://www.byggnadsmaterial.lth.se/fileadmin/byggnadsmaterial/Research/CE_RBOF/Samhaellsbyggaren__nr_1_.pdf > (2014-05-18)

Bosch. 2014. *Bosch solfångare*. (Elektronisk) Tillgänglig: < <http://www.bosch-climate.se/pages/product.asp?lngID=374&lngLangID=1&gclid=CILsxn7twr4CFULecgodynwARA> > (2014-05-08)

ByggNyheter.se. 2009. *Nytt intyg ska garantera passivhus*. (Elektronisk) Tillgänglig: < <http://www.byggnyheter.se/2009/11/nytt-intyg-ska-garantera-passivhus> > (2014-05-18)

CEN. European Committee for Standardization. 2014. *Who we are*. (Elektronisk) Tillgänglig: < <https://www.cen.eu/about/Pages/default.aspx> > (2014-05-16)

Elitfönster. 2014. *Prisbok 2014:1* (Elektronisk) Tillgänglig: < http://www.elitfonster.se/Documents/Prislistor/elit_prisbok.pdf > (2014-05-08)

Emrahus. 2014. *Lufttätthet i passivhus*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.emrahus.se/tathet/>> (2014-07-21)

Energimyndigheten. 2012. *Om oss*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.energimyndigheten.se/Om-oss/>> (2014-05-16)

Energimyndigheten. 2013. *Build up skills Sverige*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivt-byggande/Build-Up-Skills-Sverige/>> (2014-05-08)

Karlsson Lars-Ingmar. 2012. *Flopp för timpris på el*. Dagens Nyheter Ekonomi. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.dn.se/ekonomi/flopp-for-timpris-pa-el/>> (2014-05-08)

Karlsson S. och Bargi S. 2013. *Solceller*. Energimyndigheten. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.energimyndigheten.se/sv/Forskning/Kraftforskning/Solkraft/Solceller/>> (2014-05-08)

Kraftringen. 2013. *Om våra solcellspaket*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.kraftringen.se/Foretag/Solceller/Fragor-och-svar-om-solceller/Produkten/>> (2014-05-08)

NyTeknik.se. 2013. *Forska mer om smarta elnät – men på rätt sätt*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.nyteknik.se/asikter/debatt/article3785869.ece>> (2014-05-08)

Sigurd D. och Stolt L. 2014 *Solcell*. *Nationalencyklopedin*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.ne.se/lang/solcell>> (2014-05-16)

SMHI. 2014. *Solstrålning*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-1.4186>> (2014-05-16)

Solel. 2014. *Beräkningsverktyg – Solelekonomi*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.solelprogrammet.se/Projekteringsverktyg/Berakningsverktyg/>> (2014-05-08)

Sveriges Centrum för Nollenergihus. 2012. *Om FEBY12*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.nollhus.se/feby-12/om-feby-12>> (2014-05-16)

Tomas Gustavsson konstruktion AB. 2014. *Byggnadskonstruktör med tilltro till hantverksbaserat byggande*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.konstruktioner.se/>> (2014-05-18)

WUFI Plus. 2014. *WUFI Plus Therm – Reduced complexity for thermal building simulations*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.enob.info/en/software-and-tools/projects/details/wufi-plus-therm-reduced-complexity-for-thermal-building-simulations/>> (2014-07-21)

10.3 Muntliga källor

Ask Björn. 2014. Marknadschef, Försäljning och Teknisk rådgivning på FOAMGLAS® Nordic AB. Telefonintervju 8 april.

Fredlund Bertil. Professor vid institutionen för byggnadskonstruktion. Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola 2014. VSMF01 Energihushållning, Föreläsning 3.

Nordén L. & Berlin L. 2014. Arkitekter. Moderna Tegelhus i Skåne AB. Intervju 6 maj.

Rönneblad Anders. 2013. Project Manager R&D. CEMENTA AB. Föreläsning SPEF-Dagen 2013 9 april

11 Bilagor

11.1 Bilaga 1 Planritning, byggnad med tegelstomme

11.2 Bilaga 2 Fasader, byggnad med tegelstomme

11.3 Bilaga 3 Sektion A-A, byggnad med tegelstomme

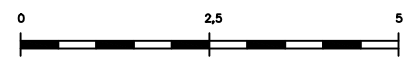
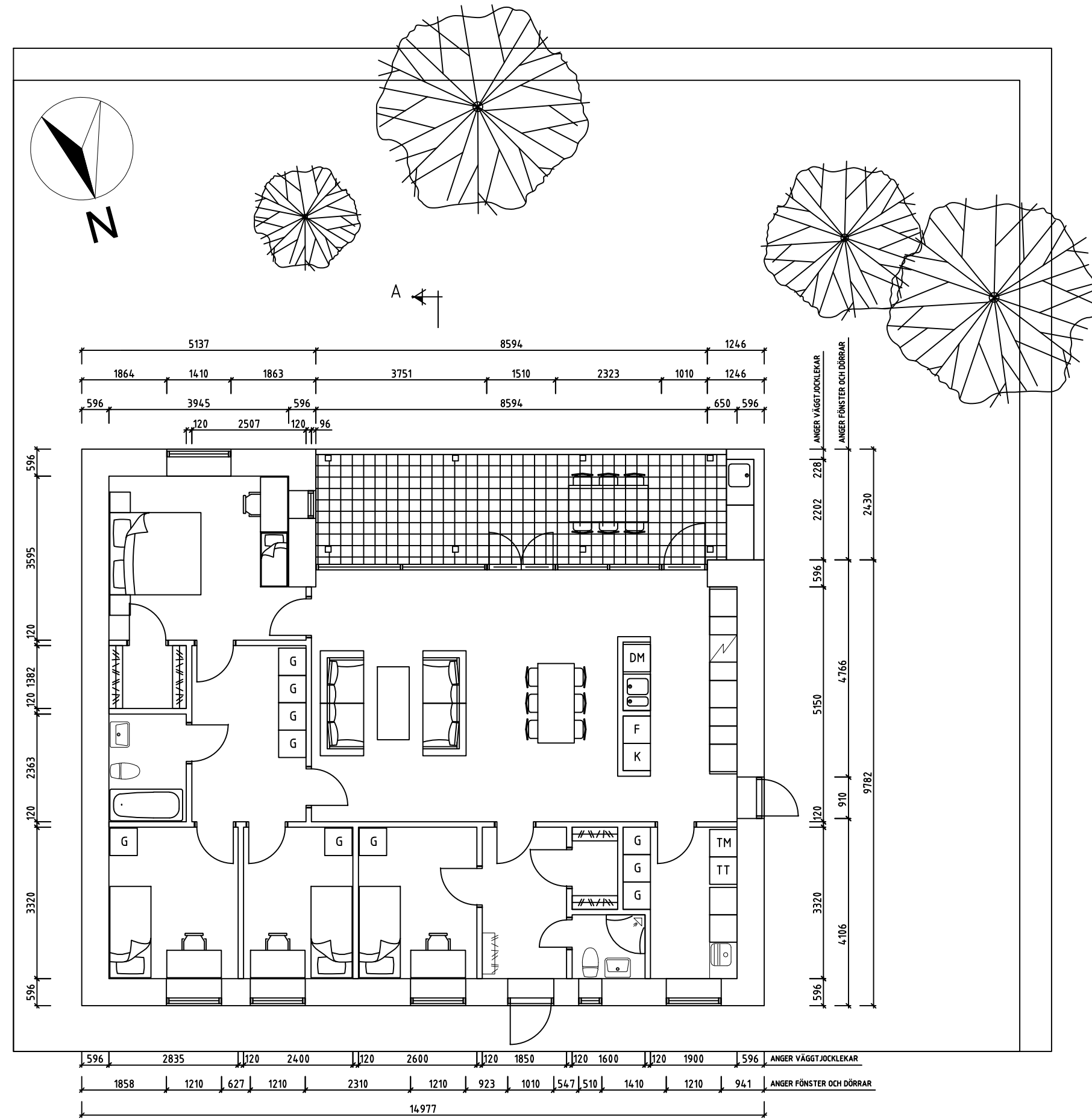
11.4 Bilaga 4 Principdetaljer, byggnad med tegelstomme

11.5 Bilaga 5 Planritning, byggnad med träregelstomme

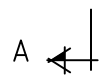
11.6 Bilaga 6 Fasader, byggnad med träregelstomme

11.7 Bilaga 7 Sektion A-A, byggnad med träregelstomme

11.8 Bilaga 8 Principdetaljer, byggnad med träregelstomme



PLAN

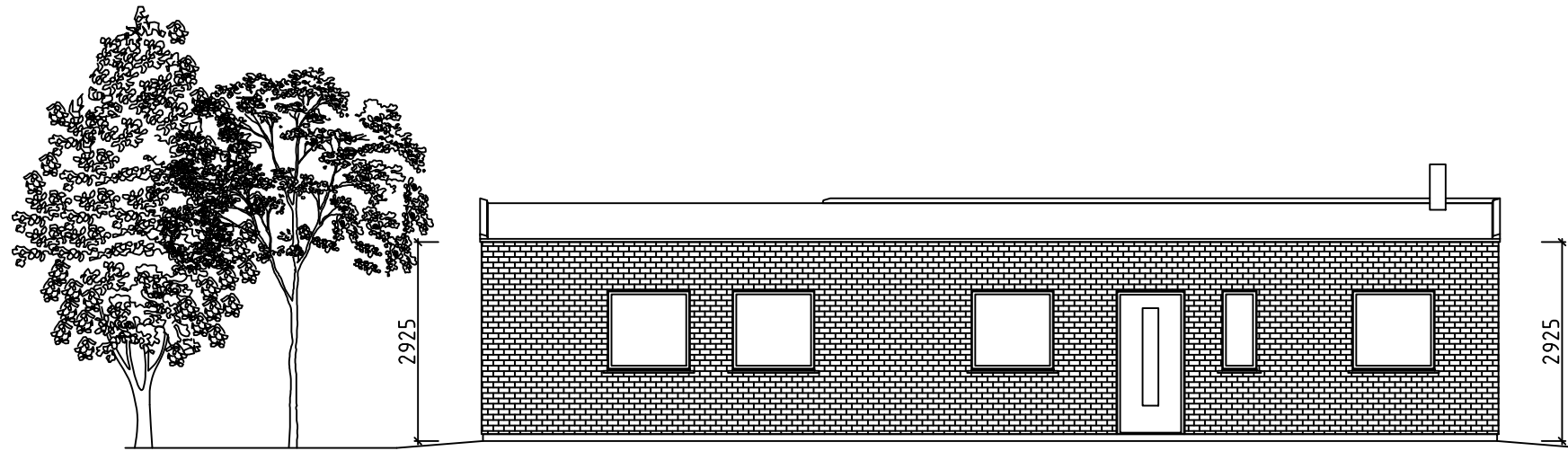


PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BIT.HANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL		
PLANRITNING BYGGNAD MED TEGELSTOMME		
SKALA A3 1:100	DATUM 2014-05	NUMMER I BET 001

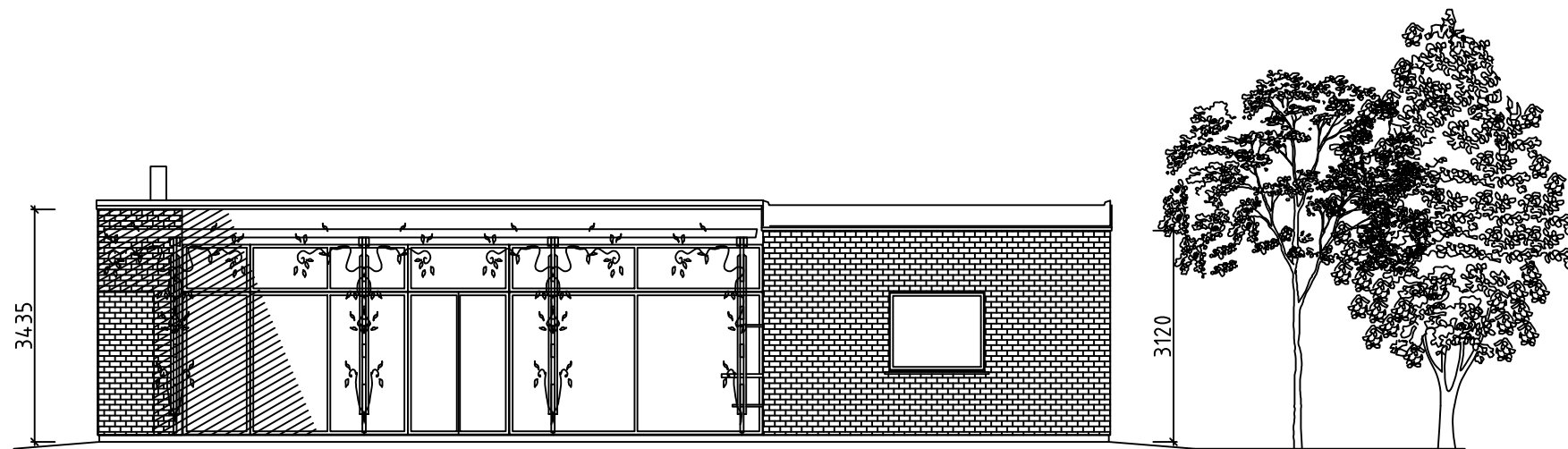


FASAD MOR ÖSTER

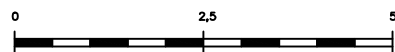
FASAD MOR VÄSTER



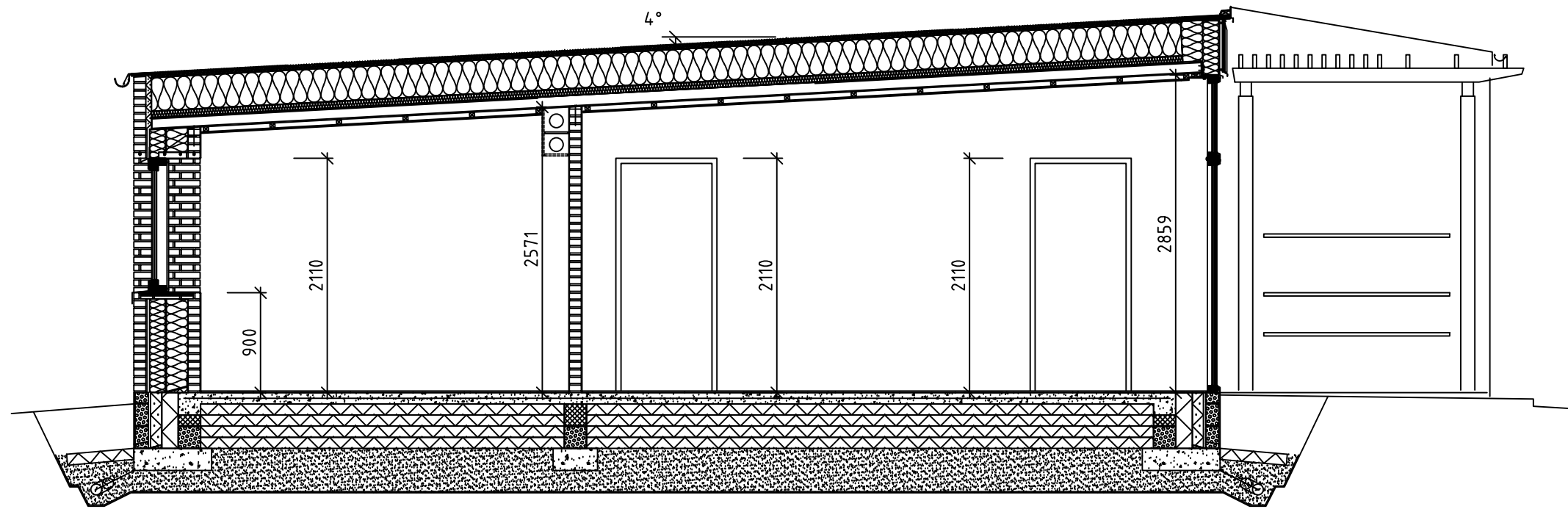
FASAD MOR NORR



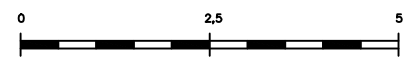
FASAD MOT SÖDER



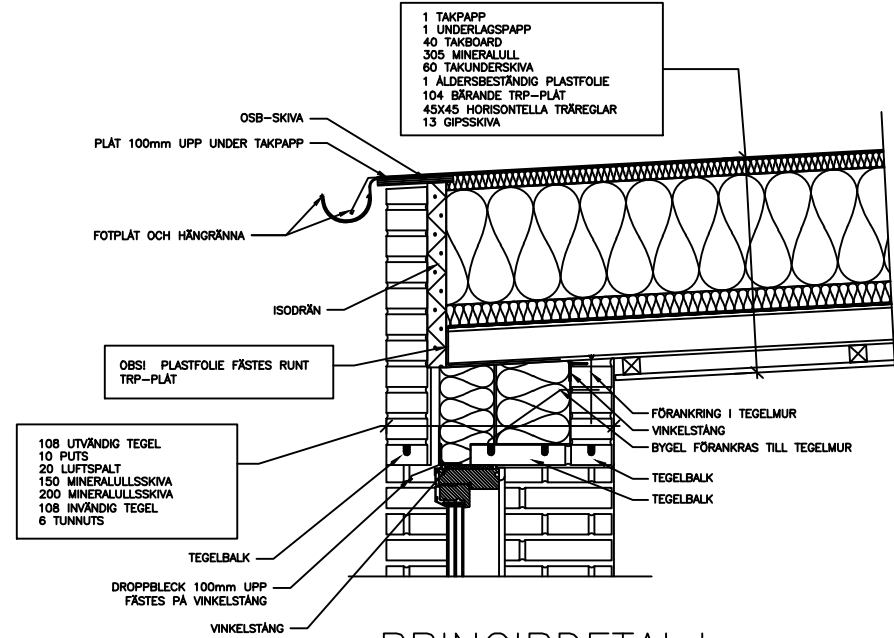
PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BIT.HANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL		
FASADER BYGGNAD MED TEGELSTOMME		
SKALA A3 1:100	DATUM 2014-05	NUMMER I BET 002



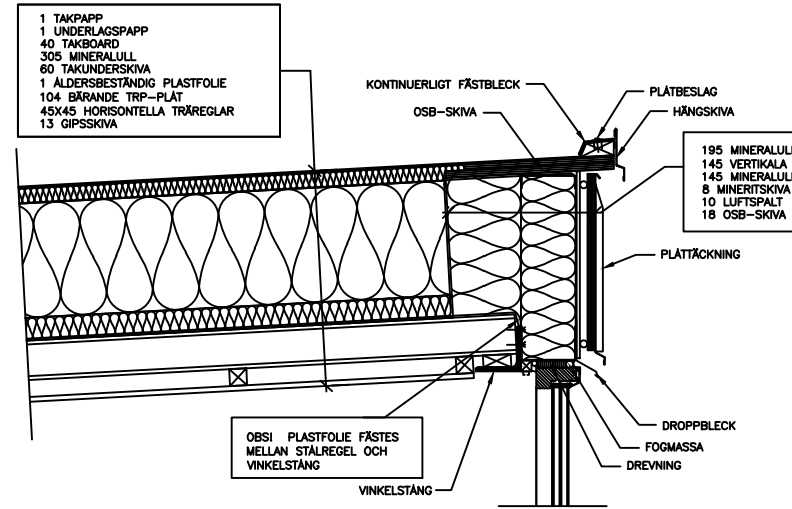
SEKTION A-A



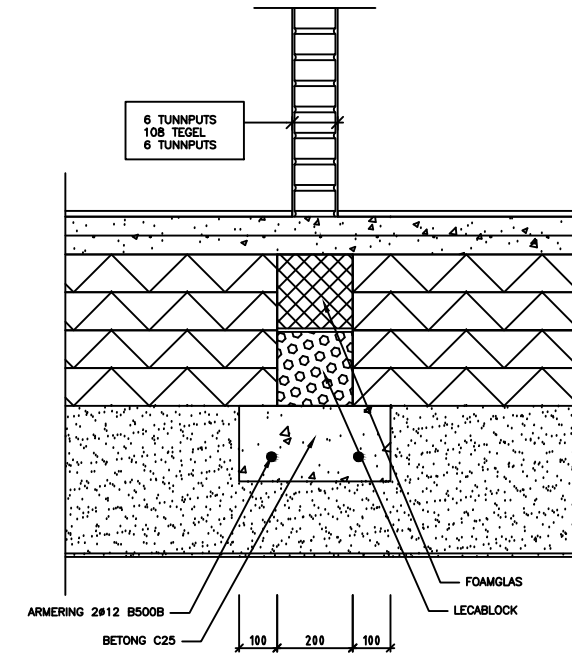
PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å. Nordlund Z. Pockowski	HANDLÄGGARE P. Wallentén BIT. HANDLÄGGARE T. Gustavsson
INNEHÅLL		
SEKTION A-A BYGGNAD MED TEGELSTOMME		
SKALA A3 1:50	DATUM 2014-05	NUMMER I BET 003



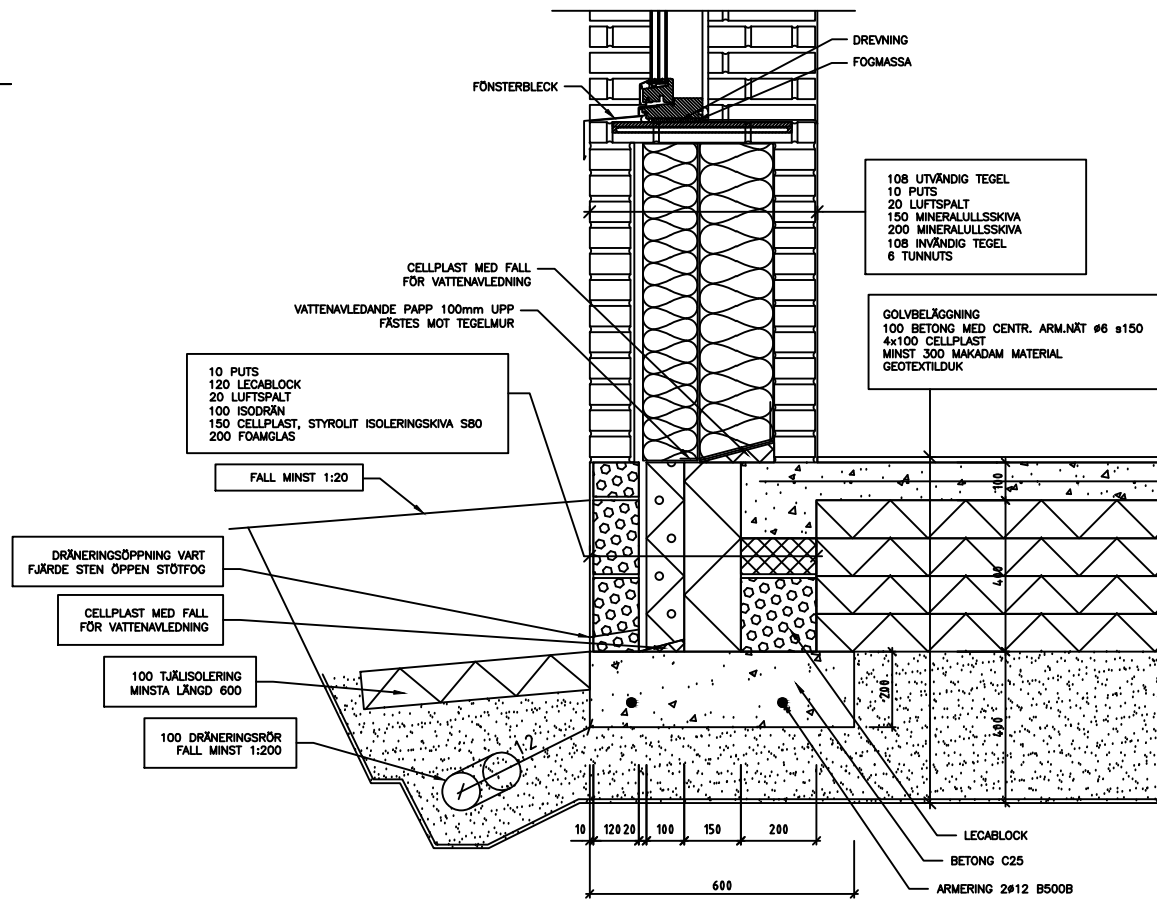
PRINCIPDETALJ
TAK/VÄGG



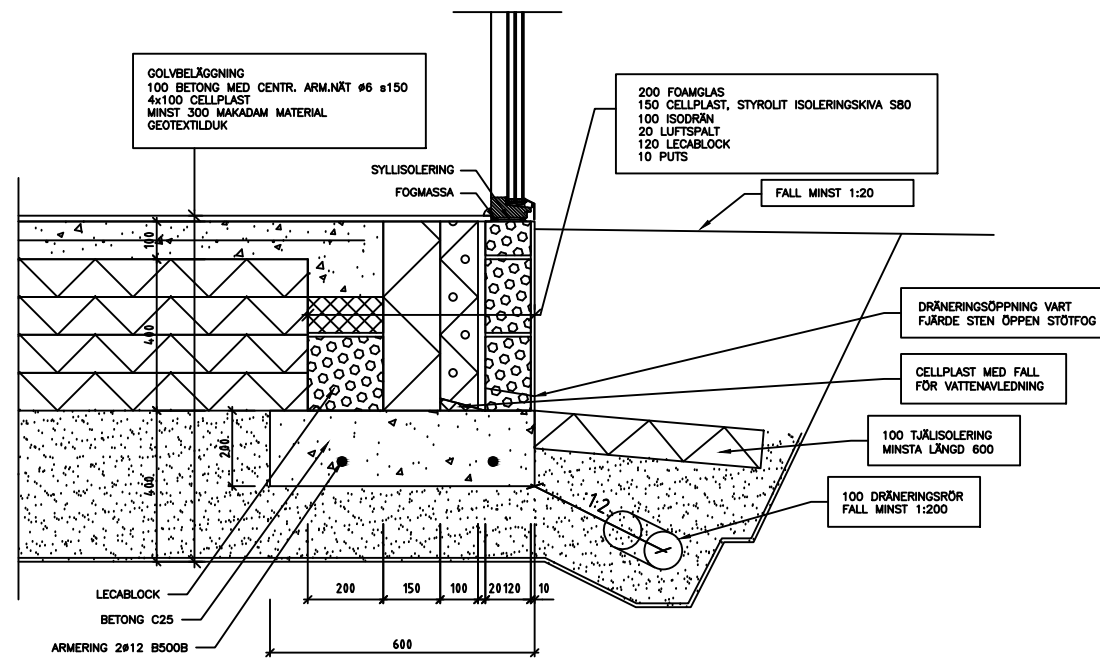
PRINCIPDETALJ
TAK/FÖNSTERPARTI



PRINCIPDETALJ
GRUND/INNERVÄGG

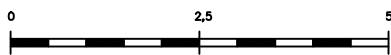
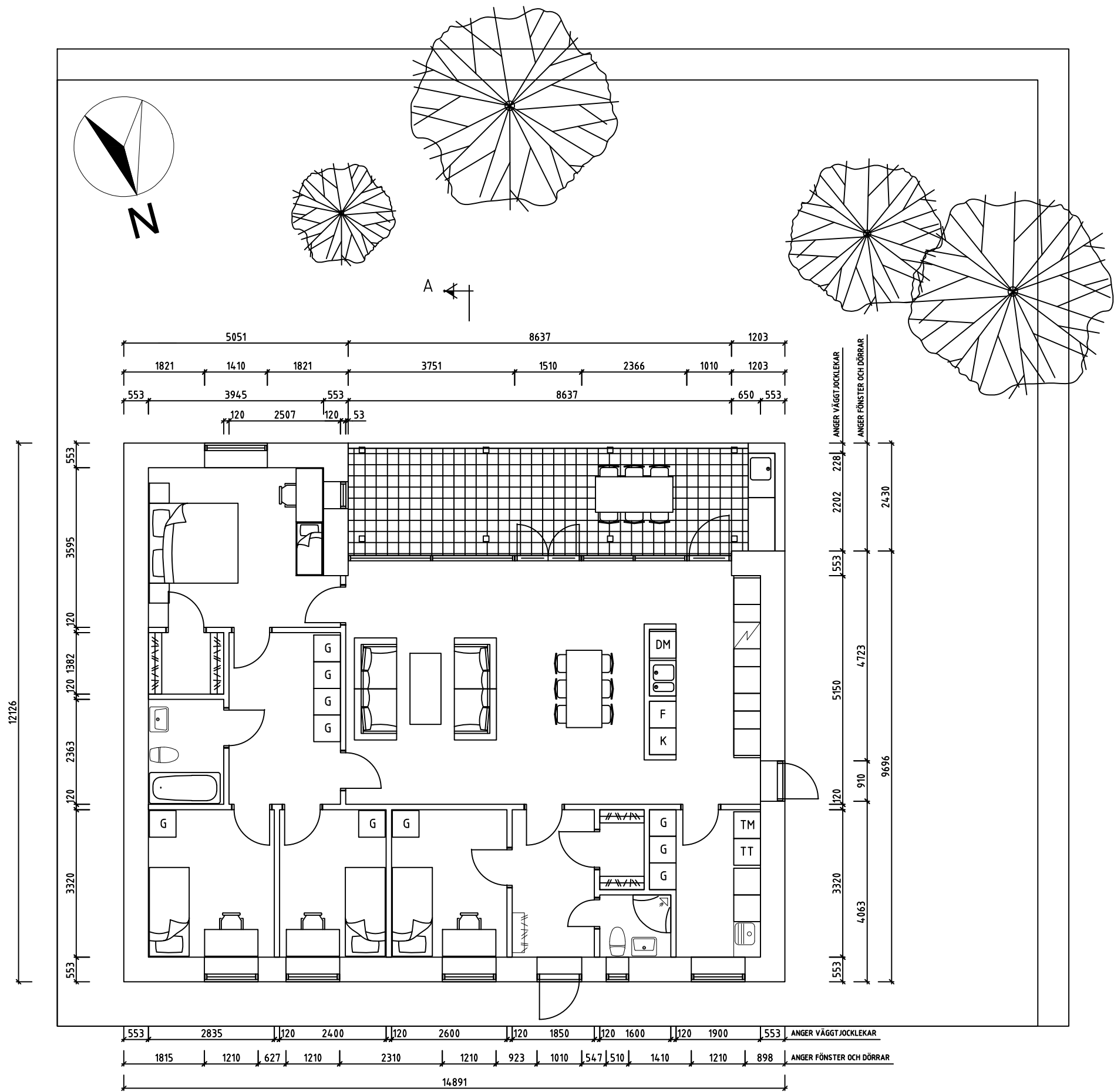


PRINCIPDETALJ
GRUND/YTTERVÄGG



PRINCIPDETALJ
GRUND/FÖNSTERPARTI

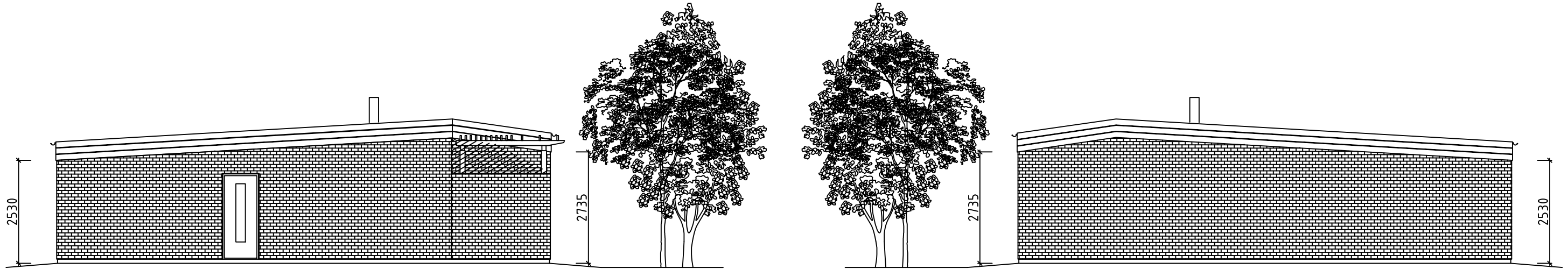
PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BIT.HANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL PRINCIPETALEJER TAK, FÖNSTER OCH VÄGG GRUND, FÖNSTER OCH VÄGG		
SKALA A3 1:20	DATUM 2014-05	NUMMER 004



PLAN

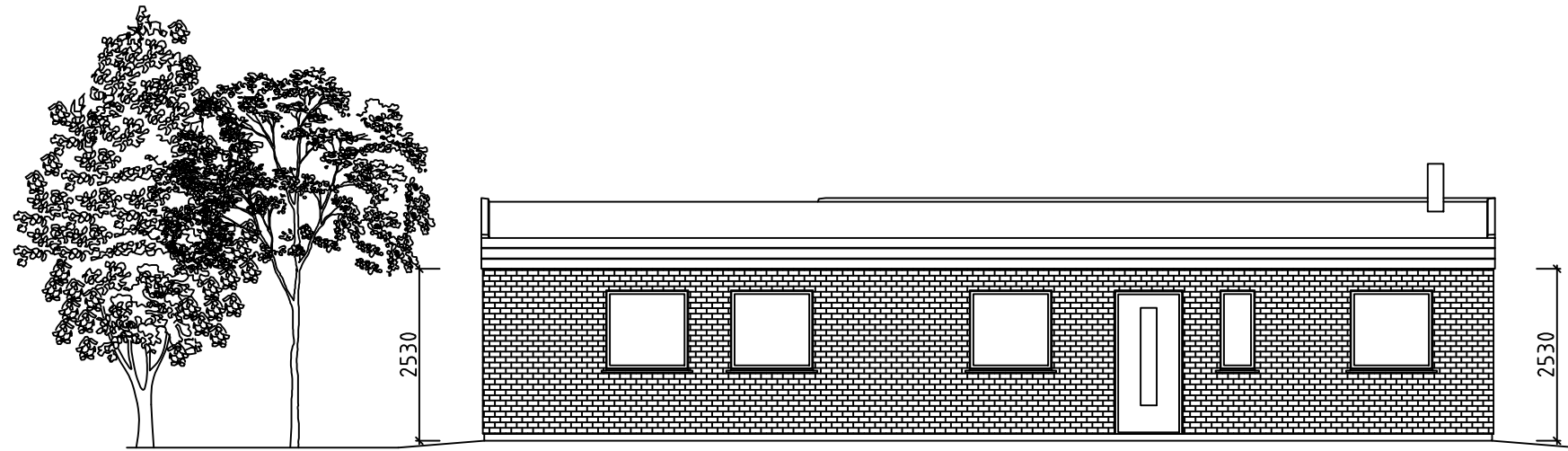


PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BIT.HANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL PLANRITNING BYGGNAD MED TRÄREGELSTOMME		
SKALA A3 1:100	DATUM 2014-05	NUMMER I BET 005

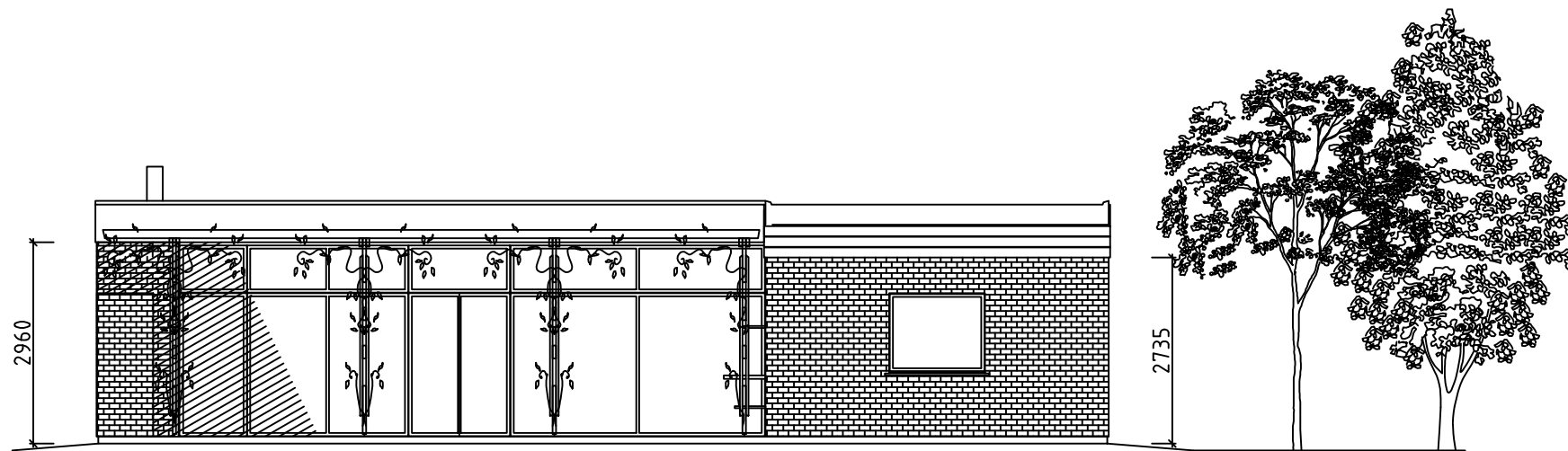


FASAD MOR ÖSTER

FASAD MOR VÄSTER



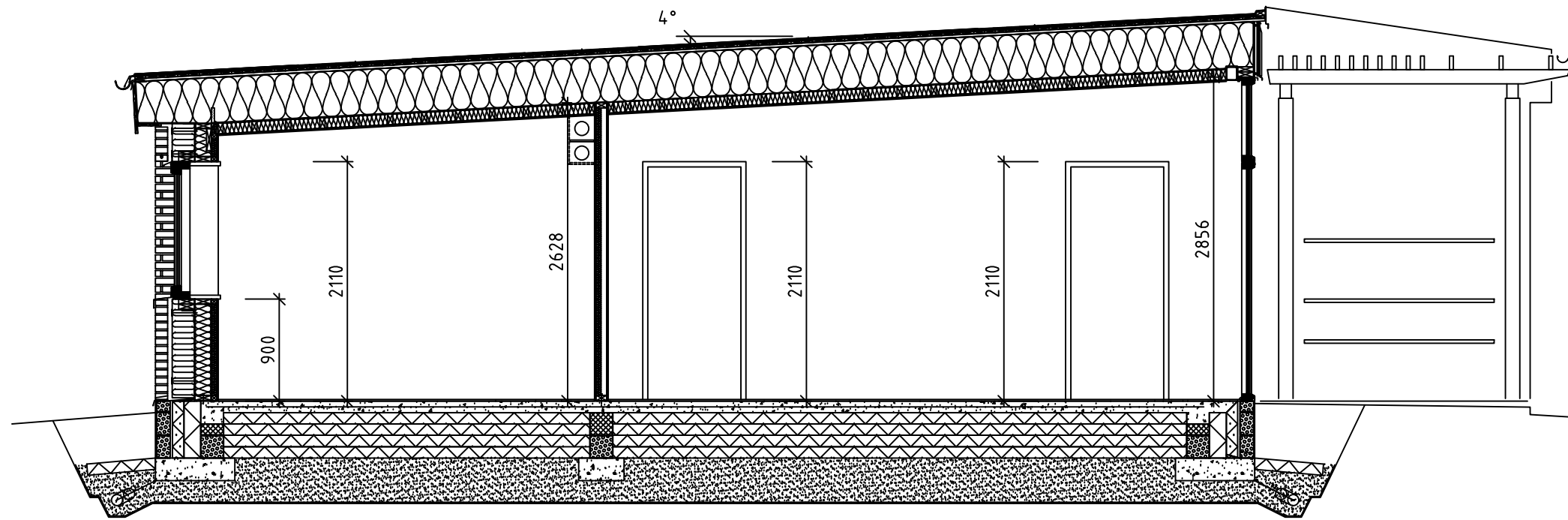
FASAD MOR NORR



FASAD MOT SÖDER



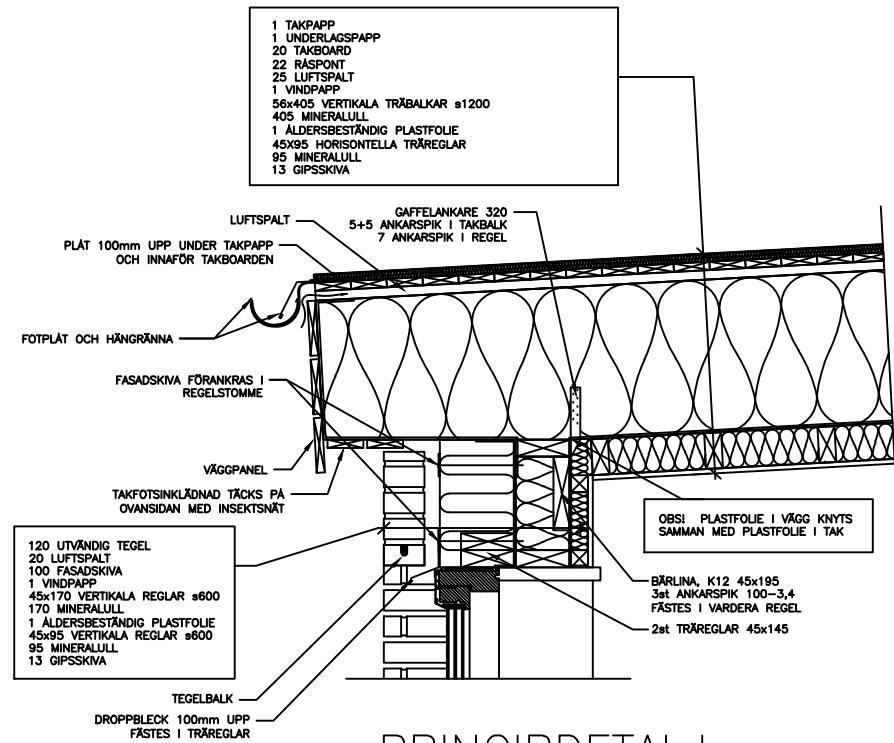
PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BIT.HANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL FASADER BYGGNAD MED TRÄREGELSTOMME		
SKALA A3 1:100	DATUM 2014-05	NUMMER I BET 006



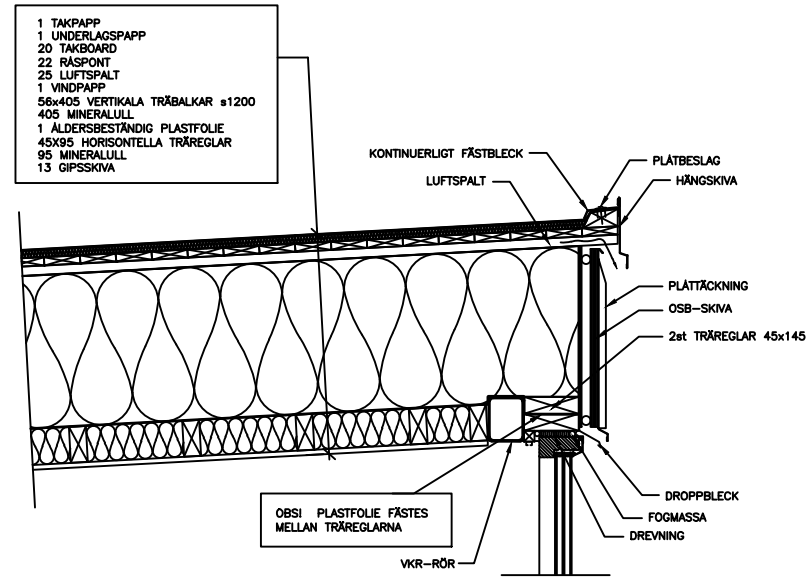
SEKTION A-A



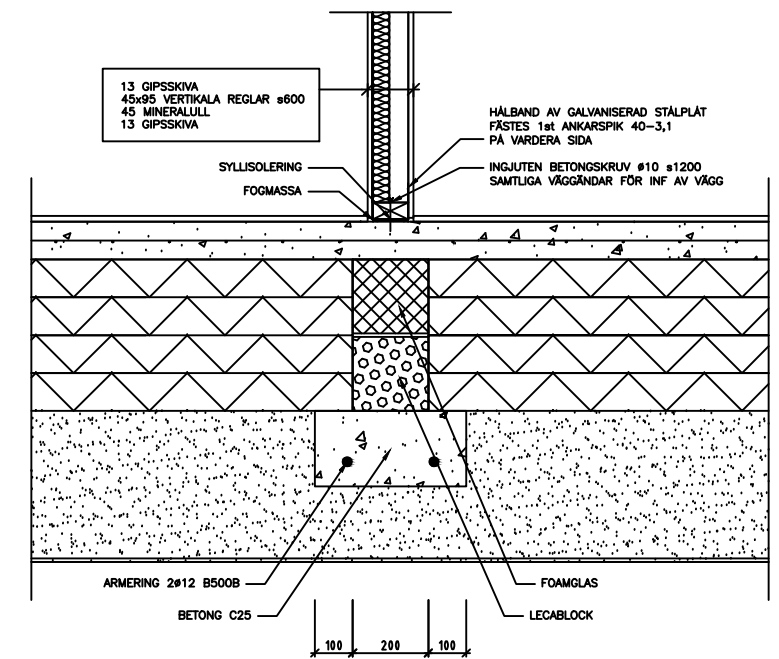
PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BIT.HANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL SEKTION A-A BYGGNAD MED TRÄREGELSTOMME		
SKALA A3 1:50	DATUM 2014-05	NUMMER I BET 007



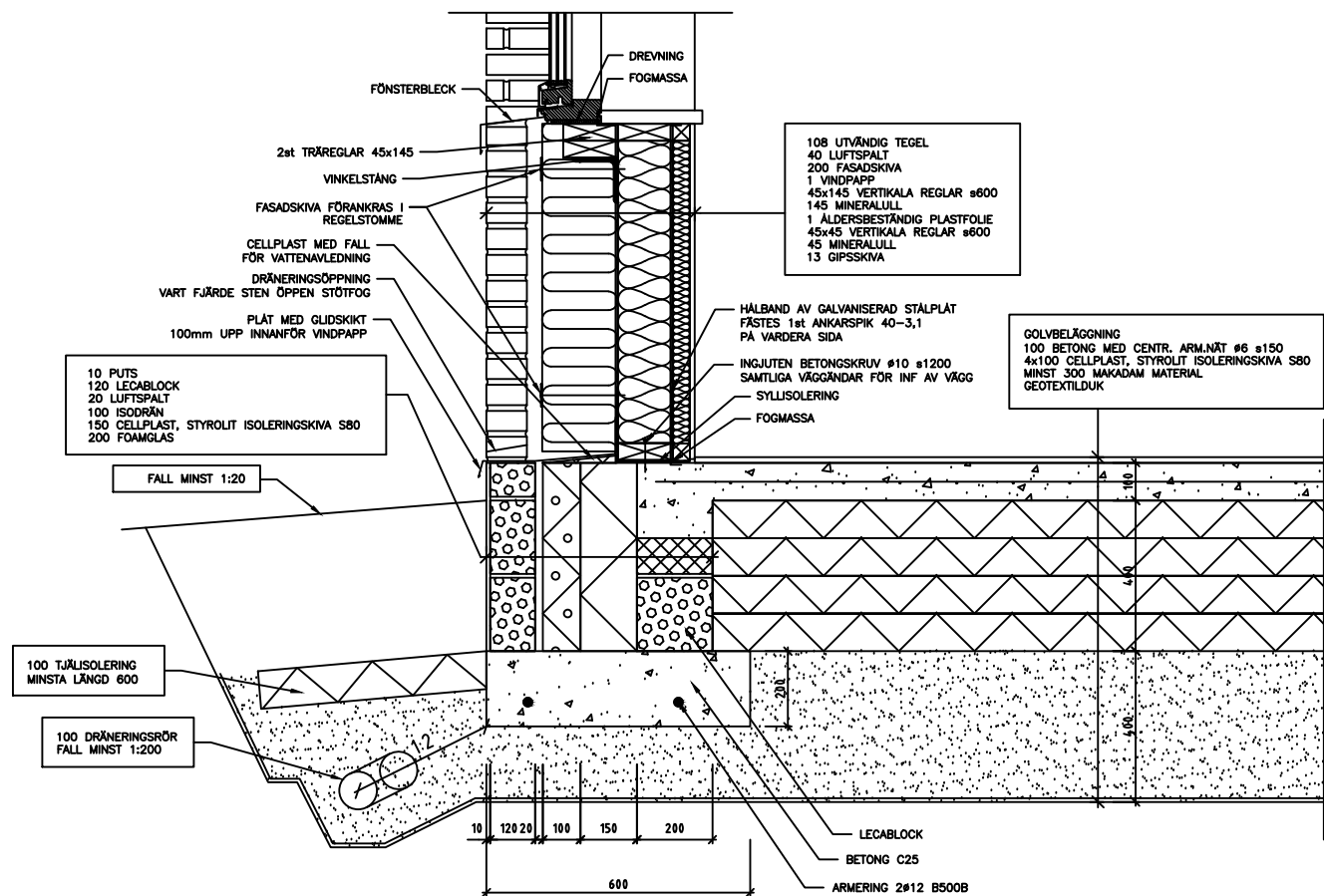
PRINCIPDETALJ
TAK/VÄGG



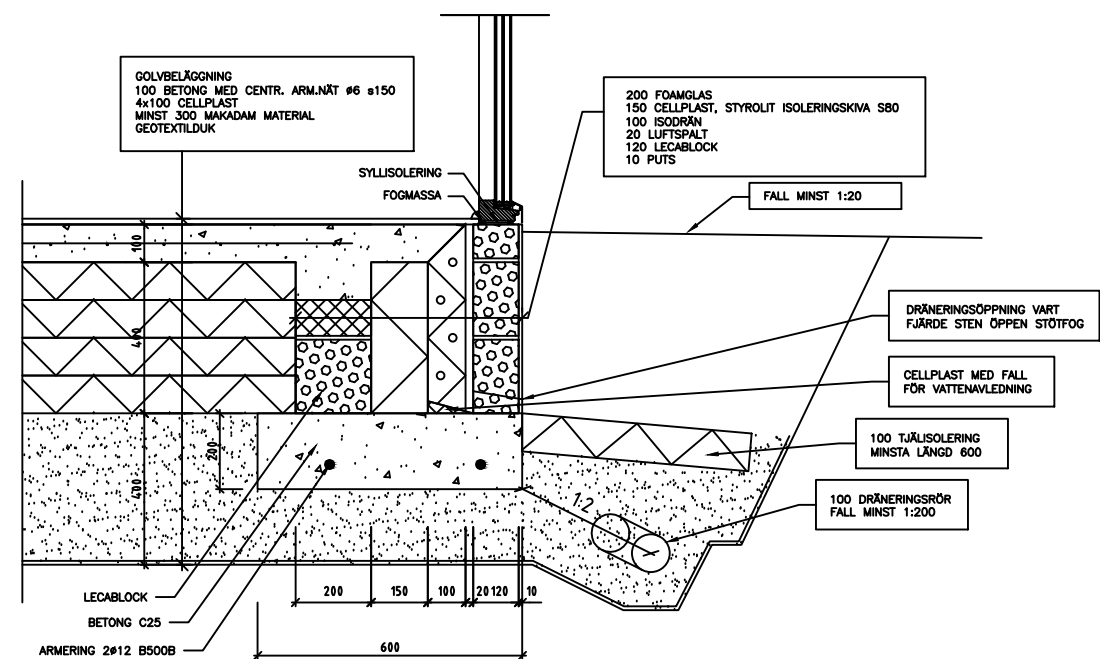
PRINCIPDETALJ
TAK/FÖNSTERPARTI



PRINCIPDETALJ
GRUND/INNERVÄGG



PRINCIPDETALJ
GRUND/YTTERVÄGG



PRINCIPDETALJ
GRUND/FÖNSTERPARTI

PROJEKT Examensarbete	RITAD AV Å.Nordlund Z.Packowski	HANDLÄGGARE P.Wallentén BITHANDLÄGGARE T.Gustavsson
INNEHÅLL PRINCIPDETALJER TAK, FÖNSTER OCH VÄGGAR GRUND, FÖNSTER OCH VÄGGAR		
SKALA A3 1:20	DATUM 2014-05	NUMMER 008