



Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH—22/5116
Lund 2022

Är det lönsamt att energieffektivera en 1800-talsbyggnad?

Energieffektivisering av en kontorsbyggnad i Malmö ur ett lönsamhetsperspektiv

Katalin Fülep
Elin Mattsson Hedenborg

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Energieffektivisering av en kontorsbyggnad i Malmö
med lönsamhetsperspektiv

Katalin Fülep
Elin Mattsson Hedenborg

Examensarbete

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

© Katalin Fülep och Elin Mattsson Hedenborg

ISRN LUTVDG/TVBH—22/5116--SE(190)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

I Europaparlamentets och rådets förordning 2018/844, sätter EU krav på sina medlemsländer att skapa strategier för att uppnå energieffektivisering i byggnadssektorn för att nå de mål som satts upp av FN i Parisavtalet. En stor del av byggnadsbeståndet utgörs av äldre byggnader och dessa byggnader har ofta allt för höga energibehov. För att arbeta mot FN:s mål, finns det ett stort behov av energieffektivisering av dessa äldre byggnader.

Syftet med examensarbetet var att undersöka vilka energieffektiva åtgärder som lämpar sig bäst på äldre byggnader och huruvida dessa är ekonomiskt lönsamma. För att ha en utgångspunkt har en specifik byggnad byggd på 1880-talet undersökts som är belägen i Malmö. Åtgärder för byggnaden i syfte av energieffektivisering togs fram och sedan beräknades energibesparingen för varje åtgärd samt lönsamheten. Slutligen togs ett åtgärds paket fram för den studerade byggnaden.

Arbetsmetoden baserades på Totalmetodik, som är en metod för att identifiera ekonomiska möjligheter för energieffektivisering i lokalbyggnader, framtaget av Belok. Först gjordes en generell undersökning på möjliga åtgärder för energieffektivisering av äldre byggnader. Inspiration hämtades främst från projektet IEA SHC 50 med fokus på energieffektivisering av äldre byggnader inom International Energy Agency samarbetsorgan för energifrågor. Därefter byggdes en modell i IDA ICE för att representera ett basfall för den studerade byggnaden. Modellen baserades på ritningar, okulär besiktning, energideklaration, OVK, protokoll från den obligatoriska ventilationskontrollen av den studerade byggnaden och på boken *Så byggdes husen 1880–2000-talet*. Genom simulering i datorprogrammet IDA ICE kunde energianvändningen uppskattas. Sedan undersöktes de valda åtgärderna separat, vilka sedan applicerades på basfallet och simulerades var för sig i IDA ICE för att ta reda på de enskilda energibesparingarna. Investeringskostnader delades upp beroende på om de fördelas på renoverings- eller energibesparingsåtgärderna. Därefter togs ett åtgärds paket fram med hjälp av programvaran Totalverktyget, som ingår i Totalmetodik.

Ett flertal isoleringsmaterial undersöktes och det visade sig att träfiberisolering var mest lönsam bland dessa. Följande åtgärder och i följande ordning visade sig vara mest lönsamma och ingick därmed i åtgärds paketet;

1. Byte från glödlampor till LED-lampor
2. Byte av aggregat i ventilationssystem
3. Byte från ett centraliserat tappvarmvattensystem till ett decentraliserat
4. Invändig tilläggsisolering med träfiberisolering
5. Byte av fönster

Slutligen gjordes en ny simulering i IDA ICE för att beräkna energibesparingen som åtgärds paketet bidrog med när alla åtgärder verkade samtidigt. Den totala fjärrvärmebesparingen visade sig bli 252 kWh/m²,år och den totala elbesparingen visade sig bli 188

kWh/m²,år. Detta betyder en minskning med 78% i specifik energianvändning för byggnaden. Den totala investeringskostnaden uppgick till ca 12,8 miljoner kronor och den totala kostnadsbesparingen blev ungefär 4,4 miljoner kr/år. Internräntan blev därmed 34%.

Baserat på undersökningarna och beräkningarna visade sig att det finns en stor ekonomisk potential i att energieffektivisera äldre byggnader. Denna rapport kan fungera som en inspirationskälla för andra projekt med syftet att energieffektivisera äldre byggnader, samt ge en uppfattning om vilka ekonomiska vinster dessa potentiellt kan medföra.

Förvånansvärt nog gav tilläggsisolering inte en så stor energibesparing eller lönsamhet som man intuitivt hade förväntat sig. Vidare visade sig installation av solavskärmning och byte av fönster vara olönsamt.

Titel	Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad? – Energieffektivisering av en kontorsbyggnad i Malmö ur ett lönsamhetsperspektiv
Författare	Elin Mattsson Hedenborg, Katalin Fülep
Handledare	Birgitta Nordquist
Examinator	Petter Wallentén
Nyckelord	Energieffektivisering, Totalmetodiken, Totalverktyget, renovering, energibesparing, kostnadsbesparing, 1800-talsbyggnad, IDA ICE, kostnadskalkylering, energisimulering, åtgärdspaket, lönsamhet.

Abstract

The purpose of this master thesis was to examine what kind of energy efficiency measures that could be applied on older buildings and whether they could be profitable investments. In order to be able to calculate the relative energy saving effect of the measures, a specific building has been chosen, located in Malmö, southern Sweden and was built in the 1880.

Different kind of energy efficiency measures for this building were selected and then the energy savings and profitability were calculated for each measure. A combination of measures with the highest possible profitability was presented in the end. They are the following, listed in decreasing profitability:

1. Change of traditional light-bulbs to LED-lights
2. Change of ventilation system to a more efficient one
3. Change from a centralized domestic hot water system to a decentralized one
4. Additional internal insulation
5. Change of windows

The measures gave a total energy savings of 440 kWh/m², which meant a 78% lower energy consumption for the current building. The internal rate of return showed 34%.

Based on our research and calculations there is a huge economical potential in refurbishing older buildings in an energy efficient way. Our findings in this report could serve as an inspiration for similar projects with the same ambitions.

Förord

Detta examensarbete avslutar vår utbildning till civilingenjörer inom Väg- och Vattenbyggnad vid Lunds Tekniska högskola, med inriktning husbyggnadsteknik och installationsteknik. Arbetet har utförts vid LTH i Lund och den undersökta byggnaden ligger i Malmö.

Vi vill tacka vår handledare Birgitta Nordquist som arbetar på avdelningen för installations- och klimatiseringslära vid LTH och vår examinator Petter Wallentén på avdelningen för Byggnadsfysik vid LTH. Ert stöd har alltid funnits där när vi behövt det, och ni har bidragit med ovärderlig kunskap.

Vi vill också tacka Jenny Wahl på Wihlborgs Fastigheter för stort engagemang och hjälp i alla typer av frågor.

Även våra familjer har varit ett stort stöd för oss under denna process, vi är oändligt tacksamma.

Lund januari 2022

Katalin Fülep och Elin Mattsson Hedenborg

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract.....	iii
Förord	v
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	4
1.3 Målformulering	5
1.4 Problemformulering	5
1.5 Avgränsningar.....	5
1.6 Metod.....	6
2 Litteraturstudie	7
2.1 1880-talshusens uppbyggnad	7
2.1.1 Ordlista (alfabetisk ordning)	9
2.2 Renovering av byggnader från 1800-talet	9
2.2.1 Skillnader mellan äldre och nyare byggnader	9
2.2.2 Energieffektivitetsåtgärder för äldre byggnader	10
2.2.3 Risker och möjliga konsekvenser	15
2.3 HIBERatlas.....	16
2.4 Totalmetodiken	18
2.4.1 Inledning	18
2.4.2 Arbetsprocessen	19
2.4.3 Etapp 1 – Framtagning av åtgärdspaket	20
3 Beskrivning av den studerade byggnaden	29
3.1 Information om fastigheten baserat på tillhandahållna dokument.....	29
3.1.1 Generell information	29
3.1.2 Verksamhetsfördelning (procent av A_{temp})	29
3.1.3 Energianvändning	30
3.1.4 Uppvärmningssystem	30
3.1.5 Ventilationssystem	30
3.2 Okulär besiktning	31
3.2.1 Tekniska system	31
3.2.2 Konstruktionen	32
3.3 Ritningar.....	35
3.4 Stomuppbyggnad	35

3.4.1	Bottenplatta.....	35
3.4.2	Bjälklag.....	36
3.4.3	Vägguppbyggnad	36
3.4.4	Tak.....	37
4	Modell för basfall	39
4.1	<i>Generella inställningar</i>	39
4.2	<i>Markegenskaper</i>	39
4.3	<i>Uppbyggnad.....</i>	39
4.4	<i>Konstruktionsdelar</i>	40
4.4.1	Material	40
4.4.2	Bottenplatta.....	41
4.4.3	Bjälklag.....	41
4.4.4	Vägguppbyggnad	41
4.4.5	Takuppbyggnad.....	43
4.5	<i>Fönster och glaspardier.....</i>	43
4.5.1	Uppbyggnad.....	43
4.5.2	Material	44
4.6	<i>Köldbryggor.....</i>	46
4.7	<i>Lufttäthet</i>	47
4.8	<i>Värme & kyla.....</i>	48
4.9	<i>Ventilationssystem.....</i>	48
4.10	<i>Extra energi och förluster.....</i>	49
4.11	<i>System parametrar.....</i>	51
4.12	<i>Belysning</i>	51
4.13	<i>Personlaster.....</i>	51
4.14	<i>Utrustning</i>	51
4.15	<i>Färdig modell.....</i>	52
4.16	<i>Resultat av basfall.....</i>	53
5	Val av energieffektiviseringsåtgärder.....	59
5.1	<i>Tilläggsisolering av yttervägg</i>	60
5.1.1	Lösningsförslag	60
5.1.2	Isoleringsmaterial	61
5.1.3	Sammanställning.....	69
5.1.4	Val av tilläggsisoleringsmaterial.....	70
5.2	<i>Fönsterbyte</i>	70
5.3	<i>Solavskärmning</i>	71

5.4	<i>Tappvarmvattensystem</i>	72
5.5	<i>Ventilationssystem</i>	74
5.6	<i>Belysning</i>	76
5.7	<i>Indirekta åtgärder</i>	77
5.7.1	Täthet.....	77
5.7.2	Köldbryggor.....	78
5.8	<i>Övriga möjliga åtgärder</i>	78
5.8.1	Installation av solceller	78
5.8.2	"Mjuka" åtgärder	79
6	Simulering av energieffektiviseringsåtgärder	81
6.1	<i>Tilläggsisolering</i>	81
6.1.1	Aerogelbaserad isolerande puts	83
6.1.2	Perlitebaserad isolerande puts	84
6.1.3	Träfiberisolering.....	84
6.1.4	Kalciumsilikatskiva	85
6.1.5	Hampaisolering.....	85
6.1.6	Perliteskiva.....	86
6.2	<i>Fönsterbyte</i>	86
6.3	<i>Solavskärmning</i>	86
6.4	<i>Tappvarmvattensystem</i>	87
6.4.1	Basfall för tappvarmvattensystem.....	87
6.4.2	Inställningar för simulering av nytt tappvarmvattensystem.....	88
6.5	<i>Ventilationssystem</i>	89
6.6	<i>Belysning</i>	90
6.7	<i>Sammanfattning av indata</i>	91
6.8	<i>Resultat av åtgärder</i>	92
7	Utvärdering och analys av resultat efter åtgärder	95
7.1	<i>Isolering</i>	95
7.2	<i>Fönsterbyte</i>	96
7.3	<i>Solavskärmning</i>	97
7.4	<i>Tappvarmvattensystem</i>	98
7.5	<i>Ventilation</i>	99
7.6	<i>Belysning</i>	100
8	Åtgärdspaket.....	101
8.1	<i>Kostnadskalkylering</i>	101
8.1.1	Tilläggsisolering.....	101

8.1.2	Fönsterbyte.....	103
8.1.3	Solavskärmning.....	104
8.1.4	Ventilation.....	104
8.1.5	Tappvarmvattensystem.....	105
8.1.6	Belysning.....	105
8.1.7	Sammanfattning av kostnader uppdelade på energieffektivisering respektive renovering.....	105
8.2	<i>Förutsättningar för Totalverktyget</i>	106
8.2.1	Energidata.....	106
8.2.2	Uppskattning av framtida el- och fjärrvärmepriser.....	106
8.2.3	Förinställningar i Totalverktyget.....	108
8.3	<i>Framtagning av åtgärds paket</i>	109
8.3.1	Val av tilläggsisoleringsmaterial.....	109
8.3.2	Val av åtgärder.....	109
8.3.3	Slutgiltig simulering av åtgärds paket.....	111
8.4	<i>Känslighetsanalys</i>	111
9	Diskussion och slutsatser	115
9.1	<i>Diskussion</i>	115
9.1.1	Antaganden och förenklingar.....	116
9.1.2	Diskussion av resultaten.....	118
9.1.3	Andra renoveringsmöjligheter.....	120
9.2	<i>Slutsats</i>	120
9.3	<i>Framtida utvecklingsmöjligheter</i>	122
10	Källhänvisning	125
11	Bilagor	133

1 Inledning

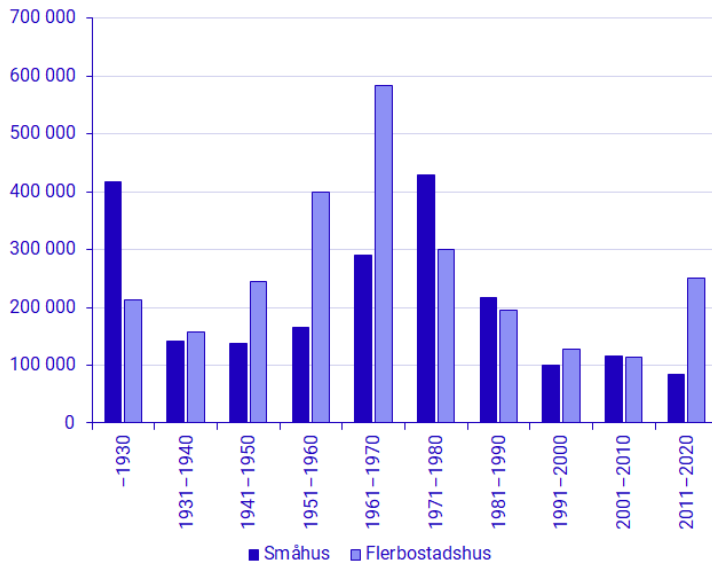
1.1 Bakgrund

Parisavtalet som är en del av FN:s Agenda 2030 har satt som mål att hålla den globala temperaturökningen under 1,5°C jämfört med den förindustriella nivån genom att minimera utsläpp av växthusgaser. Parisavtalet sätter krav på EU att skapa ett hållbart, konkurrenskraftigt och säkert energiförsörjningssystem samt ett minskat koldioxidutsläpp. (Förenta nationerna 2015)

Europaparlamentet har skapat direktiv för att arbeta mot detta mål, som tydliggjorts i Europaparlamentets och rådets förordning 2018/844. Enligt denna förordning utgör energitillförseln till byggnader 40% av den totala energianvändningen i EU och står för 36% av det totala koldioxidutsläppet. EU sätter därmed krav på sina medlemsländer att skapa strategier för att uppnå energieffektivisering i byggnadssektorn genom att implementera direktivens bestämmelser i sina nationella lagar, förordningar och föreskrifter. Medlemsländerna förväntas utarbeta riktlinjer, mätbara och tydliga målsättningar samt system för ekonomiskt stöd. Prioritet ska läggas på energieffektivisering samt på en övergång till förnybara energikällor.

Offentliga fastigheter, som är ett samarbete mellan kommuner och landsting samt tre statliga fastighetsförvaltare, belyser att en stor andel av byggnadsbeståndet i EU består av äldre byggnader (Offentliga fastigheter 2015).

Som exempel visas statistik över byggnadsår för småhus och flerbostadshus i Sverige, hämtat från SCB, i figur 1.1.



Figur 1.1 Antal lägenheter efter hustyp och byggnadsår. (SCB 2018)

Många av dessa äldre byggnader har ett kulturhistoriskt värde som bör tas i beaktande. Frågan om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader hanteras på fyra organisatoriska nivåer i samhället:

- Internationell: EU
- Nationell: Riksantikvarieämbetet, Boverket, Energimyndigheten
- Regional: Länsstyrelsen
- Lokal: Kommunen

(Offentliga fastigheter 2015)

Den internationella nivån representeras av det europeiska energidirektivet som beskrivits tidigare. Den nationella nivån styrs av regeringen och olika myndigheter i samhället. Sveriges energi- och klimatmål till 2030 och framåt följer grundpelarna om energisamarbetet inom EU. Den anger bland annat följande mål som ska uppfyllas:

- Senast 2045 ska Sverige ha nettoutsläpp, varav minst 85% av reduktionen ska ske i Sverige
 - Utsläppen av växthusgaser ska vara 63% lägre 2030 jämfört med 1990.
 - Energianvändningen ska vara 50% effektivare 2030 jämfört med 2005.
- (Energimyndigheten 2020)

Krav ställs också på att den offentliga sektorn ska gå före med gott exempel. Därmed ska medlemsstaterna se till att nybyggda offentliga byggnader är nära-nollenergibyggnader från år 2018. (Näringslivsdepartementet 2009)

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Den nationella nivån ansvarar alltså för framtagandet av regelverk och policyer. De statliga verken som Boverket, Energimyndigheten och Riksantikvarieämbetet arbetar samtliga för att dessa regelverk ska verkställas och uppföljas. Boverket har till exempel ställt krav på energihushållning och värmeisolering i PBL, Plan- och Bygglagen. Dessa tekniska krav ska alltid uppfyllas vid nybyggnation, men avsteg kan göras i viss mån för ombyggnationer av äldre byggnader. År 2017 infördes nya regler för beräkning av byggnadens energiprestanda i BBR, i form av primärenergi. Där sattes det krav på högsta tillåtna primärenergi. Primärenergitalet för lokaler vid nybyggnation ska maximalt uppgå till 70 kWh/A_{temp}. (Boverket 2011) Vid ändring av byggnad ska kraven anpassas utifrån ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar samt varsamhetskravet och förvanskingsförbudet enligt PBL. (Boverket 2012)

På den regionala nivån är det Länsstyrelsen som ser till att lagar och regler följs. Länsstyrelsen är den operativa myndigheten med ansvar för arbetet som rör skyddad bebyggelse enligt kulturmiljölagen och riksintressen för kulturmiljövården enligt Miljöbalken. På den lokala eller kommunala nivån sköts detaljplanarbetet och bygglovsärenden, samt utträttandet av planer och uppföljning av att dessa följer PBL.

Energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader berörs av följande lagar, förordningar, föreskrifter och allmänna råd:

- Plan- och Bygglagen
- Kulturmiljölagen
- Förordning om statliga byggnadsminnen
- Miljöbalken
- Lagen om energideklaration för byggnader
- Boverkets byggregler
- Regler för certifiering av energiexperter
- Regler för certifiering av sakkunniga avseende kulturvärden

(Offentliga fastigheter 2015)

Hur ser då energianvändningen ut i byggnadsbeståndet i Sverige? Enligt Infrastrukturdepartementet svarar byggnadsbeståndets för ca 39% av den slutliga energianvändningen i Sverige. Energianvändningen till uppvärmning och varmvatten utgör ca 60% fördelat jämt över småhus, flerbostadshus och lokaler. Den normala energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för lokalbyggnader var 124 kWh/m² under år 2016. Det genomsnittliga primärenergitalet för energideklarerade lokalbyggnader år 2019 var 186 kWh/år*A_{temp}. Ungefär 14 % av de deklarerade lokalbyggnaderna är nära-nollenergihus. Nära-nollenergihus innebär att byggnaden tillhör energiklass A-C. (Infrastrukturdepartementet 2019)

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Verkligheten ligger en bit från målsättningarna som beskrivs i Parisavtalet och i EU direktiven. Det finns ett stort behov av renoveringsåtgärder i samhället som även följande tabell från Infrastrukturdepartementet tyder på.

Tabell 1.1 Jämförelse mellan andel renoverad area och andel area av renoveringsbehov av befintliga byggnader för olika byggnadsår. (Infrastrukturdepartementet 2019)

Byggår	Andel redan renoverad area	Andel area med renoveringsbehov
Före 1940	13 %	87 %
1941–1960	13 %	87 %
1961–1970	18 %	82 %
1971–1980	12 %	88 %

Anm: Endast befintliga byggnader med renoveringsbehov beaktas här, därmed ingår inte de byggnader som uppförts efter år 1980.

För att undersöka vilka energieffektiva åtgärder som lämpar sig för äldre byggnader och vilka åtgärder som kan vara lönsamma ur ett ekonomiskt perspektiv har en byggnad i södra Sverige undersökts i detta arbete. Byggnaden är byggd på 1880-talet och har en stomkonstruktion av tegel. I dagsläget används byggnaden främst till kontor och dessutom finns det en restaurangdel. Många kontor och hela restaurangdelen står idag tomma vilket beror dels på COVID-19, dels på en förberedelse inför en stor ombyggnation. Byggnadens funktion planeras om och i samband med det kommer en stor renovering ske för att anpassa byggnaden till dess nya funktion samt för att modernisera byggnaden för dagens behov och komfort. Med tanke på varsamhetskraven som finns, får inte byggnadens fasad ändras.

Vid renovering kan olika energieffektiviseringsåtgärder genomföras. Olika åtgärder ger olika stor energibesparing och kostar olika mycket att genomföra. Det är ur resurssynpunkt viktigt att identifiera åtgärder som ger en märkbar energibesparing och även en så stor energibesparing per investerad krona som möjligt för att öka lönsamheten för investeraren.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att undersöka hur äldre byggnader med kontorsverksamhet kan energieffektiviseras och huruvida det är lönsamt. Avsikten med examensarbetet var att ge inspiration till framtida projekt som liknar den studerade 1800-talsbyggnaden för att minska energianvändningen, vilket kan leda till både en kostnadsbesparing och bidra till en ökad samhällsnytta.

1.3 Målformulering

Målsättningen var att ta fram möjliga åtgärder för energieffektivisering av äldre byggnader, samt att beräkna energibesparingen och lönsamheten av dessa åtgärder för den studerade byggnaden. Målet var även att kunna presentera det åtgärds paket som gav störst lönsamhet baserat på de undersökta åtgärderna.

1.4 Problemformulering

Frågeställning 1: Vilka typer av åtgärder kan göras i syftet att energieffektivisera en äldre byggnad?

Frågeställning 2: Vilka åtgärder ger störst energieffektivitet för den studerade byggnaden?

Frågeställning 3: Vilken kombination av åtgärder är mest lönsam utifrån de ekonomiska förutsättningar som finns för den studerade byggnaden?

1.5 Avgränsningar

För att kunna genomföra energiberäkningar och ge konkreta förslag på åtgärder samt göra en kostnadsanalys valdes endast en äldre byggnad för vidare undersökning.

Byggnaden som valdes var byggd år 1877. Vid efterforskning på möjliga åtgärder undersöktes endast renoveringsprojekt av byggnader med liknande byggnadsår, konstruktion och geografiskt läge.

Eventuell kulturhistorisk hänsyn får beaktas vid en verklig renovering. I denna studie var fokus på att ta fram ett antal möjliga åtgärder ur teknisk och ekonomisk synpunkt som kan utgöra ett underlag inför en framtida renovering. Vissa åtgärder kan det behövas söka tillstånd för att genomföra.

Endast ett begränsat antal produkter och material per åtgärd kommer att undersökas. Val av dessa motiveras löpande i texten.

Åtgärderna valdes utifrån möjligheten för energi- och kostnadsbesparing. Åtgärderna undersöktes för huruvida de var applicerbara på den studerade byggnaden, men ytterligare fokus på byggnadstekniska lösningar och risker, såsom fuktproblem, undersöktes ej. En möjlig förbättring av inomhusmiljön undersöktes, med fokus på inomhustemperatur och koldioxidhalt i luften.

En livscykelanalys genomfördes inte, utan endast åtgärdernas livslängd beaktades. Vad värdet på restprodukterna eller kostnaden för deponi blir beaktades inte.

Endast programmet IDA ICE användes för simulering och resultatet jämfördes med ett annat program vid namn Totalverktyget som kontrollerades med handberäkningar.

Endast en ekonomisk metod användes för beräkning av lönsamheten, nämligen internräntemetoden.

1.6 Metod

Examensarbetet baserades på Totalmetodik, som är en metodik framtagen av Belok, Energimyndighetens nätverk för energieffektiva lokaler, med syfte att kunna ta fram ett åtgärds paket för en viss byggnad med fokus på lönsamhet. Metodiken är en samling av branschens metoder för att driva projekt med fokus på energieffektivisering. Den förklaras vidare i kapitel 2.4. Den tekniska chefen på fallföretaget rekommenderade metodiken.

En modell för den studerade byggnaden byggdes upp i simuleringsprogrammet IDA ICE. Denna modell representerade sedan ett basfall. För att kunna avgöra åtgärdernas effekter byggdes en modell för varje åtgärd. Dessa simulerades och resultatet jämfördes med basfallet. På så sätt beräknades den relativa energibesparingen för varje åtgärd.

Modellen i IDA ICE byggdes upp så likt den studerade byggnaden som möjligt. Data som används är baserad på ritningar, okulär besiktning, energideklaration, samt protokoll från den obligatoriska ventilationskontrollen av den studerade byggnaden. I de fall data saknades användes information från boken *Så byggdes husen 1880–2000-talet*, som redovisar husbyggnadstekniska typlösningar för olika åldersperioder.

Åtgärder valdes utifrån byggnadens behov som avlästes ur simuleringen av basfallet. Inspiration hämtades även från studierna på LTH, liknande projekt, samt litteraturstudie.

Efter att energibesparingen beräknades för varje åtgärd, beräknades lönsamheten för varje åtgärd med hjälp av Totalverktyget som ingår i Totalmetodik. Totalverktyget baseras på internräntemetoden. Parametrar som ingår är investeringskostnad, livslängd, elbesparing, fjärrvärmebesparing, pris på energislag samt annan information om byggnaden. För att kunna ställa ihop ett åtgärds paket rangordnades åtgärdernas efter lönsamhet, där den kombination av åtgärder som gav högre internränta än den satta kapitalräntan valdes. Kapitalräntan bestämdes av fastighetsägaren.

2 Litteraturstudie

Metoden som användes för att hitta referenser till litteraturstudien var främst sökning via LUBsearch där sökorden var; energieffektivisering, 1800-talbyggnad, tilläggsisolering, byggnadsbestånd, kulturhistoriskt värdefull, renovering, lönsamhet. Urvalet var böcker eller vetenskapliga artiklar. Även kurslitteratur som använts under utbildningens gång och som är aktuella för examensarbetets ämne används som referenser. Information och riktlinjer från myndigheter såsom Folkhälsomyndigheten, Energimyndigheten etc användes. Inspiration hämtades även från liknande examensarbeten där angivna källor undersöks.

2.1 1880-talshusens uppbyggnad

I boken *Så byggdes husen 1880–2000* från 2013 som är skriven av Björk et al., kan utförliga beskrivningar läsas om byggnaders uppbyggnad från olika tidsepoker. Tegelhushus som byggdes runt 1880-talet karaktäriseras av sin fasad som var symmetriskt uppbyggd. Bottenvåningens fasad var ofta av *kvaderblock* med tydlig *relief* för att efterlikna mur av naturstensblock där övriga våningsplan var putsade med tydliga omfattningar kring fönstren. Färgerna på fasaden var ofta ljusa för att efterlikna olika typer av stenmaterial, såsom sandsten. Samtliga fönster var lika stora med samma avstånd från varandra. *Takfoten* och *listverken* var utkragade och ibland utsmyckade med olika geometriska formationer. Taken var flacka sadeltak.

Grundläggningen utgjordes av en *rustbädd* av trä, som ytterligare stabilisering användes träpålar som nådde ner till fastare mark. Källarmuren byggdes med gråsten satta i kalkbruk, underst som kallmur och överst som bruksmur. Sockeln bestod av natursten som var huggen i rätt storlek. Golvet i källaren hade ett underliggande lager av grus med stampat jordgolv ovanpå. Över källaren fanns ett tunnvalv av 1-stenstjocklek vid anfangen, ½-stenstjocklek vid krönen och förstärkningsringar av 1-stenstjocklek.

Bottenbjälklaget utgjordes av ett lager kalkgrus över tunnvalven där bjälkar i storlek 6x6 tum samt trägolv tjocklek 2 tum vilade.

Ytermuren bestod av tegelsten i storleken 30x14,5x7,5 cm (också kallat stortegel) murat med kalkstensbruk. Tjockleken på muren varierade, på bottenplan var den av 2-sten och övriga våningar 1 ½-sten. Fasadernas listverk, takfot samt andra utsmyckningar var av utkragat tegel eller *gipsornament* som sedan putsades med ett ca 5 cm tjock lager. Murens insida var också putsad. Fönstren var i fyra delar med mitt- och tvärpost. Där fönstren var välvda, ofta på bottenvåningen, slogs rundade 2-stens valv. Som förstärkning användes *sträckankarjärn*.

Mellanbjälklagens bärande konstruktion var träbjälkar i storleken 7x10 tum med c/c 60 cm. Var tredje eller fjärde bjälke var en ankarbjälke som alltså var förankrad med ankarlutare i ytermuren mellan fönsterna samt skarvade över hjärtväggen där de hölls ihop

med *plattjärn*. *Blindbotten* var av *utskottsvirke* med lertätning samt fyllning av kalkgrus eller sand. Undertaken var av putsad *spräckpanel* och *rörning*.

Hjärtväggen var murad med 1 ½ stens stortegel i botten- och källarvåningen och med 1-stens stortegel på övriga våningsplan. Väggarna var putsade på båda sidor.

Vindsbjälklaget utgjordes av följande skikt: brandbotten av stortegel, golvträ 2 tum, golvbjälkar 7x10 tum, blindbotten av utskottsvirke 1 tum med lertätning, samt fyllning av kalkgrus eller sand. Innertaket under vindsbjälklaget var av spräckpanel 1 tum och rörning av vassmatta som sedan putsades för att ge taket en slät yta.

Takfoten vilade på en inmurad konstruktion bestående av konsoler och längsgående plattjärn. De dekorationer som fanns på takfotens undersida bars upp av inmurade plattjärn.

Takkonstruktionen var utformad av *takstolar* som vilade dels på yttermuren, dels på vindsbjälklaget. Ovanpå takstolarna placerades takpanel och falsad och ofta svartmålad takplåt. (Björk al et. 2013)

2.1.1 Ordlista (alfabetisk ordning)

Nedan följer en ordlista över de ord som är skrivna i kursiv text i avsnitt 2.1 ovan. Förklaringarna är antingen hämtade direkt ut boken "Så byggdes husen 1880–2000-talet" eller från Nationalencyklopedin.

Ord	Förklaring	Källa
<i>Blindbotten</i>	Brädor mellan bjälkarna i träbjälklag, på vilka värmeisolering placeras	ne.se
<i>Gipsornament</i>	Utsmyckning som är gjord av gips	ne.se
<i>Hjärtvägg</i>	Invändigt bärande vägg som löper i husets längsgående riktning.	Så byggdes husen
<i>Kvaderblock</i>	Reliefmönster i murverk som ska efterlikna naturstensblock i fasad.	Så byggdes husen
<i>Listverk</i>	Uppsättning av prydande band på fasad.	ne.se
<i>Post</i>	Vertikal (mittpost) och horisontell (tvär) fönsterluftskiljande del av fönsterkarm.	Så byggdes husen
<i>Plattjärn</i>	Valsat, smitt eller draget järn med rektangulär genomskärning.	ne.se
<i>Reliefmönster</i>	Tredimensionell mönsterbild.	ne.se
<i>Rustbädd</i>	Konstruktion av varandra korsande bjälkar, bjälkrust, eller plankor, plankrust, som vid grundläggning i lös jord anbringas horisontalt under grunden.	Så byggdes husen
<i>Rörning</i>	Underlag av vassrör för putsning.	Så byggdes husen
<i>Spräckpanel</i>	Inbrädning av vägg eller innertak som underlag för puts. Smala brädor eventuellt spräckta med yxa med ca 1 cm mellanrum.	Så byggdes husen
<i>Sträck-ankarjärn</i>	Stång av metall som används som förankring i murverk.	Så byggdes husen
<i>Takfot</i>	Nedersta kanten av yttertak.	Så byggdes husen
<i>Takstol</i>	Bärande takkonstruktion, bestående av två mot varandra resta huvudbjälkar och ett antal stödbjälkar.	ne.se
<i>Utskottsvirke</i>	Lägsta virkessort för sågat virke.	Så byggdes husen

2.2 Renovering av byggnader från 1800-talet

2.2.1 Skillnader mellan äldre och nyare byggnader

Boken *Så byggdes husen 1880–2000* skriven av Björk et al (2013) skildrar utvecklingen i byggnaders utformning genom tiderna. Precis som världen, så har även byggnadsteknologin utvecklats i hög omfattning de senaste århundraden. Det finns stora skillnader på hur husen byggdes på 1800-talet och hur de byggs idag. Gestaltning, geometri och utformning av byggnaderna har förändrats en hel del sedan 1875. Några drivande krafter i denna förändring har varit en variation av arkitektoniska stilar, en växande kunskap, en teknisk utvecklingen samt förändrade krav från samhället.

Äldre byggnader skiljer sig främst på följande aspekter från nyare byggnader (Björk et al. 2013):

- Komplexitet i geometrin.
- Isolering och fuktbarriärer är minimal eller saknas.
- Påverkan av tidens gång. Material degenereras med tiden.
- Äldre byggnader är mer heterogent uppbyggda jämfört med nyare byggnader som är mer homogena. Detta beror dels på en mer avskalad arkitektur idag, dels på att gamla byggnader har byggts om och renoverats under tidens gång. Detta skapar fler zoner i byggnaden, där varje zon har olika förutsättningar. Det kan handla om olika klimatskal eller varierande tekniska lösningar. Nya byggnader är planerade i sin helhet från början för sitt tilltänkta ändamål.
- Ventilationssystem har förändrats avsevärt, där äldre hus oftast har självdrag, har nyare byggnader mekaniska system.
- Äldre byggnader kan ha ett kulturhistoriskt värde som ska respekteras enligt varsamhetskravet enligt Plan- och Bygglagen.

Dessa skillnader skapar en utmaning för energieffektivisering av äldre byggnader. När energieffektiviseringsåtgärder ska utföras på en sådan byggnad, är det viktigt att dessa planeras med ett holistiskt synsätt, där byggnaden och installationerna ses som en helhet. Annars kan energieffektiviseringsåtgärder leda till försämrad inomhusmiljö eller riskerar byggnadens beständighet samt kulturhistoriska värde. (Ståhl et al. 2011)

Enligt Varsamhetskravet i Plan- och Bygglagen är det förbjudet att förvanska särskilt kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. Hänsyn ska alltid tas till byggnadens karaktärsdrag och utgångspunkten ska vara den befintliga byggnadens värden och kvaliteter. Detta gäller såväl vid tillbyggnad som ändring, oberoende om den är bygglovs- eller anmälningspliktig. (Boverket 2021)

Det finns alltså flera olika aspekter som måste övervägas vid ombyggnation och energieffektivisering av äldre byggnader.

2.2.2 Energieffektivitetsåtgärder för äldre byggnader

I en förstudie om hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader, skrivet av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2011), beskrivs att den energi som behöver tillföras till en byggnad kan delas in i två delar.

1. Energin som används av verksamheten i byggnaden såsom varmvatten, belysning, maskiner mm.
2. Energin som används för att värma, kyla och ventilerar byggnaden. Värme tillförs för att skapa en komfortabel inomhusmiljö. Värme tillförs också för att kompensera för förluster, så som transmissionsförluster genom väggar, tak, grund, fönster och dörrar samt ventilationsförluster i form av transport av varm luft genom ventiler och otät-heter. Aktiv kyla kan behövas för att kompensera för värmestillskottet. Ventilationen drivs för att skapa en hälsosam luftkvalitet i byggnaden. (Isover Saint-Gobain 2021a)

Det är alltså dessa aspekter som ska tas hänsyn till när en energieffektivisering av en byggnad är önskvärt. Målet är att minska behovet av den tillförda energin och att utnyttja den på ett effektivare sätt. Det finns flera olika strategier, tillvägagångssätt och prioriteringsordningar för att uppnå den önskade effekten. (Ståhl et al. 2011)

Nedan följer 6 olika strategier som är knutna till diverse forskningsprojekt. Vissa av strategierna fokuserar endast på energibesparing som mål, medan vissa andra tar även hänsyn till kostnader eller vad som är till exempel tekniskt enklast att genomföra.

2.2.2.1 Artikel skriven av Tor Broström för Byggnadsvårdsföreningen

Tor Broström, lektor i Energiteknik vid avdelningen för byggnadsvård på högskolan på Gotland, menar i en artikel skriven åt Byggnadsvårdsföreningen (2008) att energieffektivisering kan uppnås genom tre olika åtgärder i följande prioriteringsordning med fokus på energibesparing:

1. Isolering och tätning av klimatskal, så som: tak, väggar, golv och fönster
2. Effektivisering av energitillförseln, till exempel byte till en mer effektiv värmepump eller ventilationsaggregat. Byte av termostater eller förbättring av styrning kan också höja effektiviteten.
3. Ändrat beteende hos brukaren som till exempel sänkning av inomhustemperaturen, användande av solavskärmning, ingen onödig vädring mm.

2.2.2.2 En förstudie av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Energimyndigheten har initierat ett forsknings- och utvecklingsprogram för att öka kunskapen om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Programmet heter ”Spara och Bevara”. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har tagit del av forsk-

ningen och drivit bland annat projektet *Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader – en förstudie*. I rapporten relaterat till projektet skrivs att baserat på en undersökning menar förvaltare att den största potentialen för energibesparingar ligger i att ändra brukarbeteendet. Näst efter det kommer optimeringen av tekniska installationer. Det kan vara till exempel att finjustera det befintliga värme-, kyl-, ventilationssystemet eller att byta ut och modernisera hela systemet med mer energieffektiva produkter. En minskning av energiförluster bör göras, genom tätning och tilläggsisolering. Sist men inte minst en övergång till förnyelsebara energikällor. Detta minskar inte energianvändningen nödvändigtvis, men minskar miljöbelastningen.

Sammanfattningsvis bör åtgärder prioriteras i följande ordning för störst energieffektivisering:

1. Ändra brukarbeteende
2. Optimera tekniska installationer
3. Förbättra klimatskalet
4. Använda förnyelsebara energikällor

2.2.2.3 Forskningsprojekt av Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien

Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling.

I rapporten som utgör en del av projektet "Ett energieffektivt samhälle" skriven av Westlund et al. (2012), redogörs att i byggnader upprättade före 1975 tar värmetransport genom byggnadens klimatskal och ventilation de största posterna i husens energibalans. De första 20 procentens energieffektivisering i en byggnad kan oftast nås utan ombyggnation, exempelvis genom att optimera värme- och ventilationssystem och genom att byta ut ineffektiva komponenter. Det är relativt billiga åtgärder som har god lönsamhet. De måste dock ständigt följas upp för att funktionen ska bibehållas. För att sedan uppnå en halvering av energibehovet krävs även ingrepp i byggnadens klimatskal, såsom vind-, fasad- och fönsteråtgärder utöver teknikbytet och driftoptimeringen.

Sedan finns det en betydande skillnad mellan lokalsektorn och bostadssektorn. Lokaler har generellt en större mängd tekniska installationer för klimatisering och verksamhet i jämförelse med flerbostadshus. Ett högre teknikinnehåll ger fler möjligheter till att påverka energianvändningen genom anpassning och driftoptimering. Åtgärder som påverkar installationer har således större betydelse för lokaler än flerbostadshus. (Westlund et al. 2012)

Prioriteringsordningen enligt IVA för minskad energianvändning är därmed följande:

1. Driftoptimering av värme- och ventilationssystem. Byte av ineffektiva komponenter.

2. Förbättring av byggnadens klimatskal – isolering och tätning.

(Westlund et al. 2012)

2.2.2.4 Forskningsinstitutet Sintef

Sintef i Norge är en av Europas största oberoende forskningsorganisationer. De har sammanställt en guide med råd och lösningar för hur energiförbrukningen kan minskas i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

I vägledningen ”Fiin gammel aargang” från 2004 beskrivs först vilka typer av åtgärder som bör undersökas:

- Åtgärder som är rent tekniskt enklast att genomföra
- Åtgärder som är mest skonsamma för byggnaden
- Åtgärder som är billigast, eller ger störst energibesparing för pengarna

Sedan beskrivs, utifrån ovan nämnda premisser, rangordningen av åtgärderna:

1. Tätning av luftläckage
2. Tilläggsisolera tak och golv
3. Reparera fönster
4. Styrning av innetemperaturen
5. Effektivare utrustning
6. Byte till miljövänligare energikällor

2.2.2.5 Trestegsmodellen enligt Renewable Trias Energetica

Trias Energetica är en trestegsmodell utvecklad år 1979 på Tekniska universitetet i Delft av Erik Lysén. Modellen är en vägvisare för att uppnå en hållbar energidesign i byggnader. År 2021 publicerades en uppdatering av modellen som då blev kallad Renewable Trias Energetica. Prioriteringen ska vara att minska själva energibehovet så mycket som möjligt och sedan effektivisera själva energisystemen.

Prioriteringsordningen av åtgärderna är följande:

1. Minska energianvändningen genom att minska energiförlusterna och införa energisparande åtgärder
2. Använd lokala förnyelsebara energikällor
3. Använd förnyelsebara energikällor producerade längre bort

(Schurink 2021)

2.2.2.6 Kyoto-pyramiden av Husbanken & Sintef

Kyoto pyramiden är en prioriteringslista framtagen av A. Rødsjø och T.H. Dokka i samarbete med Husbanken i Norge och forskningsorganisationen Sintef. Den är en vidareutveckling av modellen Trias Energetica och har använts i flera lågenergiprojekt för bostäder i Norge. Modellen bygger vidare på konceptet att först ska energibehovet minskas för att uppnå energieffektivisering. (Wigenstad et al. 2007)

Prioriteringsordningen för lågenergihus enligt Kyoto pyramiden är följande:

1. Minska värmeförlusterna
2. Minska energianvändningen
3. Utnyttja solenergi
4. Visa och reglera energianvändningen
5. Välj en lokal energikälla

(Wigenstad et al. 2007)

2.2.2.7 Sammanställning av strategier

Nedan följer en sammanställning av de strategier som presenterats ovan. För att få en överblick över vilka typer av åtgärder som de olika strategierna fokuserar på har de delats in enligt:

Grön: Åtgärder som avser ändring av klimatskalet

Orange: Åtgärder som avser optimering av teknik

Gul: "Mjuka" åtgärder, vilket innebär att inget fysiskt i byggnaden förändras utan endast beteendet hos hyresgäster, driftspersonal osv, för att minska energianvändningen.

Blå: Åtgärder som avser ändring av energikällor

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 2.1 Sammanställning av ovan nämnda rapporter och strategiers sätt att rangordna åtgärderna, med färgmarkering som förtydligar vilken typ av åtgärd som avses.

Rank	Broström	SP	IVA	Sintef	Kyoto-pyramiden	Renewable Tiras Energetica
1	Minskning av energiförluster - isolering och tätning av klimatskal	Ändrat brukarbeteende	Optimering av tekniska installationer	Tätning av luftläckage	Minska värmeförluster	Minska energianvändningen genom att minska energiförlusterna och införa energibesparande åtgärder
2	Optimering av tekniska installationer	Optimering av tekniska installationer	Minskning av energiförluster - isolering och tätning av klimatskal	Tilläggsisolering av tak och golv	Minska värmeförbrukningen	Använd lokala förnyelsebara energikällor
3	Ändra brukarbeteende	Minskning av energiförluster - isolering och tätning av klimatskal		Reparera fönster	Utnyttja solenergi	Använd förnyelsebara energikällor producerade längre bort
4		Övergång till förnyelsebara energikällor		Styrning av innetemperatur	Visa och reglera energianvändningen	
5				Effektivare utrustning	Välj en lokal energikälla	
6				Byte till miljövänligare energikällor		

Jämförelsen mellan strategierna visar att den primära åtgärden bör vara ändring av klimatskalet. Ett nästa steg bör vara åtgärder avseende optimering av teknik. Sedan följer ”mjuka åtgärder” och slutligen ändring av energikälla.

2.2.3 Risker och möjliga konsekvenser

I rapporten skriven av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut beskrivs följande konsekvenser som kan uppstå vid försök av energieffektivisering av äldre byggnader (Ståhl et al. 2011):

- *Dålig energieffektivitet:* En fel åtgärd eller en åtgärd utförd på ett bristfälligt sätt kan leda till lägre energibesparingar än förväntat. Exempel på detta kan vara ett felaktigt dimensionerat ventilationssystem eller en slarvigt utförd tilläggsisolering.
- *Fuktskador/försämrad beständighet:* En del energibesparande åtgärder kan medföra fuktskador om de utförs på ett felaktigt sätt. En riskfylld sådan åtgärd är till exempel invändig isolering av ytterväggar. Invändig isolering innebär att konstruktionen utanför isoleringen förblir kallare än förut då värme inifrån inte kan ta sig ut längre. Då konstruktionen förblir kallare kommer den relativa fuktigheten att öka. Därför är

det även viktigt att placera en diffusionstätning i den varma delen, så att ytterligare fukttransporter undviks.

- *Försämrad innemiljö:* Det finns även risk för att en energibesparande åtgärd försämrar byggnadens innemiljö. Att till exempel minska ventilationsförlusterna genom att dra ner på luftflödena kan orsaka dålig luftkvalité och förhöjd relativ fuktighet inomhus. Utöver ett dåligt inomhusklimat kan detta även leda till kondens på invändiga ytor och fuktskador i väggar och tak, som i sin tur kan bidra till dålig lukt och mikrobiell påväxt.
- *Påverkan på kulturhistoriska värden:* Olika energisparande åtgärder kan förvanska eller förstöra byggnaders kulturhistoriska värden. När ett byggnadstekniskt system förändras sker det även en förändring i dess byggnadsfysiska funktioner. Detta kan ibland leda till försämrade funktioner och en förkortad livslängd för byggnaden.

2.3 HIBERatlas

HIBERatlas är ett internationellt projekt framtaget av SHC, Solar Heating & Cooling Programme International Energy Agency, som har som målsättning att sprida kunskap om hur kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan energieffektiviseras. De samlar in information om projekt, identifierar olika metoder för hur sådana byggnader kan energieffektiviseras samt ger hjälpmedel för att kunna driva liknande projekt. I fallstudien ”Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy (2021) har följande information hämtats.

För detta examensarbete undersöks projekten som redovisas i fallstudien för att hämta information och kunskap om energieffektiv renovering av äldre byggnader. Eventuella renoveringsåtgärder undersöks och sammanställs för att ha en god utgångspunkt.

De projekt som är mest lika den studerade byggnaden väljs ut för vidare undersökning, baserat på byggnadsår, geografiskt läge med kallare klimat, byggnadsmaterial och byggnadsstorlek. I följande tabell visas projekten som valts, samt vilka typer av renoveringsåtgärder som har utförts på dem.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 2.2 Sammanställning av olika åtgärder för energieffektivisering av referensbyggnader med liknande väggkonstruktion som den undersökta byggnaden. (Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy 2021)

	Country	EE			HVAC				REN					
		Walls	Roof	Ground floor	Windows	Heating system	Domestic Hot Water	Ventilation system	Solar Thermal	Photovoltaic	Biomass	Geothermal	Wind energy	
Mariahilferstrasse 182	AT	X	X			X		X	X					
Maison Rubens	BE	X	X	X	X	X	X	X	X		X			
Solar Silo	CH	X	X		X	X		X		X				
Feldbergstrasse	CH	X	X	X	X	X		X	X					
Magnusstrasse	CH	X	X	X	X	X		X	X		X			
Casa Rossa Chemnitz	DE	X	X		X	X		X	X		X			
Ryesgade 30	DK	X	X		X	X		X		X				
Elementary School Mulhouse	FR	X	X	X	X	X		X						
Rhine Valley House	AT	X	X	X	X	X		X			X			
Baur Residence	AT	X	X		X	X		X			X			
Single family home Beern	CH	X	X	X	X	X		X	X		X	X		
PalaCinema Locarno	CH	X	X	X	X	X		X	X		X		X	
Klitgaarden	DK	X	X	X	X	X		X						
Villa Castelli	IT	X	X	X	X	X		X	X			X	X	
Rozna ulica 15	SL	X	X	X	X	X		X						
Hollywood Park Lodge	UK	X	X	X	X	X		X						
Total		16	16	11	15	16		10	13	8	6	5	3	1
Percentage %		100,0	100,0	68,8	93,8	100,0		62,5	81,3	50,0	37,5	31,3	18,8	6,3

På samtliga byggnader utfördes isolering av ytterväggar och tak, samt byte av värmesystem. Nästintill alla byggnader genomgick fönsterbyte och många fick även ett nytt ventilationssystem. Andra vanliga åtgärder var isolering av bottenplatta och byte av varmvattensystem. Färre projekt har uppgraderats till förnyelsebara energikällor, men den vanligaste åtgärden har varit att investera i solvärme eller solceller.

Vidare undersöks isoleringsmaterialen som används i projekten. De delas upp beroende på ytterväggens material för att se vilka isoleringsmaterial som föredras för massiva tegelväggar, eftersom den studerade byggnaden har denna typ av konstruktion. Både invändig och utvändig isolering används för byggnader med tegelkonstruktion, vilket kan utläsas i tabell 2.3. Isoleringsmaterialen som använts ger inspiration för vilka material som är aktuella att undersöka vid tilläggsisolering av den studerade byggnaden. För att få en uppfattning om effekterna av tilläggsisolering redovisas även U-värdet av ytterväggarna före och efter renoveringen i tabell 2.3.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 2.3 Sammanställning av de utvalda projekten med liknande väggkonstruktion som den studerade byggnaden där tilläggsisolering använts. (Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy 2021)

Projektnamn	Land	Vägg	Isolering	Material	U-värde innan [kW/mK]	U-värde efter [kW/mK]
Solar Silo	CH	Betong	Utvändig	Mineralull	2	0,16
Single family home Beern	CH	Murverk med dubbelt skal	Hålrumsisolering	Isofloc	0,68	0,44
Baur Residence	AT	Timmervägg	Utvändig	Mineralull	0,51	0,15
Mariahilferstrasse 182	AT	Tegel	Utvändig	Aerogelputs	1,13	0,3
Maison Rubens	BE	Tegel	Invändig	Träfiber	-	0,41
Feldbergstrasse	CH	Tegel	Utvändig	Mineralull	1,4	0,16
Magnusstrasse	CH	Tegel	Utvändig	Mineralull	0,8	0,12
Casa Rossa Chemnitz	DE	Tegel	Utvändig	Mineralull	0,85	0,2
Ryesgade 30	DK	Tegel	Invändig	Aerorock (mix av stenull och aerogel)	1,4	0,4
Klitgaarden	DK	Tegel	Invändig	-	1,4	0,3
Villa Castelli	IT	Tegel /huggen sten/betong	Invändig	Perlitepanel /Aerogel	1,4/1,33/2,47	0,19/0,18
Elementary School Mulhouse	FR	Tegel	Invändig	Mineralull	3	0,34
Rhine Valley House	AT	Tegel	Utvändig	EPS	2	0,21
PalaCinema Locarno	CH	Tegel	Invändig	Mineralull	-	0,15
Rozna ulica 15	SL	Tegel	Utvändig	-	1,51	0,21
Hollywood Park Lodge	UK	Tegel	Invändig	Inblåst cellulosa bakom befintlig puts	1,3	0,67

2.4 Totalmetodiken

2.4.1 Inledning

”Totalmetodiken” är en arbetsmetod för energieffektivisering i befintliga byggnader, där lönsamheten för de olika åtgärderna avgörs. Detta görs genom att ta fram ett åtgärds paket som ger så hög energi- och kostnadsbesparing som möjligt. Lönsamheten beräknas genom kapitalvärdesmetoden eller internräntemetoden. Lönsamhet uppstår när kapitalvärdet är större än noll eller om internräntan visar sig vara större än kapitalräntan, vilket inträffar när kapitalvärdet är noll. Kapitalräntan bestäms av fastighetsägaren.

Totalmetodiken tar också hänsyn till att förbättra byggnadens funktion, utifrån de åtgärder som väljs. Totalmetodiken är framtagen av organisationen Belok som initierades av Energimyndigheten år 2001. (Belok 2017)

Följande kapitel är baserat på Totalmetodiken (Belok 2017), utöver de stycken där annan källa angetts.

2.4.2 Arbetsprocessen

Etapp 1: Framtagning av åtgärds paket

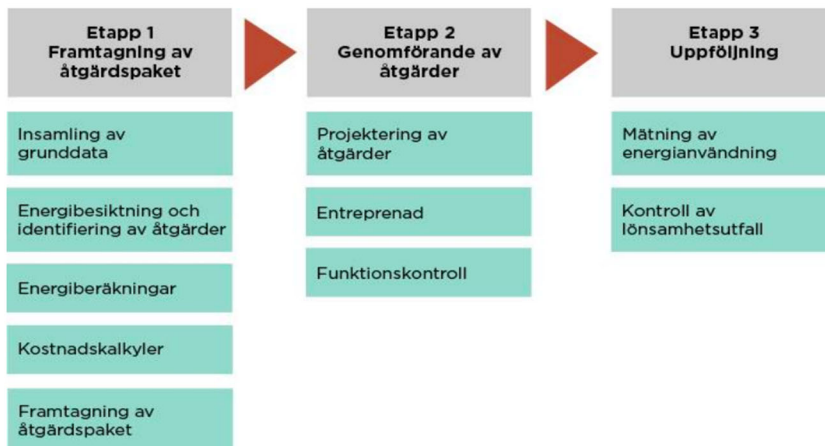
Först genomförs en förstudie som bland annat inkluderar en energibesiktning av byggnaden för att avgöra dess nuvarande status. Därefter ges förslag på energieffektiva åtgärder. Baserat på insamlade data från förstudien kan sedan beräkningar utifrån energi och lönsamhet genomföras, baserat på åtgärdena. Detta är underlaget för det åtgärds paket som sedan presenteras.

Etapp 2: Genomförande av åtgärder

Åtgärds paketet som tagits fram i etapp 1 genomförs. I denna etapp ligger fokus på att genomföra de förberedelser som krävs för att utföra åtgärdena, samt att göra en funktionskontroll efter genomförandets slut. Det är också viktigt att genomföra arbetet på ett korrekt sätt för att säkerställa de förväntade besparingarna som åtgärdena utlovat.

Etapp 3: Uppföljning

Uppföljning av hur åtgärds paketet har fungerat och bidragit till minskad energianvändning bör mätas månadsvis under minst ett år. Om mätningarna visar på ett negativt resultat bör orsaken utredas och åtgärdas.



Figur 2.1 Översiktlig sammanställning av vad som ingår i de olika etapperna i Totalmetodiken. (Belok 2017)

2.4.3 Etapp 1 – Framtagning av åtgärdspaket

I det här examensarbetet kommer Etapp 1 i totalmetodiken utföras, Etapp 2 och 3 kommer därför inte vidare evalueras.

2.4.3.1 Ekonomiska begrepp för validering av åtgärder

Grundbegrepp

För att förstå de olika metoder som används för investeringskalkylering som ingår i Etapp 1 följer en kort beskrivning av några grundläggande ekonomiska begrepp.

Kapitalränta

Kapitalräntan är det lägsta krav på förräntning av det satsade kapitalet som företaget i fråga ställer, vilket också kan uttryckas som avkastningskrav. Eftersom företaget själv bestämmer kapitalräntan kan den väljas baserat på olika saker, beroende på vad företaget tycker är viktigt och vilken typ av investering det är som görs. Kapitalräntan kan bestämmas utifrån den räntan som företaget kan låna för, kapitalets alternativkostnad eller den risk som är förknippad med investeringen. (Skärvad, 2017)

Inbetalningsöverskott

Vid en investering följer betalningsströmmar som är mycket viktiga att fastställa för att avgöra om en investering är lönsam eller inte. För att förenkla beräkningarna i en investeringskalkylering används därför endast skillnaden mellan in- och utbetalningar för respektive år. Om inbetalningarna är större än utbetalningarna blir alltså överskottet positivt, medan överskottet blir negativt om utbetalningarna är större än inbetalningarna. (Skärvad, 2017)

Nuvärde

Med nuvärde menas det värde som investeringen hade vid införskaffandet. Alla framtida inbetalningsöverskott räknas därför tillbaka till denna tidpunkt med hjälp av formeln nedan. (Skärvad, 2017)

$$\text{Nuvärde} = a \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+i)^k}$$

a = (konstant) inbetalningsöverskott [kr]

r = kapitalränta [%]

n = antal år [år]

(Becker, 2019).

2.4.3.2 Metoder för investeringskalkylering

Nedan följer en beskrivning av olika metoder för investeringskalkylering.

Kapitalvärdesmetoden

I kapitalvärdesmetoden räknas alla betalningskonsekvenser om med hjälp av kapitalräntan (som bestäms av företaget) till en viss referenstidpunkt för att kunna jämföra alla betalningar. Den tidpunkt som ofta används är nutidpunkten, varför metoden också kallas nuvärdesmetoden. På så vis kan kapitalvärdet beräknas utifrån grundinvesteringen, vad det eventuella slutvärdet är och vad inbetalningsöverskottet är för respektive år fram tills den valda tidpunkten. Då kapitalvärdet för en viss investering är större än noll innebär det att avkastningen är större än förräntningskravet/kapitalräntan. Om kapitalvärdet är noll är avkastningen alltså lika stor som kapitalräntan. Se ekvation för kapitalvärdet nedan.

$$KV = -G + \frac{S}{(1+i)^n} + \sum_{k=1}^n \frac{a_k}{(1+i)^k} \geq 0$$

KV = kapitalvärde [kr]

G = grundinvestering [kr]

S = slutvärde [kr]

i = kapitalränta [%]

n = år fram till investering gjorts till vald tidpunkt [år]

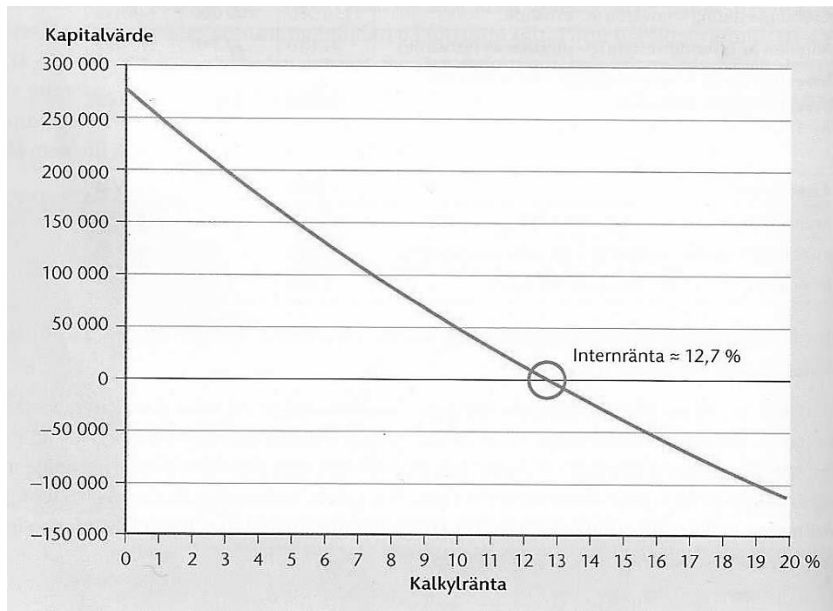
a_k = inbetalningsöverskott beroende på år [kr/år]

(Becker, 2019)

Internräntemetoden

Till skillnad från kapitalvärdesmetoden, som beräknar investeringens lönsamhet i ett absolut resultatmått uttryckt i kronor, beräknar internräntemetoden den faktiska lönsamhetsnivån.

Internränta är den årliga avkastningen, eller förräntningen, som investeringen ger på det satsade kapitalet. Internräntan kan också uttryckas som investeringens faktiska räntabilitet. Vid denna räntesats blir kapitalvärdet noll, vilket innebär att nuvärdets inbetalningar är lika stora som nuvärdets utbetalningar. Ju högre internränta desto lönsammare är investeringen. Detta illustreras i figuren nedan.



Figur 2.2 Kapitalvärde beroende på kapitalränta. Internräntan är markerad där kapitalvärdet är noll. (Skärvad, 2017)

Internräntan beräknas ekvationen nedan. (Skärvad, 2017)

$$KV = -G + \frac{S}{(1 + i_i)^n} + \sum_{k=1}^n \frac{a_k}{(1 + i_i)^k} = 0$$

i_i = internränta [%]

(Becker, 2019)

2.4.3.3 Tillvägagångssätt

Insamling av grunddata

Huvudfokus är att få en tydlig bild över byggnaden, verksamheten, inomhusklimat-kraven, installationerna och energianvändningen.

Formell information om byggnaden samlas in, såsom fastighetsbeteckning, byggår (även tillbyggnadsår eller ombyggnadsår), samt areor (som A_{temp} och BTA). Utöver detta är det också viktigt att ha tillgång till ritningar som översikts-, plan- och fasadritningar men även andra typer av ritningar som finns tillgängliga för att få en översiktlig bild av byggnaden.

Gällande verksamheten som bedrivs i fastigheten är det bra att veta vilken typ av verksamhet som finns, drifttider eller arbetstider och genomsnittligt antal personer som vistas i byggnaden.

Vad gäller inomhusklimatet är det viktigt att inte välja sådana energieffektiva åtgärder som försämrar inomhusklimatet eller byggnadens funktion. Därför bör en utredning genomföras för att ta reda på vilka inomhusklimatkrav som finns och om de i dagsläget uppfylls. Därefter kan energiåtgärder väljas för att också förbättra inomhusklimatet.

Byggnadens installationer innefattar ventilations-, värme- och kylsystem. Ritningar över dessa är nödvändiga för att få en bra överblick över dessa olika system eftersom dessa påverkar de energieffektiva åtgärder som ska väljas. Hur data för de olika systemen samlas in är också avgörande. Mäts data med hjälp av datorer eller mäts den manuellt kan det vid enstaka tillfällen ge skillnad i resultat. Andra källor till information och data kan vara bland annat OVK (den obligatoriska ventilationskontrollen) eller Energideklarationen.

Följande uppgifter om energianvändningen i byggnaden bör sammanställas:

- Värmeanvändning [MWh/år eller kWh/m²,år]
- Elanvändning [MWh/år eller kWh/m²,år], både fastighetsel och verksamhetsel.
- Fjärrkylanvändning [MWh/år eller kWh/m²,år] om det används.
- Installerad eleffekt [kW]
- Kallvatten [m³/år eller l/s,m²,år]
- Varmvatten [m³/år eller l/s,m²,år], om mätning finns.

Energibesiktning

Energibesiktningar delas in i tre kategorier med olika nivåer:

- Kategori 1: En kartläggning av redan dokumenterade uppgifter, grunddata, vilket görs genom "skrivbordsbesiktning" samt möjligtvis en enkel okulärbesiktning.
- Kategori 2: Inkluderar kategori 1, samt att en grundlig genomgång av byggnaden och dess installationer genomförs där även enkla momentana mätningar kan göras.
- Kategori 3: Inkluderar både kategori 1 och 2, samt en mer detaljerad analys av byggnaden. Det kan handla om kompletterande mätningar av systemens funktion eller fler detaljer för energiberäkningen och kostnadsanalysen.

Vid genomförandet av energibesiktningen bör denna göras med analys av begreppen i strukturen *Behov – Distribution – Produktion*. Med denna metod analyseras både om behoven uppfylls och hur energieffektivt systemen är i dagsläget.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Behov. Kvalitet, mängd och tidpunkt bör evalueras. Behovet beror på verksamheten i byggnaden samt de krav på inneklimat som ställs i de respektive rummen. Luftflöden samt värme- och kyleffekt kan analyseras. Även belysning ingår i behoven för att ge rätt ljuseffekt.

Distribution. Luft, värme, kyla osv, analyseras för att ta reda på hur dessa tillförs och fördelas de olika rummen i byggnaden. Om behoven skiljer sig i olika delar av byggnaden är det viktigt att kartlägga detta.

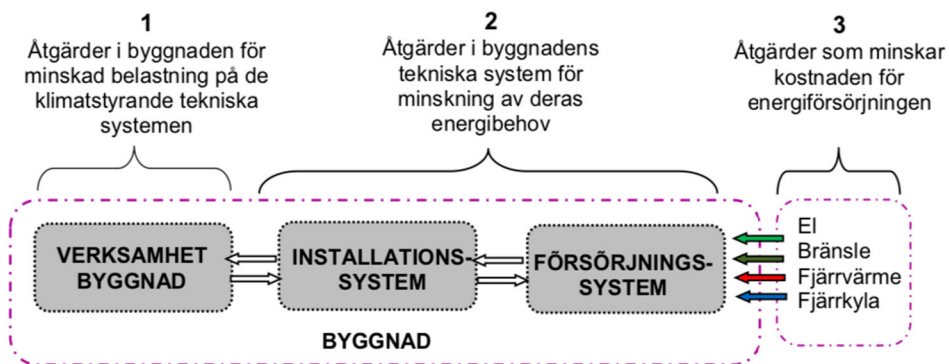
Produktion. Analys av effektiviteten på produktionen. Det kan handla om: framtagning av lufttemperatur eller luftflöde i ett luftbehandlingsaggregat och värdera effektiviteten, såsom värmeåtervinningsgrad etcetera.

Fastställ basfall

Basfallet är den energianvändningen byggnaden har innan olika åtgärder genomförs. Basfallet baseras på information från energistatistiken som finns om byggnaden för de senaste åren. De olika åtgärderna kommer att jämföras relativt detta basfall för att kunna utvärderas.

Analys av åtgärder

När energieffektiviseringsåtgärder ska definieras är det lämpligt att dela in dessa i tydliga systemgränser baserat på energibehov. Exempel på detta redovisas i figur 2.3 nedan.



Figur 2.3 Åtgärder delas in i tre olika grupper som påverkar energianvändningen i en byggnad. (Belok 2017)

Åtgärderna delas alltså upp beroende på om de påverkar:

1. Verksamheten eller byggnaden
2. Installationssystemen eller försörjningssystemen
3. Energiförsörjningen

Vid framtagning av åtgärder inom de olika områdena ska alla tänkbara åtgärder tas med, oavsett om de har en kortsiktig eller långsiktig effektivisering. En viss åtgärd kan tyckas vara olönsam men i kombinationer med andra åtgärden kan den vara lönsam, vilket är viktigt att komma ihåg.

Energiberäkningar

Vid energiberäkningar av de åtgärder som tagits fram skiljs de åt beroende på följande:

- Energibesparingen påverkar direkt energianvändningen utan att påverka andra delar i systemet. *Exempel:* Ändring av ventilationssystemets återvinningsenhet bör endast påverka ventilationens återvinningsgrad. Energiberäkningar av denna typ är tämligen enkla.
- Energibesparingar som både ger en direkt påverkan på energianvändningen men som också har indirekt påverkan på övriga systemet. *Exempel:* Byte till energieffektiva belysning. Åtgärden minskar energibehovet till belysning men kan göra att värmebehovet ökar. Energiberäkningarna blir mer komplicerade och ett simuleringsprogram behöver användas.

Kostnadskalkyler

En kostnadskalkyl görs för samtliga åtgärder som tagits fram, men med hänsyn till att vissa kostnader kan förändras när vissa åtgärder genomförs samtidigt. Exempel på detta är att om samma entreprenör genomför fönsterbyte och tilläggsisolering så kommer genomförandekostnaden för var och en av åtgärderna bli mindre än om de genomförts separat.

Olika kostnadsposter definieras, exempel på detta kan vara:

- Demonteringskostnader
- Investeringskostnader
- Materialkostnader
- Installationskostnader
- Lönekostnader
- Injusteringskostnader

Det är endast de kostnader som bidrar till energieffektivisering som ska tas med i kalkylerna, och inte de åtgärder som görs för att uppdatera byggnaden ur andra aspekter. Det är vanligt att byggnaden rustas upp samtidigt som energieffektiva åtgärder genomförs, men de kostnaderna ska alltså inte tas med.

För att förtydliga detta ytterligare presenteras nedan tre scenarios där kostnaderna delas upp på olika sätt:

- När en åtgärd genomförs för att endast bidra till energieffektivisering. Hela investeringens kostnader ska tas med.
- När en åtgärd både görs i energibesparingssyfte och för att uppfylla andra krav på byggnaden. Endast investeringskostnaden för att göra energieffektiviseringen tas med, inte kostnaden för att nå kraven.
- När en åtgärd är en del av en uppgradering av byggnaden för underhållsskäl och/eller hyresgästanpassningar. Investeringskostnaden behöver delas upp mellan kostnader för underhåll och kostnader för energieffektiviseringen, hur detta görs bäst bör diskuteras med fastighetsägaren.

Framtagning av åtgärdspaket

För att väga samman åtgärderna och skapa ett åtgärdspaket är det en förutsättning att veta lönsamhetskrav och kapitalränta som bestämts av fastighetsägaren. Även andra parametrar kan vara nödvändiga för att göra en lönsamhetskalkyl.

Först beräknas den årliga (netto) energi- och kostnadsbesparing för varje enskild åtgärd. Förändringar i andra kostnader som åtgärden påverkar ska också finnas med, det kan exempelvis resultera i lägre eller högre driftkostnader.

Eftersom åtgärderna påverkar varandra måste de på något sätt läggas samman för att få fram hela åtgärdspaketets besparingar, vilket görs med en förenklad metod eftersom sammanvägningen är komplex. Programvaran Totalverktyget som tillhandahålls av Belok använder metoden, som går ut på att den åtgärd som är mest lönsam genomförs först, varför en rangordning av åtgärderna genomförs baserat på internränta. Besparingar för de övriga åtgärderna räknas om med förutsättning att den mest lönsamma åtgärden genomförs. Denna process görs sedan om tills det bara finns en åtgärd kvar. Samma görs också för investeringskostnader och lönsamhet. Detta kan även göras för hand, utan Totalverktyget. Det går inte att lägga till extra energibesparingar som uppstår vid kombination av åtgärder, utan endast de individuella besparingarna.

Sedan kan den totala internräntan för åtgärdspaketet beräknas. Programmet sammanställer åtgärderna och ger förslag på paket där internräntan totalt sett är lägre än kapitalräntan. Det kan alltså innebära att vissa åtgärder inte tas med eftersom internräntan då skulle bli högre än kapitalräntan.

Utifrån de förslag på åtgärdspaket som Totalverktyget presenterar väljs det paket som ger störst besparingar.

Känslighetsanalys

Innan beslut tas om investeringar i åtgärdspaketet som valts bör en känslighetsanalys göras. Olika frågeställningar bör tas fram och diskuteras för att säkerställa hur förändringar av exempelvis energipriser eller oförutsägbara förändringar i kostnader påverkar investeringen. Det beräknade värdet kan skilja sig mycket från det verkliga värdet, där känslighetsanalysen kan försöka förutsätta hur stora skillnaderna är.

Rapportering

En rapport från Etapp 1 ska sedan sammanställas och lämnas till fastighetsägaren som underlag för beslut om effektivisering. En jämförelse mellan basfall och resultatet efter åtgärdspaketets utförande är väsentligt att ha med. Det är också viktigt att presentera den indata som använts. För samtliga åtgärder ska en tydlig beskrivning finnas med, samt de energi- och kostnadsbesparingar som beräknats.

3 Beskrivning av den studerade byggnaden

Den studerade byggnaden byggdes 1877 och är belägen i Malmö. Byggnaden är inte kulturmärkt, men kommer att bedömas under bygglovsärendet av stadsbyggnadskontoret i enighet med varsamhetskraven. Stommen är i massiv tegel. Det genomfördes en ombyggnation år 1986 där byggnaden utökades och ett mekaniskt ventilationssystem installerades. Tillbyggnaden kan ses på bilden nedan (*Figur 3.1*) i form av glaspartier. Ventilationssystemet är ett FTX-system. Byggnaden värms med fjärrvärme genom ett vattenburet radiatorsystem och kyls med eldrivna kylbatterier. I detta kapitel följer en beskrivning och kartläggning av byggnaden som är baserade på tillgängliga ritningar, energideklarationen, den obligatoriska ventilationskontrollen, en okulär besiktning samt boken *Så byggdes husen 1880–2000-talet* från 2013.



Figur 3.1 Vy av den studerade byggnaden. (Brandfarlig vara 2021)

3.1 Information om fastigheten baserat på tillhandahållna dokument

Här följer information hämtat från Energideklarationen som utfördes 2020-08-20. För fullständig energideklaration av byggnaden.

3.1.1 Generell information

Län	Skåne
Kommun	Malmö
Nybyggnadsår	1877
Ombyggnadsår	1986
A _{temp}	5900 m ²
A _{varmgarage}	140 m ²

3.1.2 Verksamhetsfördelning (procent av A_{temp})

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Kontor och förvaltning	82%
Restaurang	16%
Butiks- och lagerlokaler för övrig handel	2%

3.1.3 Energianvändning

Mätperiod	januari 2019 – december 2019
Energi för uppvärmning (fjärrvärme)	772 442 kWh
Energi för tappvarmvatten (fjärrvärme)	11 800 kWh
El för komfortkyla	55 000 kWh
Fastighetsel	149 576 kWh
Total energianvändning	988 818 kWh
Total energianvändning (normalårskorrigerat)	1 149 534 kWh/år
Finns solvärme?	Nej
Finns solcellssystem?	Nej
Primärenergianvändning	1505569 kWh/år
Primärenergital	255 kWh/m ² år
Referensvärde (nybyggnadskrav)	126 kWh/m ² år
Referensvärde (liknande byggnader)	194 kWh/m ² år
Byggnadens energiklass	F

3.1.4 Uppvärmningssystem

Systemets nominella effekt	550 kW (betjänar 5900 m ²)
----------------------------	--

3.1.5 Ventilationssystem

Systemets nominella effekt	225 kW (betjänar 4500 m ²)
----------------------------	--

Från den Obligatoriska Funktionskontrollen av ventilationssystemet erhålls följande systemtyp och flöden för ventilationssystemets olika aggregat:

Tabell 3.1 Sammanställning av byggnadens aggregat med respektive flöde, systemtyp och ombyggnadsår.

Systemnummer	Flöde börvärde	Systemtyp	Ombyggnadsår
FF12	70 l/s	F	1986
FF13	150 l/s	F	1986
TA2/FF2A/FF2B	7830/2700/241 l/s	FTX	1991
TA/FA1	2050/2500 l/s	FTX	1986
TA/FF10	1050/1050 l/s	FTX	2000
TA/FF11	530/550 l/s	FTX	1986
TA/FF3	1170/1670 l/s	FTX	1986
TA/FF4	1050/1050 l/s	FTX	1986
TA/FF5	1145/1027 l/s	FTX	1986
TA/FF6, FF10	4900/4900, xxx l/s	FTX	1986
TA/FF7	1100/1100 l/s	FTX	1986

TA/FF8	5000/5000 l/s	FTX	1986
TA/FF9	1900/1900 l/s	FTX	1986

Frånluftsaggregatet FF12 tillhör köket i restaurangen. Frånluftsaggregatet FF13 tillhör garaget. Resterande lokaler och rum är försedda med både till- och frånluftsdon som är placerade i taknivå, alltså ett omblandande ventilationssystem. Se bilaga A:13 för systemritningarna för ventilationssystemet.

3.2 Okulär besiktning

Den okulära besiktningen gjordes tillsammans med drifttekniker och teknisk chef i oktober 2021. Nedan följer information som dels förmedlades muntligt eller som kunde utläsas på plats.

3.2.1 Tekniska system

Ventilationssystemet byggdes 1986 och är därför ett något föråldrat system. Systemritningen, se bilaga A:13, tyder på att värmeåtervinningen sker genom ett medium, vilket bekräftas under den okulära besiktningen. Det värmebärande mediet förs mellan aggregaten genom långa rörsystem. Detta bidrar till stora värmeförluster och en relativt låg värmeåtervinningsgrad. Verkningsgraden på elmotorn anges till 0,6 och den specifika fläkteffekten, SFP-talet, uppskattas till 3 kW/(m³/s) av förvaltaren.



Figur 3.2 Aggregat TA/FF9. (Foto Elin Mattsson Hedenborg)

Tilluftstemperaturen är inställd på konstanta temperaturer som ändras av driftteknikern beroende på om det är sommartid eller vintertid. Temperaturerna är satta efter behov, där behovet i sin tur beror på vilken typ av verksamhet det är i lokalen samt vilken rums höjd det är. Ifall en hyresgäst upplever temperaturen för varm eller kall kan detta ändras manuellt via fjärrstyrning.

Ventilationssystemet har ett konstant flöde av tilluft som styrs enligt schema. Resten av tiden är ventilationssystemet avstängt. Enligt driftteknikern gäller följande schema:

Kontor

Måndag – Fredag: kl. 07–18

Restaurang

Måndag – Lördag: kl. 07–24

Söndag: kl. 07–16

Kylning sker med kylmaskiner placerade på taket. Aggregat TA/FF9 är något speciellt och skiljer sig från övriga aggregat eftersom det kyls genom vattenburen kyla. Skicket på aggregatet var rätt dåligt och utfällning orsakat av mindre vattenläckage kunde ses. Värmning för samtliga aggregat sker via värmebatterier, med varmvatten från värmecentralen och med värmeåtervinning. Verkningsgraden för värmeväxlingen uppskattas till 60% för aggregat TA/FF9 och 40% för övriga aggregat, av förvaltaren.

Det sitter även värme- och kylbatterier i taket i vissa lokaler för att hyresgäster enkelt ska kunna sänka temperaturen vid höga temperaturlaster.

I värmecentralen värms tappvarmvatten och varmvatten till radiatorsystemet samt värmebatterierna i ventilationssystemet via fjärrvärme.

Belysningen i den studerade byggnaden är till viss del bytt till LED-lampor men majoriteten är glödlampor.

För tillfället står många lokaler tomma och restaurangdelen är stängd, uppskattningsvis 70% av byggnaden. Detta kan ha en stor påverkan på energianvändningen av byggnaden.

3.2.2 Konstruktionen

Vindsutrymmet är i gott skick trots sin ålder. Luften är torr samt det doftar friskt trä och inte unket. Taket är inte isolerat medan vindsbjälklaget är det, se figur 2.4. Isoleringen på vindsbjälklaget är inte heltäckande vid t.ex. ingångar och korridorsanslutningar. Det kan dock vara positivt då vinden inte kyls till utomhustemperatur på vintern tack vare att värme från inomhus kan ta sig upp i vinden. Isoleringen är ca 300 mm tjock och är i relativt gott skick.



Figur 3.3 Vindsbjälklag från 1877. (Foto Elin Mattsson Hedenborg)

Taket var i gott skick, det stod dock vatten på vissa delar av taket där det var platt tak, se figur 3.4.



Figur 3.4 Taket på plan 4 i nordlig riktning. (Foto Elin Mattsson Hedenborg)

Fönsterna utgörs av originalfönstren utvändigt med ett nytt tvåglasfönster på insidan som totalt ger ett bättre U-värde än originalfönstret. Termografering utfördes på fönsterna för att undersöka otätheter och värmeläckage. Det kunde ses att fönsternas utsida var varmare än väggarnas utsida, vilket tyder på sämre U-värden på fönster än vägg. Det var också tydligt att det finns stora otätheter runt fönster då det visade sig vara en värmerand runt fönster. Det fanns även vattenläckageskador på flera ställen vid glaspartierna vilket också tyder på otätheter. Tyvärr fungerade inte datorprogrammet för att kunna ladda över fotografierna från värmekameran och därför kan inte dessa bifogas.

Solavskärmningen varierar något. För samtliga fönster finns persienner som sitter mellan originalfönstret och det nya insatta fönstret. För glaspartierna finns invändig solavskärmning i form av lamellgardiner utom på första plan i försäljningslokalerna. Det är endast på fjärde våningen som det finns utvändigt solavskärmning och den sitter i sydlig och västlig riktning med elektronisk styrning, figur 3.5. Glastaken över ljusschaktet och över ljusgården har ingen solavskärmning i dagsläget.



Figur 3.5 Tak på plan 4 i västlig riktning. (Foto Elin Mattsson Hedenborg)

Sammanfattningsvis är det nödvändigt att utföra en renovering och modernisering av den studerade byggnaden för att uppnå dagens estetiska och funktionella nivå. Avkastningskravet skall vara 8% enligt förvaltaren.

3.3 Ritningar

För ritningarna se bilaga A.

3.4 Stomuppbyggnad

Uppbyggnaden av de ”nya” konstruktionsdelarna är baserade på de ritningar som tagits fram vid renoveringen 1986. Det finns inte ritningar på äldre konstruktionsdelar. Uppbyggnaden av de ”gamla” konstruktionsdelarna är därför hämtade från boken *Så byggdes husen 1880–2000-talet* som presenteras i avsnitt 2.1 *1880-talshusens uppbyggnad*.

3.4.1 Bottenplatta

Ordningen följer från insida till utsida.

Källarplatta, ”ny” del [mm]

450–600 Betong

Platta på mark, ”ny” del [mm]

60 Golvbeläggning

80 Betong

350 Makadamfyllning

3.4.2 Bjälklag

Ordningen följer uppifrån och ner.

Mellanbjälklag, ”ny” del [mm]	Mellanbjälklag, ”gammal” del [mm]
20 Golvbeläggning	180mm träreglar med lertätning
200 Betong	Puts

Källarbjälklag glastillbyggnad, ”ny” del [mm]	Källarbjälklag, ”ny” del [mm]
130 Betong	60 Golvbeläggning
200 Stenkolsaska	300 Betong
	50 T-platta

3.4.3 Vägguppbbyggnad

Ordningen följer från insida till utsida.

Källaryttervägg, ”ny” del [mm]	Avskiljande väggar, ”ny” del [mm]
500 Betong	Källare: 500 Betong Första plan: 400 Betong Andra plan: 300 Betong Tredje plan: 300 Betong Fjärde plan: 160 Betong

Yttervägg plan 1, ”gammal” del [mm]	Hjärtvägg, ”gammal” del [mm]
600 Tegel	Första plan: 445 Tegel
50 Puts	Övriga plan: 300 Tegel Puts på båda sidor om väggen

Yttervägg plan 2–3, ”gammal” del [mm]	Yttervägg plan 4, ”ny” del [mm]
20 Puts	160 Betong
445 Tegel	70 Regelskiva mellan 45x70 vertikala reglar, c600
50 Puts	50 Västkustskiva Distanskropp 34x45 vertikal spikläkt 17 spontad panel Utvändig beklädnad

3.4.4 Tak

Ordningen följer från insidan till utsidan.

Tak, ”ny” del [mm]	Takterass, ”ny” del [mm]
200-250 Betong	60 Mineralull
0,2 Plastfolie	HDF 20
160 Skiva (RW 133-00)	200 Betong
20 Takboard (RW 1341-00)	Bitumen
1 Lager underlagspapp (YAP2500)	120 Styrofoam
1 Lager papp (SAP4000)	Fiberduk
	50 Sand
	60 Marktegel
Tak, ”gammal” del [mm]	
13 Gipsskiva	
19 Spontad panel	
0,2 Plastfolie	
Mineralull fasthålls med ståltrådsnät	
70 Skiva mellan 45x70 reglar c600	
95 Skiva mellan takstolar	
3,2 Hård träfiberskiva på 45x45 spikläkt	
40-50 Luftspalt	
Bef. Panel	
Bef. Papp	
Plåt	

4 Modell för basfall

Nedan presenteras hur modellen för basfallet byggs upp i programmet IDA ICE. Modellen baseras på ritningar, boken ”Så byggdes husen” och den okulära besiktningen. Vid otillräcklig information har andra källor använts, dessa presenteras löpande i texten.

4.1 Generella inställningar

Plats och klimat: Malmö

År: 2021-01-01 till 2021-12-31.

Vindprofil: Öppet landskap och semi-exponerad. Den studerade byggnaden ligger i utkanten av staden precis vid havet, därför ansågs byggnaden vara mer exponerad än om den hade legat i en stadskärna. Öppet landskap väljs. Tryckkoefficienterna är hämtade från IDA-ICE databas baserat på semi-exponerade förhållanden, återigen med anledningen att byggnaden ligger vid havet med omkringliggande byggnader på längre avstånd.

Semesterdagar: Hämtas från den inbyggda funktionen i IDA ICE som baseras på den svenska Wikipedia sidan.

4.2 Markegenskaper

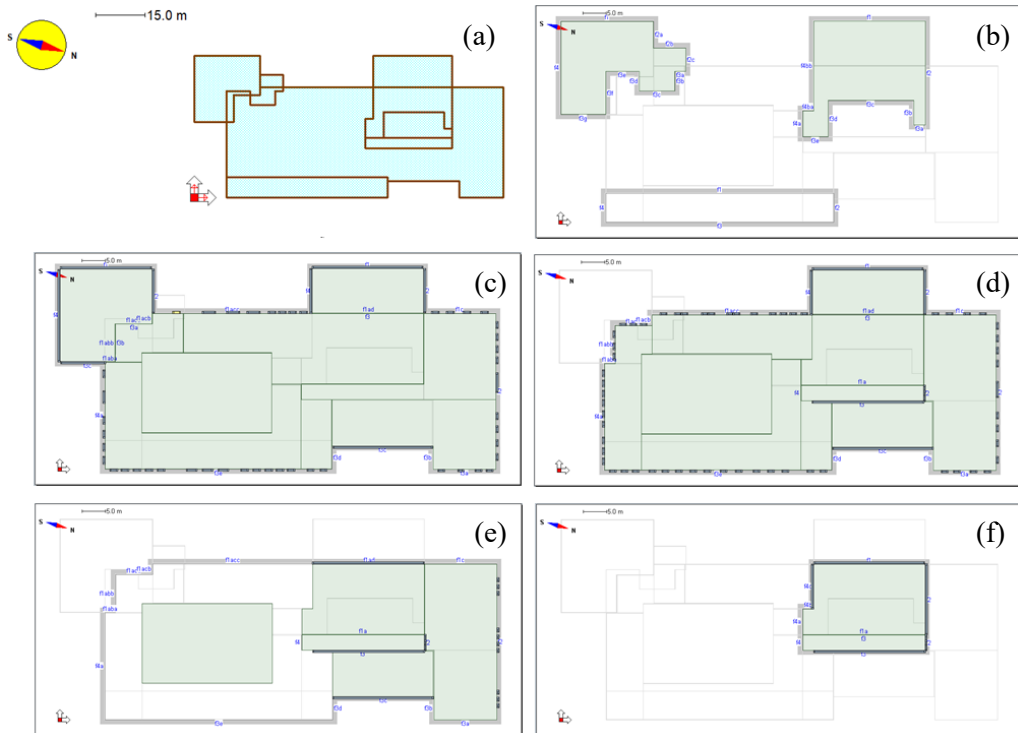
Byggnaden är uppbyggd med platta på mark och källargrund utan isolering, se avsnitt 3.4.3 *Grundkonstruktion*. Därav väljs inställningen ”ingen markisolering” i IDA ICE. Det finns en förinställning där IDA ICE baserar beräkningarna gällande värmekonduktiviteten i grunden på ISO-13370. Detta väljs.

4.3 Uppbyggnad

Huskroppen byggs upp baserat på de ritningar som finns tillgängliga. Formen efterliknar verkligheten så mycket som möjligt. Några mindre utstickningar bortses från för att få en mer approximativ form på byggnaden. Det låglutande sadeltaket förenklas till platt tak. Byggnadens orientering baseras på ritningarna, se figur 4.1(a).

Byggnaden delas upp i zoner i enighet med ventilationsschema (se bilaga A:14), verksamhetstyp och väderstreck. Därmed kommer A_{temp} i modellen att bli större än i verkligheten eftersom exempelvis källaren inte ingår i byggnadens A_{temp} . Dessa utrymmen kommer ändå byggas upp som zoner eftersom de förses med byggnadens tekniska system. Totalt får byggnaden 23 zoner, vilka kan ses i figur 4.1(b)-(f).

Eftersom vindsutrymmet i södra delen av byggnaden på våning 3 inte har något ventilationssystem eller värmesystem byggs inte detta utrymme upp i modellen. Samma gäller källaren som byggdes 1877. Endast huskroppens form påverkas av dessa utrymmen. För bättre bild av huskroppens uppbyggnad och zonindelningen, se bilaga A:14.



Figur 4.1 Illustrering av byggnadens orientering (a), samt byggnadens olika plan och zonindelningar med start från källaren upp till fjärde våningen (b)-(f). (IDA ICE)

4.4 Konstruktionsdelar

Uppbyggnaden av väggar, golv, bjälklag och tak i IDA ICE baseras på de uppbyggnader som presenteras i avsnitt 3.4 Stomuppbyggnad. Uppbyggnaderna generaliseras där små avvikelser kan bortses från. Exempelvis har takuppbyggnaden baserats på den generella uppbyggnaden där små hörndetaljer inte har lagts in i modellen. Samma sak gäller resterande konstruktionsdelar. Även vissa material som inte påverkar energianvändningen bortses från, såsom plastfolie.

4.4.1 Material

IDA ICE har en lista med förslag på material med tillhörande egenskaper och dessa används i uppbyggnaden av modellen. Standardmaterialen som används från IDA IDE är följande: “brick”, “concrete”, “copper”, “air in 45 mm vent. air gap”, “chipboard”, “frames cc600 insulation”, “gypsum”, “floor coating”, “stone, wood” och “sand”. Sådana material som inte finns i programmet läggs in manuellt, vilka är puts och mineralull. Material som står på svenska i följande tabeller är alltså manuellt tillagda i IDA ICE.

De ingående egenskaperna för materialen är redovisade nedan.

Tabell 4.1 Materialegenskaper för puts och mineralull. (Burström 2007)

Material	λ [W/(m*K)]	c_p [J/kg*K]	Densitet [kg/m ³]
Puts	1,0	1000	1800
Mineralull	0,035	1030	107,5

4.4.2 Bottenplatta

Skikten är ordnade uppifrån och ner.

Platta på mark	1,50 W/m²K
Floor coating	0,06 m
Concrete	0,08 m
Stone	0,35 m
Källarplatta	2,16 W/m²K
Concrete	0,5 m

4.4.3 Bjälklag

Ordningen av skikten i bjälklagsuppbyggnaden är uppifrån och ner.

Mellanbjälklag gammal del	0,98 W/m²K
Wood	0,02 m
Sand	0,18 m
Chip Board	0,02 m
Puts	0,01 m
Mellanbjälklag ny del	2,51 W/m²K
Floor coating	0,02 m
Concrete	0,2 m

Vägguppbyggnad

Nedan redovisas uppbyggnaden av samtliga väggar som lagts in i IDA ICE. Väggarnas U-värden samt de olika skiktens tjocklek presenteras. Eftersom de tillbyggda ytterväggarna endast utgörs av glaspartier har antagandet gjorts att alla ytterväggar är uppbyggda enligt originalkonstruktionen med tegel och puts. Vid glaspartierna har sedan stora fönsterpartier lagts till. På fjärde våningen som tillhör utbyggnaden finns dock ett parti med

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

yttervägg som byggts upp separat. Samma gäller källarytterväggarna. Ordningen av skikten är insidan till utsidan.

Yttervägg plan 1	1,43 W/m²K
Puts	0,02 m
Brick	0,29 m
Puts	0,05 m
Yttervägg plan 2–3	1,73 W/m²K
Puts	0,02 m
Brick	0,22 m
Puts	0,05 m
Yttervägg plan 4	0,30 W/m²K
Concrete	0,16 m
Frames c600, insulation	0,07 m
Mineralull	0,05 m
Chip board	0,017 m
Källaryttervägg	2,16 W/m²K
Concrete	0,5 m
Avskiljande vägg plan 1	2,47 W/m²K
Concrete	0,4 m
Avskiljande vägg plan 2–3	2,89 W/m²K
Concrete	0,3 m
Avskiljande vägg plan 4	2,47 W/m²K
Concrete	0,16 m
Hjärtvägg	1,19 W/m²K
Puts	0,02 m
Brick	0,375 m
Puts	0,02 m

4.4.4 Takupbyggnad

Takupbyggnaden är ordnad insidan till utsidan.

Tak gammal del	0,17 W/m²K
Gypsum	0,013 m
Chip board	0,019 m
Frames, c600, insulation	0,07 m
Mineralull	0,095 m
Chip board	0,0032 m
Air in 45 mm vent. air gap	0,17 m
Copper	0,015 m

Tak ny del	0,21 W/m²K
Concrete	0,008 m
Mineralull	0,02 m
Chip board	0,16 m
Copper	0,2 m

Takterrass	0,19 W/m²K
Mineralull	0,06 m
Concrete	0,2 m
Styrofoam frigolit	0,12 m
Sand	0,05 m
Brick	0,06 m

4.5 Fönster och glaspartier

4.5.1 Uppbyggnad

Eftersom fönstertyperna varierar har andelen fönsterram av total fönsterarea bestämts olika. Följande gäller:

Vanliga fönster: 10%

Glaspartier: 20%

Större fönsterpartier: 30%

Glasdörrar: 50%



Figur 4.3 Förtydligande vilka fönster som avses med respektive fönsterindelning. (Bilaga A:6)

Fönsterstorlekarna begränsas till ett visst antal storlekar för att simplificera modellen. Samtliga vanliga fönster på förstaplan är av samma storlek och samtliga vanliga fönster på andraplan är av samma storlek. Glaspartiernas form förenklas till rektangulära former. Glasdörrarna mätas separat och har därför individuella mått.

Utvändig solavskärmning finns på fjärde våningen mot söder och väster och appliceras på dessa fönster av typen "Generic markisolette" i modellen, vilket är en utvändig, vertikal markis. Övriga glaspartier med kontor har invändiga lamellgardiner av typen "Light, lightly woven internal drape" och appliceras på dessa fönster i modellen. De vanliga fönsterna har invändiga persienner mellan glasrutorna av typen "blinds between panes".

4.5.2 Material

Vanliga fönster, större fönsterpartier och glasdörrar anses ha samma typ av fönsterglas och kommer att refereras till som "vanliga fönster". Glaspartier kommer fortsatt benämnas som "glaspartier".

Därmed finns det alltså två sorters fönster på byggnaden, stora glaspartier samt vanliga fönster. En stor ombyggnation skedde år 1986. Enligt ritningarna tillbyggdes de stora fönsterpartierna då. Vid den okulära besiktningen noterades att dessa är tvåglasfönster. De vanliga fönsterna består av ett englasfönster som troligtvis är original. Dessa kompletterades sedan med tvåglasfönstren, troligtvis runt den stora renoveringen på 80-talet. Det yttersta englasfönstret har knappt med en isolerande effekt eftersom det finns ett stort läckage mellan glasskivan och det invändiga fönstret. Värmeledningsförmågan för glas är 1 W/mK. (Kemilärarnas resurscentrum u.å.)

Vid den okulära besiktningen noterades även att dessa yttre fönster har stora glapp mellan fönsterkarm och vägg, och är därmed väldigt otäta och möjliggör för luft rörelser. Dessutom är luftspalten mellan de gamla 1-glasfönstrena och de nyare 2-glasfönstrena väldigt stor (uppskattades till 40 mm), vilket ökar konvektionen mellan fönsterna och därmed sänker den termiska resistansen. (Werner 2015)

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

De vanliga fönsterna i basfallet kommer därför att förenklas till en modell med 2-glasfönster.

Det är svårt att avgöra egenskaperna på de befintliga fönsterna då inte kännedom finns om deras exakta modell. För att kunna uppskatta ett U-värde, g-värde och LT-värde undersöks följande källor.

Uppskattat U-värde

Förvaltaren uppskattade fönsternas U-värde till 1,8–2,5 W/Km².

BBR-krav

Eftersom fönsterna byttes ut 1985 är det rimligt att titta på krav i BBR från 1980. Där ställs ett krav på högsta U-värde på 5 W/Km². (PFS 1980)

Sveriges Tekniska Forskarinstitut

I en rapport skriven av Sveriges Tekniska Forskarinstitut presenteras en tabell med diverse fönster och deras egenskaper. Tvåglasfönster i vanligt glas uppskattas ha ett U-värde mellan 2,4–2,6 W/Km². (Fönster fukt & innemiljö 2011)

Ungefärliga U-värden W/(m ² K)	Vanligt glas	Glas med ett lågmissionsskikt		Glas med två lågmissionsskikt	
		+ luft	+ gas	+ luft	+ gas
Tvåglasfönster	2,4 - 2,6	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5	1,5 - 1,7	1,3 - 1,5
Treglasfönster	1,8 - 2,1	1,2 - 1,6	1,1 - 1,5	1,0 - 1,4	0,8 - 1,2

Figur 4.4 U-värde för tvåglasfönster samt treglasfönster beroende på glastyyp. (Fönster fukt & innemiljö 2011)

Pilkingtons beräkningsprogram

Det visar sig att källorna tyder på ett U-värde runt 2,5 W/Km². För att bekräfta rimligheten i det antagandet och för att få fram andra egenskaper för fönsterna utförs en beräkning i beräkningsprogrammet Spectrum utgivet av fönstertillverkaren Pilkington.

Ett vanligt tvåglasfönster har följande egenskaper:

- U-värde: 2,7 W/Km²
- LT-värde: 84%
- g-värde: 82%

(Pilkington Spectrum 2021)

Slutgiltigt resultat

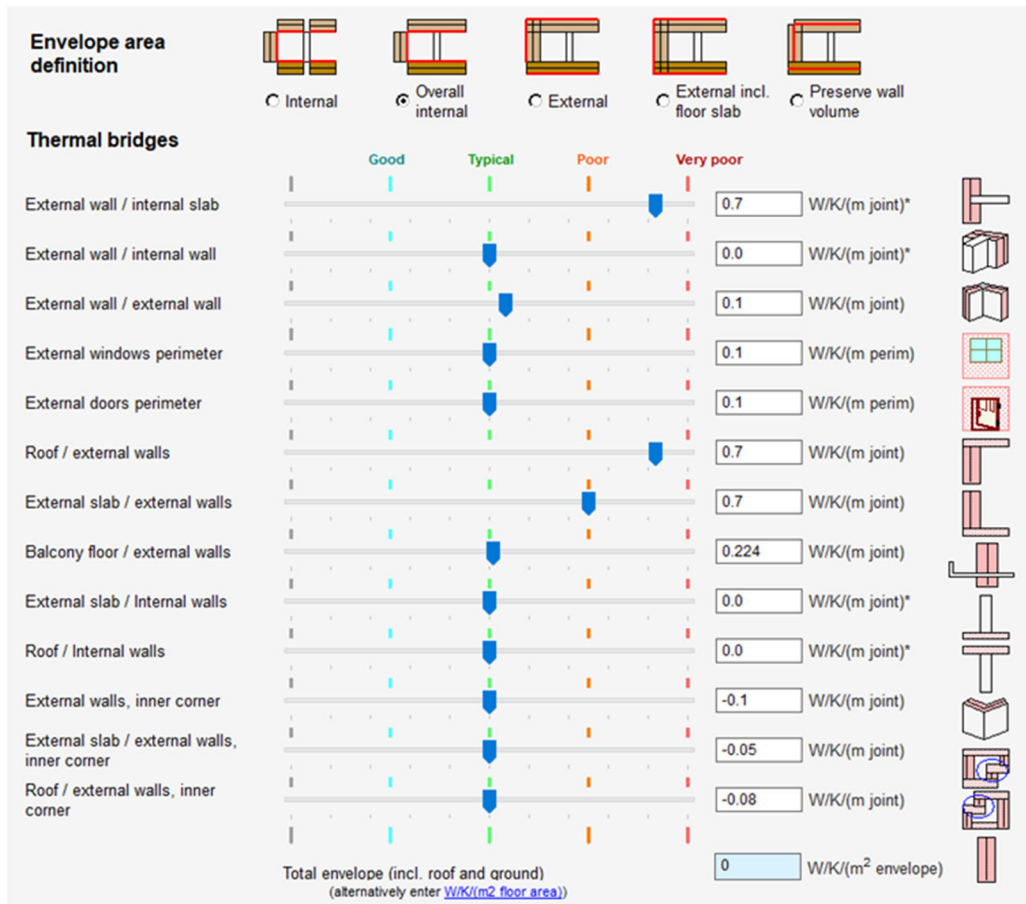
Baserat på ovannämnda källor och ett övervägande bestäms följande egenskaper för samtliga fönster och glaspartier i basfallet:

- U-värde: 2,5 W/Km²
- LT-värde: 84%
- g-värde: 82%

4.6 Köldbryggor

Att bestämma köldbryggor i en befintlig byggnad är ytterst svårt. Förekomst och placering kan antydans genom tolkning av ritningar och genom allmän kunskap om köldbryggors. De kan även upptäckas och uppskattas genom termografering.

Beräkning av en exakt värmeförlust på grund av köldbryggor är däremot väldigt svårt. Svensk Standard om köldbryggor i byggnader (2017) erbjuder förenklade metoder för att bestämma värmeflödet genom köldbryggor mellan förbindelser av olika byggnadsdelar. Denna standard används som bas i beräkningarna. För basfallet används schablonvärdena för byggnadsdelar utan isolering på väggar då detta är fallet i den studerade byggnaden i sin nuvarande form. Följande värden på köldbryggor erhålles. (SIS 2017).



Figur 4.5 Inställningar i IDA ICE för köldbryggor i byggnadens olika delar. (IDA ICE)

4.7 Lufttätet

Lufttäteten i befintliga byggnader är ytterst svår att bestämma. Ett sätt att uppskatta den är att utföra tryckprovningar i byggnaden. Då det är ett väldigt stort hus med många olika utrymmen är inte detta rimligt. Undersökningen skulle kunna reduceras till att endast provtycka ett rum, men eftersom ett rum i sig inte kan vara representativt för hela byggnaden, skulle osäkerheten i ett faktiskt värde kvarstå. Den är dessutom en väldigt heterogent uppbyggd byggnad med många olika byggnadsdelar. Istället valdes att en uppskattning skulle ske genom undersökning av värden för täthet i andra liknande byggnader.

Värdena för tätheten i byggnaden baseras på en forskning som utförts för att uppskatta lufttäteten i äldre byggnader i Sverige. I en undersökning, där 24 byggnader (därav 22

stenbyggnader) uppförda mellan år 1750 och 1929 undersöktes, visade sig att lufttät-
heten ligger på $4,8 \text{ l/sm}^2$ i genomsnitt vid en tryckskillnad på 50 Pa. (Eskola et al. 2015)
Detta valdes som utgångspunkt för byggnaden.

Tätheten är beroende av det faktiska vindtrycket i IDA ICE. Tryckkoefficienterna är
förinställda för en semi-exposed byggnad, se avsnitt 4.1 *Generella inställningar*.

4.8 Värme & kyla

Uppvärmning sker genom ett centralt värmesystem med fjärrvärme som energikälla. Ef-
fektivitet anges till 1 för att få det faktiska värmebehovet för byggnaden.

Kylning av byggnaden sker genom kylmaskiner som är placerade på taket. Dessa är el-
drivna och därmed anges elektricitet som energikälla. Effektivitet anges till 1 då det fak-
tiska kylbehovet söks. Ur Energideklarationen kan det avläsas att byggnaden tillförs
55 000 kWh fjärrkyla varje år, men eftersom i IDA ICE kan endast en typ av energikälla
väljas för kylning, väljs elkyla. Fjärrkylan används endast till ett av ventilationsaggrega-
ten, nämligen aggregat TA9/FF9. Även detta aggregat ställs in på att kylas med elkyla i
modellen.

Inomhustemperaturen är satt att hållas mellan 21-23°C.

För tappvarmvatten anges fjärrvärme som energikälla, då varmvattnet värms via det med
värmeväxlare i värmecentralen. Effektivitet anges till 1 då det faktiska värmebehovet
sökts. Energin för tappvarmvattnet kan läsas av från Energideklarationen till 11 800 kWh.
Svebys Brukarindata (2013), som är framtagen av Byggandets Kontraktskommitté
(BKK) och Sveby, tyder på samma energianvändning. Den anger ett energibehov för
tappvarmvatten på $2 \text{ kWh/m}^2 (A_{\text{temp}})$. A_{temp} i byggnaden är $5 900 \text{ m}^2$, vilket ger en total
energianvändning på 11 800 kWh. (Sveby 2013)

4.9 Ventilationssystem

Två ventilationsaggregat av typen FTX skapas i IDA ICE där ett motsvarar aggregat 9
och ett annat som motsvarar alla övriga aggregat. Detta eftersom aggregat 9 är det enda
med inbyggd plattvärmeväxlare och kommer därför sköta värmeåtervinningen mer ef-
fektivt än de övriga aggregaten. Temperaturverkningsgraden för de övriga sätts till 0,4
som det beskrivits innan, men för aggregat 9 sätts den till 0,6. SFP-talet sätts till 3
 $\text{kW}/(\text{m}^2/\text{s})$ baserat på det som nämns i avsnitt 3.3.1 *Tekniska system*. Verkningsgraden
på elmotorn ställs in på 0,6 för samtliga aggregat, i enighet med det som beskrivs i kapitel
3.3.1 *Tekniska system*.

Systemen ställs in på Constant Air Volume, CAV, då flödet är konstant.

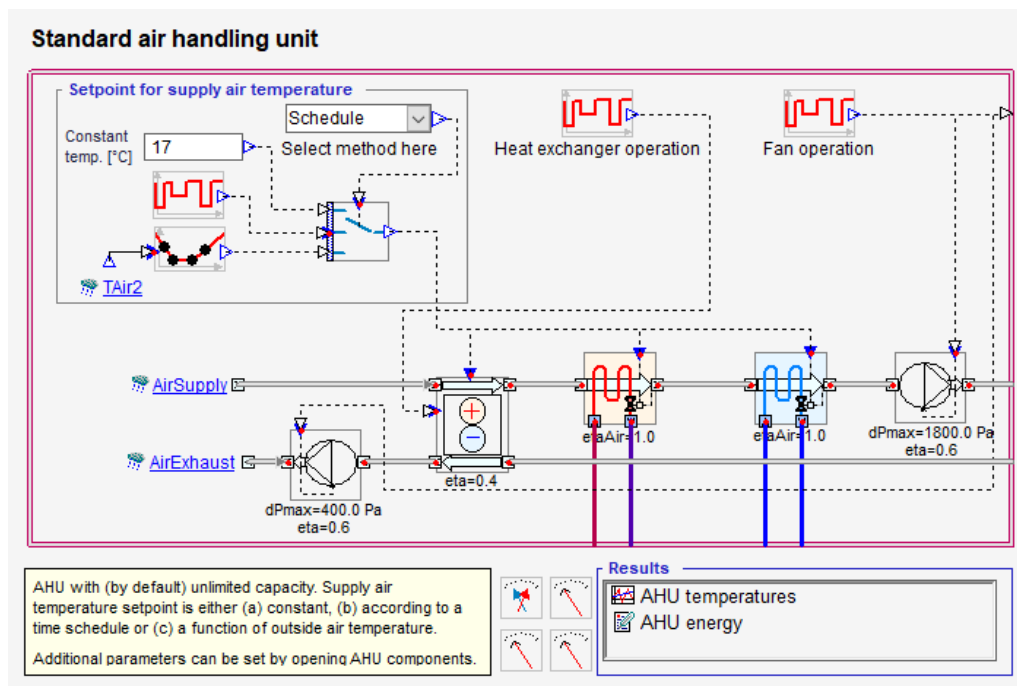
Ventilationssystemet ställs in på att vara styrt enligt schemat som beskrivs i avsnitt 3.3.1
Tekniska system.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Ventilationsflöden hämtas från den obligatoriska ventilationskontrollen som erhålls från förvaltaren. Eftersom modellen i IDA ICE är uppbyggt på ett sätt där varje zon förses av ett ventilationsaggregat kan dessa flöden appliceras direkt på de olika zonerna.

Temperaturen på tilluften styrs manuellt av förvaltaren, men eftersom ingen data kunde erhållas från förvaltaren, ställs tilluftstemperaturen in på ett konstant värde på 17°C.

Lägsta tillåtna temperatur på frånluften sätts till 1°C för att undvika risk för frostbildning.



Figur 4.6 Översikt över de beståndsdelar som finns i aggregatet. (IDA ICE)

4.10 Extra energi och förluster

Förluster i värmedistributionen, kyldistributionen och ventilationssystemet sätts till "Typical" vid simuleringen av modellen. För tappvarmvattensystemet sätts den till "very poor" på grund av de stora värmeförlusterna i det centrala tappvarmvattensystemet. Allt tappvarmvatten förses från en central punkt i byggnaden, vilket bidrar till långa distributionslinjer och stora förluster i cirkulationssystemet.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Extra energy and losses

Domestic hot water use

Average hot water use: kWh/year

[Distribution of hot water use](#)

© Uniform

[T_DHW = 55°C (incoming 5°C); find further details in [Plant](#) and Boiler; DHW can, optionally or additionally, also be defined at the zone level]

[The curve is automatically rescaled to render given average total usage]

Distribution System Losses

Domestic hot water circuit: W/(m2 floor area) % to zones*

Heat to zones: % of heat delivered by plant (incl. delivered to ideal heaters) % to zones*

Cold to zones: W/m2 floor area % to zones*

Supply air duct losses: W/m2 floor area, at dT_duct_to_zone 7 °C % to zones*

[*Share of loss deposited in zones according to floor area]

Plant Losses

Chiller idle consumption: W

Boiler idle consumption: W

Figur 4.7 Översikt över de justeringar som kan göras gällande extra energi och förluster för systemet. (IDA ICE)

Verkningsgraden av värmepump, kylmaskin och tappvarmvattenberedare sätts till 1 för att få ut det faktiska behovet. Eventuella förluster i verkningsgrad räknas alltså inte med. Det verkliga energibehovet kommer därmed vara högre än vad modellen för basfallet i IDA ICE visar.

Generator Efficiencies for Standard Plant and Ideal Heaters and Coolers

	Electric	Fuel	District
Heating	Default carrier: <input type="radio"/> Electric	<input type="radio"/> Fuel	<input checked="" type="radio"/> District
	COP: <input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Cooling	Default carrier: <input checked="" type="radio"/> Electric	<input type="radio"/> Fuel	<input type="radio"/> District
	COP (EER): <input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Domestic hot water	Default carrier: <input type="radio"/> Electric	<input type="radio"/> Fuel	<input checked="" type="radio"/> District
	COP: <input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

Figur 4.8 Effektivitet av de olika värme- och kyl- och tappvarmvattensystemen samt med vilken typ av energikälla de använder. (IDA ICE)

4.11 System parametrar

De rekommenderade förinställningarna i IDA ICE används.

4.12 Belysning

Svebys Brukarindata (2013) används för att uppskatta energibehovet för belysningen.

För kontor gäller 12 W/m^2 .

För korridorer och biutrymmen gäller 4 W/m^2 .

Dessa appliceras på zonerna beroende på om de är kontor eller korridorer. Restaurangen räknas som kontor. Schemat för belysningen följer det tidigare definierade schemat för de olika verksamheterna, se avsnitt 3.3.1 *Tekniska system*.

4.13 Personlaster

Enligt Svebys brukarindata (2013) för kontor och BEN 2 (Boverket, 2017) gäller följande:

Antal kvadratmeter per person i byggnaden: $20 \text{ m}^2/\text{person}$

Effektavgivning: 108 W per person

Antalet personer i varje zon beräknas utefter dessa förutsättningar och därmed den totala effekten per zon. Då brukarindata saknas specifikt för restauranger, uppskattas personlasterna för restaurangen vara det dubbelt så stora som för kontor.

Närvarotid för personer ställs in efter det tidigare definierade schemat, se avsnitt 3.3.1 *Tekniska system*. Närvarotiden följer även förinställningen för semesterdagar i IDA ICE, se avsnitt 4.1 *Generella inställningar*.

4.14 Utrustning

I utrustningen räknas datorer, servrar, kopieringsmaskiner, skrivare, diverse laddare och fikarum.

En dator och en laddare räknas per person. En server räknas er zon. Även eleffekten för fikarum anges per person i brukarindata. Eleffekten i varje zon som har kontorsverksamhet baseras på antalet personer som beräknats i avsnitt 4.13 Personlaster. Ingen eleffekt tillsätts korridorerna. Då det inte kan hittas någon brukarindata specifikt för restauranger, sätts eleffekten till det dubbla av effekten för kontoren med tanke på köksmaskinernas höga eleffektbehov.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

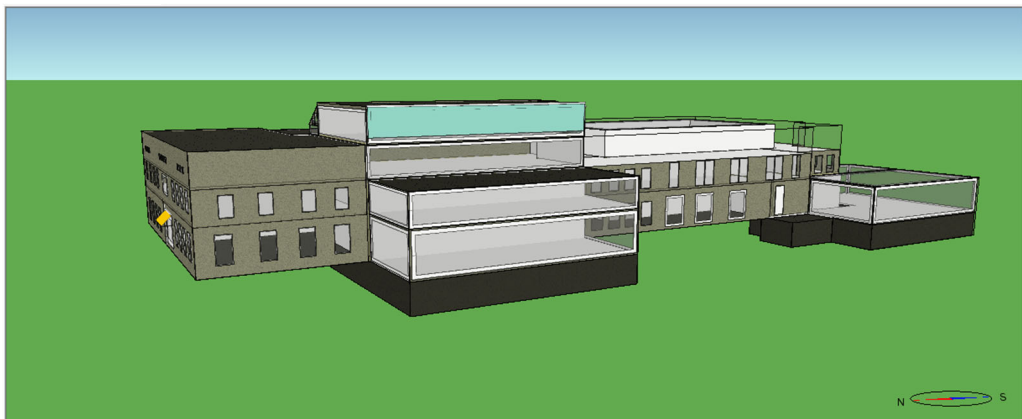
Ytterligare utökas eleffekten för varje zon med eleffekten för en skrivare respektive en kopieringsmaskin för varje kontor.

Tabell 4.2 Eleffekt och elanvändning för olika apparater i kontorsbyggnader. (Sveby 2013).

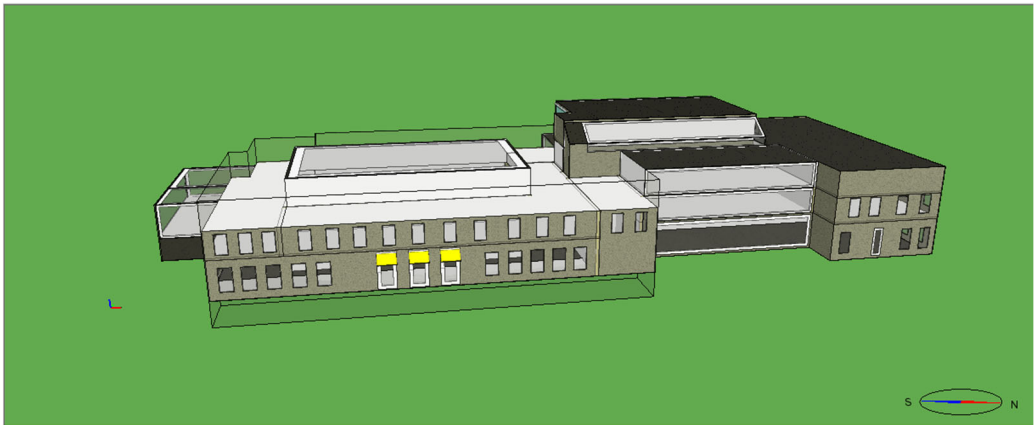
Apparat	Eleffekt och elanvändning	Anm, referens
PC stationär "vanlig" med skärm "normal drift"	125 W	Wilkins 2000, Persson 2005
Servrar	150 kWh/(år och person)	Ju större kontor desto lägre värde, Jensen 2003
Kopieringsmaskin kontorsmaskin (ej skrivbordsmaskin), en sida/minut	400 W	Wilkins 2000
Skrivare kontorsmaskin (ej skrivbords-, ej stor kontorsmaskin), en sida/minut	160 W	Wilkins 2000, Persson 2005
Fax	30 W	Wilkins 2000
Diverse laddare (telefoner m.m.)	10 W	
Fikarum/pentry	33 kWh/(år och kontorsplats) eller 20 W/kontorsplats	Drakenberg 2005

4.15 Färdig modell

När ovannämnda inställningar och uppbyggnader är gjorda är modellen klar för simulering. Nedan visas bilder på hur byggnaden ser ut rent visuellt efter färdigställandet i IDA ICE.



Figur 4.9 Vy av den studerade byggnadens västra fasad. (IDA ICE)



Figur 4.10 Vy av den studerade byggnadens östra fasad. (IDA ICE)

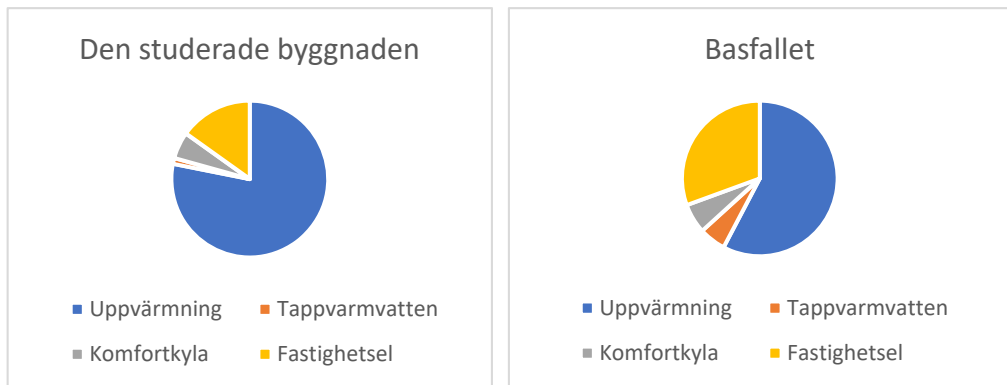
4.16 Resultat av basfall

Här jämförs först energibehovet för basfallet som byggdes upp i IDA ICE med den angivna energianvändningen för den studerade byggnaden hämtat från energideklarationen. I tabell 4.3 presenteras energibehovet för respektive post i den studerade byggnaden samt i basfallet. Energiförbehovet för basfallet visar sig vara betydligt större, som kan ha många anledningar. Det är svårt att bygga upp modellen helt i enighet med verkligheten. Utöver det är det känt att byggnaden drevs med väldigt låg kapacitet när energideklarationen utfördes, vilket betyder att värdena i den är betydligt lägre än byggnadens verkliga energianvändning vid normala förhållanden.

Tabell 4.3 Sammanfattning över energibehovet för olika poster i den studerade byggnaden respektive basfallet

Energiförbehov	Värden från energideklarationen [kWh/m ² ,år]	Basfallet [kWh/m ² ,år]
Uppvärmning	131	289
Tappvarmvatten	2	28
El för komfortkyla	9	31
Fastighetsel	25	153

Som det kan ses i figur 4.11 tar fastighetselen relativt sett en större post i basfallet än vad den gör i den faktiska byggnaden. Detta kan vara t.ex. på grund av att energideklarationen är utförd under ett år där byggnaden inte utnyttjades mycket begränsat, cirka 30% av ett normalår, och ventilationssystemet använde betydligt mindre el. Det kan också vara på grund av att ventilationssystemet antas vara väldigt ineffektivt medan den i verkligheten kanske inte är så pass dålig.

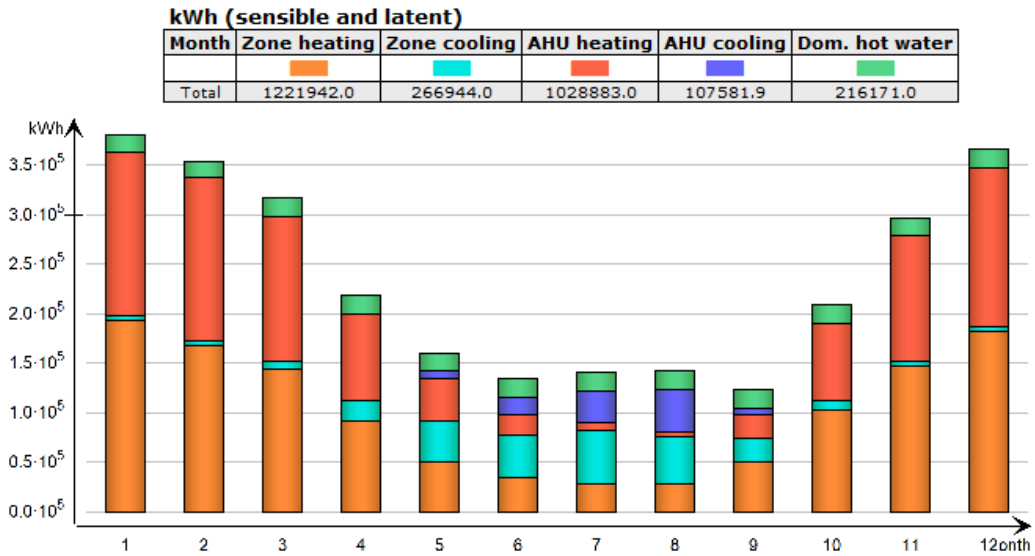


Figur 4.11 Andel av varje energipost för den studerade byggnaden och basfallet.

Resultat nedan är hämtade från IDA ICE programmet. *Zone heating* står för energibehovet för uppvärmningen av byggnaden, utöver förvärmning av tilluften i ventilationssystemet. Den innefattar uppvärmningen av vattnet till radiatorsystemet. *Zone cooling* står för energibehovet för kylningen av byggnaden, utöver förkylningen av tilluften. Eftersom det endast finns luftkonditionering i vissa av rummen och resterande kylning sker genom vädring kommer uppskattningsvis hälften av detta energibehov att räknas med i byggnadens aktivt tillförda energibehov för kylning. *AHU heating* står för förvärmningen av tilluften i ventilationssystemet och *AHU cooling* står för förkylningen av denna. *Domestic Hot Water* står för energibehovet för uppvärmningen av tappvarmvattnet.

Största energiposterna utgörs av uppvärmningen genom värmesystemet (*Zone heating*) och genom uppvärmningen av tilluften (*AHU heating*). Dessa är störst under de kalla månaderna. Energitillbehovet för uppvärmningen av tappvarmvattensystemet är ungefär samma under hela året. Energitillbehovet för kylning är självklart störst under de varma månaderna.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?



Figur 4.12 Modellens använda energi. I tabellen framgår den totala använda energin för byggnadens energikrävande delar, samt en uppdelning av den använda energin per månad. (Bilaga B:1)

I figur 4.13 kan byggnadens värmebalans avläsas. Värmeöverskottet visas som positiva poster och värmeunderskottet som negativa, summan av dessa poster blir därmed noll.

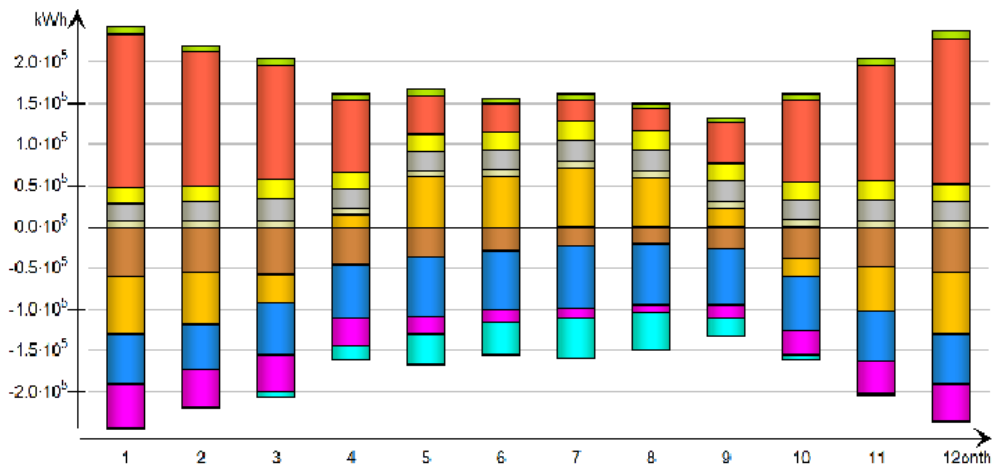
Det kan tydligt ses att under de kalla månaderna utgör köldbryggor, fönster, mekanisk tilluft och otätheter, posterna i värmeunderskottet. Detta måste kompenseras med tillförd värme. För att minska energibehovet av byggnaden bör köldbryggorna och otätheterna minskas, värmeåtervinningen i ventilationssystemet ökas och fönsternas värmeledningskoefficient minskas.

Under de varma månaderna ger fönsterna ett positivt värmetillskott, vilket då måste kompenseras med kylning. Det stora värmetillskottet genom fönsterna sker troligtvis framför allt genom glastaket över restaurangen samt ljusgården.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

kWh (sensible only)

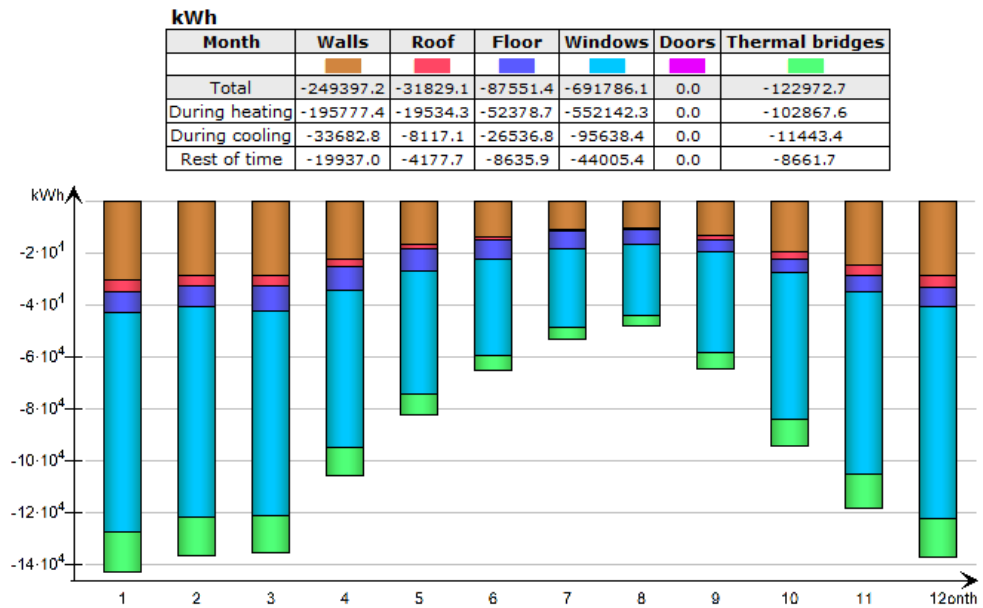
Month	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occupants	Equipment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
Total	-491752.7	-574.7	-27850.5	-789687.2	-364514.7	92184.8	286786.8	262002.8	1172695.0	-232196.9	92659.7
During heating (MIXED h)	-370542.2	143626.0	-396355.7	-557591.5	-321933.5	37203.4	120528.9	104132.2	1172683.3	0.0	67650.8
During cooling (MIXED h)	-79784.4	-152214.9	339902.8	-131216.2	-24283.9	38832.6	114935.8	111946.3	0.0	-232198.3	14512.3
Rest of time	-41426.1	8014.2	28602.4	-100879.5	-18297.3	16148.8	51322.1	45924.3	11.7	1.4	10496.6



Figur 4.13 Modellens värmebalans. I tabellen framgår den totala energibalansen efter ett år och i diagrammet framgår värmebalansen efter varje månad. (Bilaga B:2)

Figur 4.14 nedan visar hur stora transmissionsförluster som sker i byggnadens olika delar. Det är tydligt att fönsterna står för de största förlusterna. Näst kommer transmission genom väggar och sedan genom köldbryggor. Det kan alltså vara aktuellt att minska värmegenomgångskoefficienten för fönster och väggar samt minska köldbryggor. Som det kan avläsas ur figuren nedan, utgör transmissionsförluster genom tak en väldigt liten del av de sammanlagda transmissionsförlusterna. Detta är tack vare den redan existerande isoleringen på vindsbjälklaget. Eftersom relativt sett är transmissionsförlusterna betydligt större genom väggarna, kommer tilläggsisolering endast undersökas för ytterväggar.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?



Figur 4.14 Modellens transmissionsförluster. I tabellen framgår de totala transmissionsförlusterna för byggnadens olika konstruktionsdelar. I figuren framgår transmissionsförlusterna per månad. (Bilaga B:3)

5 Val av energieffektiviseringsåtgärder

I kapitel 2 *Litteraturstudie* beskrivs olika teorier och forskningsresultat som ger en vägledning till hur energieffektivisering kan uppnås på bästa sätt. Åtgärderna som kommer att appliceras på den studerade byggnaden är valda i enighet med detta. Val av åtgärder är även baserade på resultat från simulering av basfall.

1. Ändring av klimatskal

Klimatskalet omfattas av tak, grundplatta, väggar samt fönster. Som det har beskrivits i kapitel 3 *Beskrivning av studerade byggnaden* visade sig takisoleringen vara i gott skick under besiktningen. Därför kommer inga åtgärder utföras på taket. Att isolera grundplattan skulle kräva enorma resurser som inte anses vara rimliga och därför kommer inte eventuella åtgärder studeras för isolering av grundplattan. Ytterväggarna är oisolerade och är en stor negativ post i byggnadens energibalans, se avsnitt 4.16 *Resultat av basfall*. Åtgärder som tilläggsisolering av yttervägg kommer därför att undersökas. Fönsterna står för de största transmissionsförlusterna av värme och därför kommer åtgärder att undersökas för fönster.

Andra faktorer som kan påverka klimatskalet är täthet och köldbryggor. Dessa kommer att beskrivas djupare i följande kapitel.

För att arbeta mot regeringens mål gällande energieffektivisering och minskning av utsläpp av klimatgaser kommer val av isoleringsmaterial väljas utifrån dessa mål. Vidare inspiration för diverse isoleringsmaterial har hämtats från projektet HIBERatlas som har beskrivits i kapitel 2 *Litteraturstudie*.

2. Optimering av teknik

Som det beskrivits i kapitel 3 *Beskrivning av den studerade byggnaden* och avsnitt 4.16 *Resultat av basfall* finns det stora besparingspotential i att justera, anpassa och effektivisera ventilationssystemet samt värmesystemet. Åtgärder för dessa kommer att undersökas. Om belysningen i den studerade byggnaden kan läsas i kapitel 3 *Beskrivning av den studerade byggnaden*. Möjligheten för att minska elanvändningen för belysningen kommer att undersökas.

3. Mjuka åtgärder

IDA-ICE programmet sätter en begränsning på möjligheten för att simulera mjuka åtgärder och dessa kommer därmed inte appliceras på modellen eller tas med i beräkningarna. Däremot kommer eventuella åtgärder att beskrivas för att presentera vilka möjligheter det finns.

4. Ändring av energikälla

Som det nämnts i kapitel 3 *Beskrivning av den studerade byggnaden* sker uppvärmningen av den studerad byggnaden med fjärrvärme och den tillförda elen som används är grön el, alltså el som är producerad av förnyelsebara energikällor. Därmed är de främsta energikällorna som används redan miljövänliga. Ett nästa steg skulle kunna vara att övergå till lokala energikällor som solceller.

I följande avsnitt beskrivs diverse möjliga åtgärder som är intressanta vid energieffektivisering, de som sedan lämpar sig bäst för just den studerade byggnaden kommer väljas ut och användas i vidare beräkningar.

5.1 Tilläggsisolering av yttervägg

5.1.1 Lösningsförslag

För att tilläggsisolera en yttervägg kan utvändig eller invändig tilläggsisolering användas. Det är dock endast lönsamt om byggnadens ursprungliga skick är dåligt eller i samband med en större renovering eftersom investeringen är så pass stor att återbetalningstiden blir lång. (Basiri, Forsling, 2006)

Fördelen med utvändig isolering är att konstruktionen blir varm vilket gör att fukt inte riskerar att kondensera i fasaden. Nackdelen är att fasadens utsida ändras, vilket inte alltid är önskvärt om det är en historisk byggnad vars utseende ska bevaras. (Finken, et al. 2016)

En annan nackdel med utvändig isolering är att fönstersmygar blir djupare vilket kan medföra att rummen blir mörkare. (Basiri, Forsling, 2006)

Invändig tilläggsisolering påverkar inte fasadens utseende men gör att konstruktionen blir kall vilket gör att den relativa fuktnivån i väggen kan öka. Tegelväggen kan därför utsättas för fuktskador så som frostsprängning och mögelpåväxt vilket inte bör ha varit ett problem då den varit varmare. En lösning för detta är att använda en ångspärr för att stoppa fukttransport från insidan till utsidan av väggen. Risken med en ångspärr är dock att den kan skadas vid montage, vilket sänker dess förmåga att sätta stopp för fukttransporter. Den minskar heller inte risken för frostsprängning. (Finken, et al. 2016)

Vid användning av invändig tilläggsisolering är det oundvikligt att vissa köldbryggor uppstår, framförallt vid bjälklagsanslutningar. Köldbryggorna kommer minska energibesparingen och vara större för invändig tilläggsisolering jämför med utvändig om samma tjocklek på isoleringen används. Köldbryggor bidrar också till temperaturskillnader i fasad, golv och tak vilket bidrar till dålig termisk komfort och risk för nedsmutsning av invändiga ytor. Ytor vid köldbryggor kommer vara kallare än resterande invändiga ytor. Det kan därför kan uppstå ytkondensation där. Risken för ytkondensation är störst vid fönstersmygar eftersom det här är svårast med ytterligare isolering på grund

av platsbrist. Om fönsterbyte görs i samband med detta kan problemet undvikas. (Andersson 1976)

När det kommer till att tilläggsisolera tak eller vindsbjälklag finns det olika aspekter som är viktiga att ta hänsyn till. Vinden blir kallare när vindsbjälklaget tilläggsisoleras. Innan tilläggsisoleringen har mer värme passerat till vinden från inomhusklimatet, som hållit den varm. Efter tilläggsisoleringen kommer mindre värme att ta sig till vinden, vilket skapar en kallare vind. Temperaturen på vinden kommer då närmare utetemperaturen. Detta kan orsaka fuktskador eftersom kallare luft har en lägre mätnadsånghalt vilket gör att risken för kondens ökar. Det kan också leda till mögelpåväxt eftersom mögel trivs bäst i hög luftfuktighet, ca 80%. Tidigare rekommenderades ett så litet värmeläckage som möjligt, men uppfattningen har ändrats och därför bör tilläggsisoleringen max vara 300 mm för vindsbjälklag. När det gäller tilläggsisolering av varma tak är förutsättningarna ungefär samma som för ytterväggar. (Lundstedt 2008)

5.1.2 Isoleringsmaterial

5.1.2.1 Isolering utvändigt puts

Isolerande putsmaterial är ett skikt som placeras på fasadens utsida. Genom att använda en sådan puts kan energianvändningen av äldre byggnader förbättras avsevärt. För byggnader med putsad fasad kan putsen användas för att efterlikna den ursprungliga fasaden, för kulturhistoriska byggnader kan därför denna typ av lösning därför vara intressant. Eftersom den studerade byggnadens fasad bör bevaras med hänsyn till varsamhetskraven är detta en bra lösning på att öka isoleringen på byggnaden samtidigt som dess utseende bevaras. Två typer av isolerande puts kommer att presenteras.

Traditionell puts baserad på cement har en λ -värde på ungefär 1 W/mK, vilket ger en allt för låg isoleringsförmåga. Puts kan heller inte appliceras hur tjockt som helst i ett försök att kompensera för den relativt höga värmeledningsförmågan. Puts är ett poröst material och när dess porer fylls med vatten vid regn reduceras isolerförmågan ytterligare. En isolerande puts däremot definieras med ett lambda-värde på $<0,2$ W/mK enligt EN 998-1 och i de kommersiella teknikbeskrivningarna på runt 0,066 W/mK. En sådan puts kan ge ett avsevärt resultat i energibesparing, även med ett tunnare lager. (Fenoglio et al. 2018)

Aerogelbaserad isolerande puts

Aerogel är ett fast ämne som till 98% består av luftfyllda porer. De kemiska bindningarna mellan molekylerna gör att det bildas ett nätverk där porerna kan fyllas med luft. Aerogel har dock till och med en lägre värmeledningsförmåga än luft då luftmolekylerna har svårt för att ta sig fram i den komplicerade materialstrukturen. Aerogel brinner inte och fungerar utmärkt som värmeisolering. Aerogel framställdes första gången 1931 av Steven Kistler och vidare forskning har resulterat i nya material såsom aerogel-baserat isoleringsmaterial. (Nationalencyklopedin u.å.)

EMPA, ett schweiziskt forskarinstitut, har tillsammans med företaget Fixit utvecklat en aerogel-baserad isolerande puts som har funnits på marknaden sedan 2013 med det kommersiella namnet FIXIT 222. Putsen har en värmeledningsförmåga på 0,028 W/mK. På grund av sin förmåga att släppa igenom vattenånga minskar risken för mögeltillväxt.

I vissa fall kan den höga vattenångpermeabiliteten vara en riskfaktor i vissa typer av konstruktioner, men företaget har även utvecklat ett täckande material som kan appliceras för att göra ytan vattentät. FIXIT kan appliceras på väggen både för hand och även genom användning av en putsmaskin, vilket bidrar till ett traditionellt och därmed enkelt utförande då kunskapen om tekniken redan finns hos hantverkarna. Putsen kan alltså appliceras även på ojämna ytor, på hörn eller böjda byggnadsdelar i motsatsen till traditionella isoleringsmaterial i paneler. Putsen appliceras även jämnt och genomgående, vilket minskar ojämnheter och risk för otätheter samt köldbryggor enligt företaget Fixit u.å.

I forskningsartikeln *Building envelope with a new aerogel-based insulating rendering* av Ibrahim et al. (2015) undersöks genom datasimulering av en teoretisk tegelbyggnad vilken tjocklek som är den mest optimala, genom att jämföra kostnaden av materialet och vinsten på grund av energibesparingen. För Stockholm är den optimala tjockleken 32,6 mm. Eftersom detta är svårt att genomföra i verkligheten avrundas tjockleken till 33 mm.

Även ur en annan forskningsrapport (Fantucci et al. 2017) framgår det att en isolerande puts kan minska köldbryggor i en stor omfattning och även reducerar risken för mögeltillväxt avsevärt.

På KTH (Karim et al. 2020b) pågår forskning om superisolerande puts. Beräkningar visade att en energibesparing på 45–69% var möjlig genom applicering av superisolerande puts. Intervjuerna och litteraturundersökningarna som utfördes visade allmänt positiva åsikter och resultat gällande materialet. Osäkerheten ligger i att det är ett relativt nytt material, med för få referensbyggnader. En annan nackdel är det höga priset av materialet.

Ett exempel på en byggnad där FIXIT 222 har använts är byggnaden Mühle Sissach i Sissach, Schweiz. Byggnaden är från 1500-talet och sedan utökades på 1800-talet. Väggen hade ett ungefärligt U-värde på 1,1 W/m²K innan renoveringen och 0,35–0,40 W/m²K efter renoveringen. Den gamla putsen togs ner och ersattes med 50 mm av FIXIT 222. Efter att även fönsterna byttes ut och vinden isolerades med cellulosafiber, minskades byggnadens energianvändning med 60%. Renoveringen utfördes mellan 2014 och 2021, och i en studie av Ganobjak et al. från 2019 hade inga negativa konsekvenser upptäckts. Värmeledningsförmågan är 0,028 W/mK. (Ganobjak et al. 2019)

Den specifika värmekapaciteten är generellt 990 J/kgK för superisolerande putsmaterial. (Karim et al. 2020a)

Densiteten är approximativt 220 kg/m^3 . (Ganobjak et al. 2019)

Aerogelbaserad puts kostar ca 960 kr/m^2 vid en 33 mm tjock applicering. (Aerogel Applications 2018)

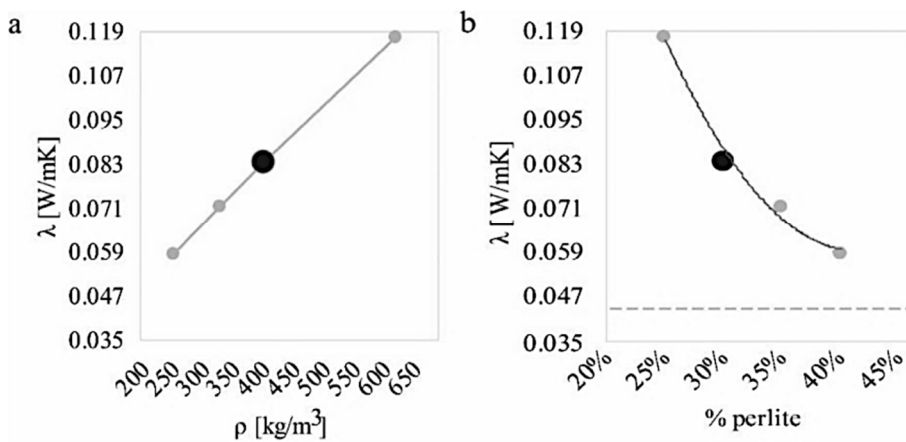
Den förväntade livslängden för kalkcement ligger på 50–100 år. Eftersom aerogelbaserad puts främst innehåller cement och kalk kommer dess livslängd uppskattas till 75 år. (Burström 1999)

Perlitebaserad isolerande puts

Genom att tillsätta perlite i putsmaterialet kan putsen få isolerande egenskaper. Mer om perlite som material kan läsas om i avsnitt 5.1.2.3 *Kapillärbrytande isolering*.

Mängden perlite som används i putsblandningen påverkar både densitet och konduktivitet.

Undersökningar visar att en tjocklek på minst 30 mm har en stor effekt på att hindra ytterväggen från att bli fuktig och minskar även risken för frostsador. (Fenoglio et al. 2018)



Figur 5.1 Hur värmekonduktivitet varierar med densitet (a) och med procentuell andel perlite i putsen (b). (Fenoglio et al. 2018)

Enligt forskningsförsöken som redovisas i den vetenskapliga artikeln *Hygrothermal and environmental performance of a perlite-based insulating plaster for the energy retrofit of buildings* av Fenoglio et al. (2018), kunde relationen mellan konduktivitet och densitet samt andel perlite av den totala massan utläsas enligt figur 5.1 ovan. För att uppnå en värmekonduktivitet på $0,083 \text{ W/mK}$ behövs 35% perlite av den totala volymen. Densiteten är då ca 350 kg/m^3 . Försöken är utförda på en 1800-talsbyggnad i Italien, där fukt-mätningar och mätningar för att undersöka värmekonduktiviteten genomfördes.

Priset ligger omkring 90,84 kr/m² vid en 30 mm tjock applicering. (Insulation Superstore u.å.)

Den specifika värmekapaciteten är generellt 990 J/kgK för superisolerande putsmaterial. (Karim et al. 2020a)

Den förväntade livslängden för kalkcement ligger på 50–100 år. Eftersom perlitebaserad puts främst innehåller cement och kalk kommer dess livslängd uppskattas till 75 år. (Burström 1999)

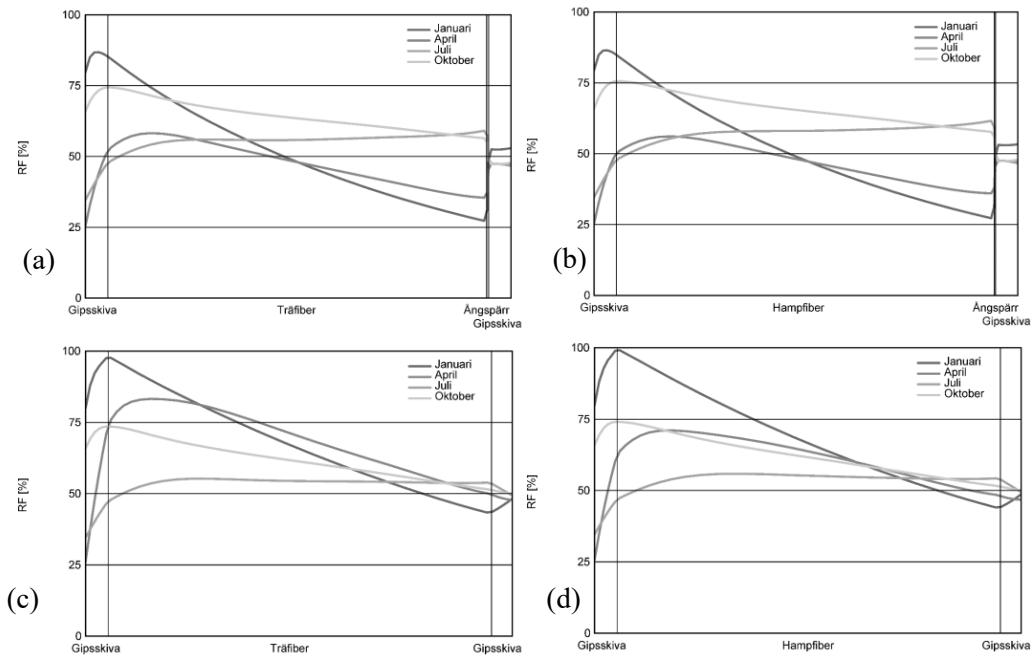
5.1.2.2 Kapillärt aktiv utvändig och invändig isolering

Istället för att använda ångspärr för att stoppa fukttransporten vid invändig isolering som nämnts tidigare kan kapillärt aktiv isolering användas. Denna typ av isolering möjliggör uttorkning mot väggens insida som är varm. Exempel på material som är kapillärt aktiva är kalciumsilikat, hampfiber och träfiber.

Problem kan dock uppstå om stommen är alltför tunn då stora mängder slagregn kan tränga in genom hela fasaden och samlas mellan vägg och isolering. För undvika detta kan fasaden behöva impregneras. (Finken, et al. 2016)

Både organiska och oorganiska material kan användas som kapillärt aktiv isolering, som exempelvis kalciumsilikat, hampfiber och träfiber. Risken med att inte ha någon ångspärr i kombination med användning av organisk isolering är att det kan leda till risk för mikrobiell påväxt. Detta uppstår när den relativa fuktigheten når 100% vilket möjliggör förekomsten av fritt vatten i konstruktionen.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?



Figur 5.2 Hur den relativa fuktigheten varierar i en yttervägg beroende på månad (januari, april, juli och oktober) och om ångspärr används, (a)-(b), eller inte, (c)-(d), för materialen hampfiber, (a) och (c), samt träfiber, (b) och (d). (Palmgren 2019)

Som det kan utläsas i figur 5.2(c)-(d), uppnås 100% RF under januari månad vid testning av hampfiber och träfiber utan ångspärr, vilket alltså kan leda till risk för fuktskador. Med ångspärr kommer inte den relativa fuktigheten förväntas överstiga 80%, se figur 5.2(a)-(b). (Palmgren 2019)

Kalciumsilikatskiva

Kalciumsilikatskiva med fuktreglerande kalkputs som ytskikt är en lösning som använts under lång tid för invändig isolering. Skivan har god ångpermeabilitet och bidrar till bättre inomhusklimat. Nackdelen med skivan är att värmeledningsförmågan är högre jämfört med andra isoleringsmaterial vilket gör att tjockleken kan behöva vara större. (Troi & Bastian 2015)

Företaget Promat tillhandahåller produkter och tjänster för att öka byggnaders brandskydd. Nedan presenteras två kalciumsilikatskivor med olika egenskaper som tillhandahålls av Promat.

Enligt Promat (2014) används Promatect-L används framför allt för brandskydd av stål i torra miljöer. Den har en låg vikt vilket gör det är enkel att montera. De anger att Promatect-H används för brandskydd av konstruktioner i fuktiga miljöer, är starkare och mer fuktstabil. Båda skivorna har högt motstånd mot mögel och skadedjur. Promatect-L

är bättre vid invändig isolering medan Promatect-H är bättre som utvändig isolering. Eftersom det endast är aktuellt med invändig tilläggsisolering kommer endast Promatect-L fortsatt att undersökas. Värmeledningsförmågan är 0,083 W/mK.

Eftersom ingen information om den specifika värmekapaciteten framkommer för Promatect-L så antas värdet vara ungefär samma som för kalcium, vilket är 624 J/kgK. (Hluchan & Pomerantz 2012)

Densiteten är ungefär 450 kg/m³ (Promat 2014)

Priset för skivan Promatect-L är 696,67 kr/m² vid tjocklek 20 mm och 848,33 vid tjocklek 25 mm. (Bejers Byggmaterial 2021)

Den förväntade livslängden är 25 år. (SundaHus 2015)

Träfiberisolering

Träfiberisolering består av träfiber som oftast kommer från träslaget gran. Träflisen är en restprodukt från sågverk. Isoleringen är formade som skivor och har en låg densitet vilket gör materialet lätthanterligt. Träfiberisolering har goda hydrologiska egenskaper som kan vara till fördel i vissa konstruktionstyper. Om en ång- och vattentät konstruktionsdel önskas monteras ångspärr i samband med installationen av träfiberisoleringen. (Hunton u.å.)

Värmeledningsförmågan är $\lambda = 0,038$ W/mK

Den specifika värmekapaciteten är 2100 J/kgK. (Palmgren 2019)

Densiteten är 50 kg/m² (Hunton u.å.)

Priset ligger på 49,50 kr/m² för en skiva med tjocklek 45 mm och 245 kr/m² för en skiva som är 220 mm tjock. (Bauhaus u.å.)

Den förväntade livslängden är 50 år. (Grey 2013)

Hampa

Det finns olika sorters isolering gjord på hampa, såsom filter, skivor eller block. Enligt Ekolution (2015) som tillverkar hampaprodukter är fördelarna med hampabaserad isolering är att den är fullständigt återvinningsbar, irriterar inte luftvägarna, innehåller inga farliga ämnen, är motståndig mot mögel, har bra termisk och akustisk isoleringsförmåga och relativt lite energi krävs för framställningen. Nackdelen med isoleringen är att den är känslig för fukt. Dess isoleringsförmåga minskas avsevärt med stigande fuktigheten. Därför bör konstruktionen förses med ångspärr för att minska dessa risker. Det går även

att höja motståndet mot brand genom att addera ammoniumfosfat eller natrium. Generellt är hampa ett miljövänligt material då inga bekämpningsmedel krävs vid odlingen då hampaplantan är mycket stark och sällan utsätts för sjukdomar.

- Värmeledningsförmågan är 0,04 W/mK.
- Den specifika värmekapaciteten är 2300 J/kgK.
- Densiteten är $35 \pm 5 \text{ kg/m}^3$.
- Hampaisolering finns i olika dimensioner, allt mellan 45–220 mm.

(Ekolution 2015)

Priset för en hampaisoleringsskiva är mellan 15–20 dollar/m², vilket motsvarar ungefär 180–240 kr/m². Medelpriset baserat på detta blir 210 kr m². (Insulation Info 2021)

Den förväntade livslängden är 62 år. (Slöjd & Byggnadsvård 2017)

Hampakalk

Balksten & Strandberg-de Brujin (2019) har studerat hampakalk. Hampakalk började användas som byggnadsmaterial på 1990-talet i Frankrike. Det har sedan dess blivit allt vanligare att använda både i och utanför Europa. Materialet består av hampans vedämnen som blandas med torrsläckt kalk och vatten, ibland även andra tillsatsmedel. Egenskaperna beror på mängden hampa i förhållande till kalk, samt vilka tillsatsmedel som används. Hampakalk har generellt sett en låg tryckhållfasthet. Materialet har låg miljöpåverkan eftersom det till stor del består av organiskt material som också är en förnybar råvara.

Hampakalkens egenskaper beror på förhållandet mellan hampa och kalk i blandningen. Med förhållandet 4:1 blir densiteten 298 kg/m³ och värmekonduktiviteten 0,1 W/mK vid 65% RF. Vid förhållandet 2,5:1 blir densiteten istället 395 kg/m³ och konduktiviteten 0,12 W/mK. Det är dock viktigt att komma ihåg att värmekonduktiviteten varierar med den relativa fuktigheten. Eftersom förhållandet 4:1 både har lägre densitet och konduktivitet och är därför mest fördelaktig.

Hampakalk används främst för utvändigt isolering och påverkar därför byggnadens gestaltning. På grund av varsamhetskraven för den studerade byggnaden kommer därför inte hampakalk att vidare undersökas som ett alternativ.

Hampakalk levereras oftast som prefabricerade paneler vilket gör att offert behöver efterfrågas för att få ett pris.

5.1.2.3 Kapillärbrytande invändig isolering

Kapillärbrytande isolering är sådan isolering som är vattenavvisande och suger därför inte upp vatten i vätskefas. Det betyder att inga fukttransporter sker i ett sådant material. (Rockwool u.å.)

Perlite

Troi & Bastian (2015) redovisar egenskaper för Perlite, som är ett isoleringsmaterial gjort av vulkansten som under höga temperaturer expanderar och skapar små luftporer. Materialet har en hög värmeisolerande förmåga samtidigt som det har en hög bärförmåga. Den höga bärförmågan beror på det är ett oorganiskt material och kan därför inte brytas ner eller komprimeras. På grund av sitt vulkaniska ursprung är det också ett brandsäkert material. Ur ett miljöperspektiv är perlite ett intressant alternativ eftersom både energianvändningen och koldioxidutsläppen är låga under tillverkningens gång.

Perlite tillverkas som små kulor, men kan också sammansättas till en skiva med hjälp av bindemedel. Materialet är ånggenomsläppligt och tillåter fukttransport vid hög fuktighet, samt måttlig fuktlagring. Detta innebär att perlite är bra på att hantera fukt i ångform men om fukten kondenserar mellan yttre väggen och isoleringen så kommer inte vattnet att sugas upp eftersom perlite är kapillärbrytande.

Den förväntade livslängden för isoleringen i perliteskivor är 50 år. (EOTA 2018).

Skiktet är kapillärbrytande upp till 6 cm. (Perlite u.å.)

Från offert av Sto Scandinavia AB tillhandahålls följande tekniska data om deras perliteskivor:

Värmeledningsförmågan är 0,055 W/mK. Den specifika värmekapaciteten kunde inte hittas för perliteskivor och därför antas samma värde som för perliteputs, nämligen 990 J/kgK. Densiteten är ungefär 150 kg/m³.

Perliteskivor av Sto Scandinavia AB säljs i tjocklekar mellan 50–160 mm. Kostnaden för skivor i 50 mm tjocklek är 214,31 kr/m².

Mineralull

Mineralull är samlingsnamnet för både glasull och stenull. Skillnaden är huruvida råvaran är glas eller sten. Tillverkningen sker genom att råvaran smälts och spinns till tunna trådar som sedan binds samman med bindemedel och härddas vid hög temperatur.

Glasull används som isolering mellan trä- och stålreglar på grund av sin mjuka karaktär, låga vikt och god hållfasthet. Isoleringen ISOVER UNI-skiva 35, tillverkad av Isover

Saint-Gobain, är lämpad för att användas mellan träreglar, träbalkar och takstolar. Dess värmekonduktivitet är 0,035 W/mK. (Isover Saint-Gobain, 2021b)

Tjockleken på en sådan skiva varierar mellan 45 mm upp till 220 mm. Som tilläggsisolering är det rimligt att undersöka tjocklekar upp till ca 120 mm. Priset varierar då mellan 35,90 kr/m² för 45 mm och 89 kr/m² för 120 mm. (Beijers Byggmaterial, 2021)

Stenull lämpar sig bäst som brand- och värmeisolering. Som jämförelse används produkt ISOVER Brand/Lastskiva 140. Denna skiva har nästan 10 gånger så hög densitet men ungefär samma värmekonduktivitet som UNI-skiva 35. Den högsta användningstemperaturen är 150°C men om isoleringen inte bär någon last klarar den uppemot 700°C. (Isover Saint-Gobain, 2021c)

Mineralull kan inte appliceras som utvändigt isolering på den studerade byggnaden på grund av att fasadens karaktär ska bevaras. Mineralull brukar installeras mellan regler som invändigt isolering. Eftersom den studerade byggnaden har massiva ytterväggar, kan inte detta utföras. Nya regler hade kunnat byggas på insidan av väggarna, men det blir ett väldigt stort och komplicerat projekt, och dessutom hade en stor yta av rummet försvunnit vid en sådan lösning. Därför utesluts mineralull för vidare undersökning i denna rapport.

5.1.3 Sammanställning

Nedan redovisas en sammanfattning av materialen som undersökts, med dess konduktivitet (λ), densitet (ρ), specifika värmekapacitet (c_p), pris och placering. Om det är aktuellt att använda materialet som tilläggsisolering i den studerade byggnaden eller inte baseras på tidigare nämnd information.

Tabell 5.1 Sammanställning av de olika tilläggsisoleringsmaterialen, med respektive värmekapacitet, pris, placering och om materialet är aktuellt för studerade byggnaden eller inte.

Material	λ [W/mK]	Pris [kr/m ²]	Placering	Aktuellt för den studerade byggnaden
Aerogelbaserad puts	0,028	960	Utvändig	Ja
Perlitebaserad puts	0,083	113,55	Utvändig	Ja
Träfiberisolering	0,038	49,95–245*	Invändig	Ja
Kalciumsilikat-skiva	0,083	696,67–848,33*	Invändig	Ja
Hampaisolering	0,04	180–240*	Invändig/utvändig	Ja
Hampakalk	0,1	-	Utvändig	Nej
Perliteskiva	0,055	434,31–903,33*	Invändig	Ja
Mineralull	0,035	35,90–89*	Invändig/utvändig	Nej

* pris varierar med tjocklek

5.1.4 Val av tilläggsisoleringsmaterial

Följande material har valts att användas som tilläggsisolering. Med tanke på varsamhetskraven är det endast isolerande puts som är aktuell för utvändig isolering. Ytterväggarna består av massiv tegelstomme och därför utesluts isolering som kräver en regelstomme. Invändig isolering som är relevant är alltså isolering som appliceras i skivor. Skivorna varierar i tjocklek, varvid endast de smalaste dimensionerna kommer att undersökas eftersom de är minst utrymmeskrävande vilket prioriteras. Även livslängden uppskattas för varje material för att sedan kunna beräkna den ekonomiska lönsamheten.

De minsta tjockleksdimensionerna för varje material som väljs används som invändig tilläggsisolering, eftersom de minskar den totala rumsarean samt att väggen då värms något av inomhustemperaturen vilket gör att den har en något högre temperatur än utomhusluften. Om en tjockare isolering väljs ökar risken för kondensation i väggkonstruktionen.

För den utvändiga isoleringen väljs den tjocklek som tidigare angetts vara den optimala.

Tabell 5.2 Sammanställning av de valda tilläggsisoleringsmaterialen med värmekonduktivitet, densitet, specifik värmekapacitet, pris, tjocklek, värmemotstånd och förväntad livslängd.

Material	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/kg*K]	Pris [kr/m ²]	Tjocklek, d [mm]	R = d/ λ [m ² K/W]	Förväntad livslängd [år]
Aerogelbaserad puts	0,028	220	990	960	33	1,18	75
Perlitebaserad puts	0,083	350	990	90,84	30	0,36	75
Träfiberisolering	0,038	50	2100	37,76	45	1,18	50
Kalciumsilikat-skiva	0,083	450	624	468	20	0,24	25
Hampaisolering	0,04	35	2300	180	45	1,13	62
Perliteskiva	0,055	150	990	214,31	50	0,91	50

5.2 Fönsterbyte

Eftersom fönsterna i den studerade byggnaden är i tillräckligt gott skick för att uppfylla det nuvarande behovet, blir hela projekten att byta fönster en energieffektiv åtgärd.

I rapporten *"Fönsterfysik och energitransport genom fönster"* (2011) skriver Helena Bülow-Hübe, forskare på Lunds Tekniska Högskola, att när ett fönsters energieffektivitet ska bestämmas är det tre olika parametrar som ska övervägas, U-värdet, g-värdet och LT-värdet på fönstret. Ju lägre U-värde, desto mindre värme kommer att passera genom fönstret. Ett fönster med ett lågt U-värde kommer alltså att bidra till mindre energiförluster när det är kallt ute. Ju högre g-värde, desto mer passiv solvärme kan byggnaden ta vara på, vilket är önskvärt på vintern, men kan leda till ett för stort kylbehov på sommaren. Ett högt LT-värde innebär att fönstret släpper igenom mycket solenergi i form av

Ljus. Ett högt LT-värde är att sträva efter i bostäder för att skapa en miljö rikt på naturligt ljus, men detta kan orsaka bländning i kontor och vara till en nackdel, speciellt där datorarbete utförs.

Fönsterna i den studerade byggnaden är i rätt gott skick, men deras U-värde uppskattades vara för låga jämfört med dagens standard. Enligt BBR ska ett U-värde på 1,2 W/Km² eftersträvas på fönster. (Boverket 2011) Som det redan nämnts i avnitt 4.16 *Resultat av basfall* sker 58% av transmissionsförlusterna genom byggnadens fönster. Därför kommer fönster med hög termisk motstånd att väljas. I avsnittet nämns även att under kylningssäsongen sker det ett stort energitillskott genom fönsterna. På de stora glaspartierna på taket kommer därför fönster med lågt g-värde att väljas, eftersom det är i dessa zoner som temperaturerna är som högst.

Beräkningsprogrammet från glastillverkaren Pilkington används för att få fram fönster-
nas egenskaper. (Pilkington 2021)

Tabell 5.3 Sammanställning av U-värde, LT-värde och g-värde för fönster med hög termisk isolering respektive låg solenergitransmission. (Pilkington 2021)

Fönstertyp	U-värde [W/K*m ²]	LT-värde [%]	g-värde [%]
Fönster med hög termisk isolering	1,1	71	64
Fönster med låg solenergitransmission	0,8	28	17

Fönster generellt förväntas bytas efter 40 år. (H.Hedin u.å.)

Enligt Basiri & Forsling (2006) medför åtgärden minskad risk för kallras och ökad termisk komfort inomhus. Att endast byta fönster i energibesparingssyfte leder till lång återbetalningstid eftersom investeringen då blir så pass stor att det tar lång tid att kompensera för det genom energibesparingen som bytet ger. Det beror dock på vilket typ av byggnad som undersöks samt hur stor del av fasaden som utgörs av fönster. Det kan därför vara till fördel att genomföra åtgärden i samband med en större renovering eller om ursprungsläget är så pass dåligt att det ändå är ett intressant alternativ. Risker med fönsterbyte till bättre U-värde är att kondens kan uppstå på fönstrets utsida då denne förblir kallare när fönsterglasets värmegenomgångskoefficient sänks. Enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) förblir däremot fönsterglasets insida varmare, vilket minskar risken för strålningsdrag, kallras samt risken för kondens på insida fönster. Det är också viktigt att vara medveten om att bytet förändrar byggnadens utseende, vilket inte alltid är önskvärt.

5.3 Solavskärmning

Eftersom solavskärmning inte kommer ingå i renoveringen av den studerad byggnaden så är hela installationen av solavskärmning en energieffektiv åtgärd.

Utvändig solavskärmning är att föredra framför invändig. Invändig solavskärmning låter solenergin ta sig in genom fönstret som fortsatt kommer att värma rummet. Utvändig solavskärmning kommer däremot hindra solenergin redan framför fönstret, vilket leder till att rummet inte kommer att värmas i samma utsträckning. Det är dock mer kapitalkrävande med utvändig jämfört med invändig solavskärmning. Effekten av solavskärmning blir att energibehovet för komfortkyla minskar samt att inomhusklimatet sommartid blir bättre.



Figur 5.3 Vertikalmarkiser. (Markisfakta u.å.)

Är det en rörlig solavskärmning bör den förses med automatik för att fungera så effektivt som möjligt. Utan automatik finns risken att exempelvis hyresgästen inte drar ner markisen vilket leder till större värmelaster. Kylanläggningen kommer då behöva kompensera för den tillförda värmen vilket ger en ökad energiåtgång.

Samtidigt är det viktigt att inte alltför mycket ljus avskärmas, som skulle öka användningen av belysning. Utvändig solavskärmning kan också kräva bygglov. (Basiri & Forsling 2006)

I stället för att ha olika lösningar kommer samma typ av solavskärmning användas på samtliga glaspartier. Det inkluderar restaurangdelens stora glaspartier som inte har någon solavskärmning, och glastaket över ljusschaktet. Glastaket över ljussgården kommer inte ha solavskärmning eftersom taket är så stort och vitsen med glastaket är att kunna se ut och få in ljus.

Värmelasterna är dock stora, vilket kompenseras med bättre g-värde som presenterats i avsnitt 5.2 *Fönsterbyte*.

En vertikalmarkis antas kosta ungefär 2000 kr/m² vilket inkluderar montage och extra 500 kr/m² för elinstallation eftersom markisen är eldriven. Priserna är baserade på rådgivning av Persienn Experten.

Livslängden för markiser för normalanvändning är ungefär 20–25 år. (Markisfakta u.å.)

5.4 Tappvarmvattensystem

Värmeväxlaren i värmecentralen är föråldrad samt ineffektiv och är därför planerad att bytas av fastighetsägaren. Därmed kommer ej vidare undersökningar utföras på värmeväxlaren. Radiatorsystemet kommer heller inte undersökas som en energieffektiviseringsåtgärd eftersom den bedömdes vara i gott skick av driftteknikern.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

I den studerade byggnaden är det först och främst kontorsverksamhet, vilket innebär att användningen av tappvarmvattnet är relativt lågt jämfört med ett bostadshus. Den studerade byggnaden är dessutom en stor byggnad, ca 5900 m² fördelat på främst två våningar, och mycket av tappvarmvattenenergin förloras i distributionssystemet. Det centraliserade systemet skulle kunna ersättas av ett decentraliserat system med varmvattenberedare som värmer vattnet lokalt där behovet finns. Tappvarmvatten till restaurangen, vattnet till radiatorerna och värmning av värmebatterierna till ventilations-systemet kommer fortsatt tillföras värme i värmecentralen.

En varmvattenberedare drivs elektriskt och värmer upp kallvatten till den förinställda temperaturen som valts, vilket bör vara minst 60°C för att förhindra risk för legionella i det stillastående vattnet. Det värmda vattnet lagras i beredaren och när en viss mängd har använts fylls beredaren med nytt kallvatten som värms. Värmningen kan ta några timmar, beroende på storlek på beredaren, men jämfört med exempelvis fjärrvärmväxlare är effekten betydligt lägre. Nackdelen är att elpriset är betydligt mycket dyrare än priset för fjärrvärme vilket ger ökade kostnader, men eftersom mängden energi som används blir mindre, pga. minskade distributionsförluster så är det troligen fortsatt ett lönsamt alternativ.

Medellivslängden för varmvattenberedare är mellan 20–25 år, men efter ca 15 kan elpatronen behöva bytas. (Termens 2017)

Det finns flera storlekar att välja mellan, vilket också påverkar effekten. Nedan följer beräkning av volymbehovet för varje zon, med antagande att varje zon har en varmvattenberedare och att beredaren värmer hela volymen två gånger per dag. Enligt Svebys Brukarindata Kontor används 0,1 l/s vatten och sker två gånger per dag i 60 sekunder per person. Detta ger en mängd på 104,7 l per dag som varje varmvattenberedare måste klara, se beräkning nedan.

Användning	0,1	l/s
Användning/dag	2,0	ggr
Tid	60,0	s
Personer	366,6	pers
<hr/>		
Total mängd vatten	4399,2	l
<hr/>		
Mängd vatten/zon	209,5	l
<hr/>		
Värmning två ggr/dag	104,7	l

Det finns olika storlekar och modeller att välja mellan, produkter från Nibe. Den produkt som passar till kontorsbyggnad och som hade lägst pris men fortsatt energieffektiv heter NIBE ES med total volym på 160 l. Produkten kostar 6966 kr/st exkl. moms. (Nibe 2021)

Tabell 5.4 Teknisk information om varmvattenberedaren Nibe ES 160. (Nibe 2021)

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Supplier name	NIBE	
Model	ES 24 -160	
Declared load profile	XL	
Water heating energy efficiency class	C	
Water heating energy efficiency	39	%
Daily electricity consumption, Qelec	19,50	kWh
Annual electricity consumption average climate, AEC	4268	kWh
Thermostat temperature settings	60	°C
Sound power level L_{WA} indoors	15	dB
Mixed water of 40 °C, V40	225	l

Värmeförlusterna beräknas baserat på värden hämtade från föreläsningen *Energieffektiva Tappvarmvattensystem i Lokaler* gjord av Josep Termens, CIT Energy Management, Belok, 2017. För en värmeberedare i storlek 100 l är värmeförlusterna 340 kWh/år, och för en beredare med 300 l är förlusterna 900 kWh/år. Genom interpolering betyder det att för en beredare i storlek 160 l blir förlusterna följande:

$$\text{Förlust}_{160} = \frac{900-340}{200} * 60 + 340 = 508 \text{ kWh/år}$$

5.5 Ventilationssystem

Genom byte av ventilationssystem kan en stor energieffektivisering göras eftersom systemet utgör en så stor del av energianvändningen för fastigheten. Eftersom byggnaden kommer renoveras behöver det befintliga kanalsystemet bytas, men eftersom det inte är en energieffektiv åtgärd kommer inte kanalbytet att ingå i åtgärden ventilationssystem utan endast byte av aggregat.

Basfallet från IDA-ICE modellen visar att det nuvarande ventilationssystemet utnyttjar 1 192 857 kWh el till fläktarna, se bilaga B:1. Enligt Energimyndigheten bör kontor byggda år 1990 utnyttja 12 kWh/m² el till fläkt, vilket skulle motsvara 93 324 kWh för vår modell. (Energimyndigheten 2010) Från den Obligatoriska Ventilationskontrollen kan det även avläsas att ventilationsflödet är ca 3 l/sm² i byggnaden idag. När flödena beräknas enligt Folkhälsomyndighetens krav på ventilationsflöde, alltså 7 l/s och person + 0,35 l/s per m² golvarea, blir ventilationsflödet 0,72 l/s,m² i stället. (Folkhälsomyndigheten 2020) Detta tyder på att ventilationssystemet är väldigt ineffektivt och arbetar med allt för stora flöden.

Då ventilationssystemet är föråldrat, kommer aggregaten att bytas ut till nya effektivare. Det finns i nuläget 9 aggregat och dessa kommer att bytas ut till ett mindre antal aggregat. Till- och frånluftflödena är så pass stora att ett enda aggregat skulle ta upp allt för stort utrymme i byggnaden. Därför delas ventilationssystemet upp i fyra aggregat. Byggnaden delades upp i områden så att ett aggregat förser en typ av verksamhet samt en viss del av

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

byggnaden. Detta på grund av att det är mer praktiskt att bygga ut ett ventilationssystem för utrymmen som ligger nära varandra, och för att utrymmena som förses av samma aggregat ska vara vända åt samma väderstreck och ha liknande behov. Aggregat 1 förser hela restaurangdelen samt tillhörande källare. Aggregat 2 förser ljusgården, ljusschaktet, bankkontoret och resebyrån på plan 1, de sydostliga kontoren på plan 2 samt trapphuset som även går ner till källaren. Aggregat 3 och 4 förser västra kontoren och Stora Börssalen på plan 1, kontoren som ligger ovanför på plan 2–3 och kontoren på plan 4, samt källaren under Stora Börssalen. Aggregat 5 förser försäljningslokalerna på plan 1 och de norra kontoren på plan 1–3.

För att få kännedom om olika aggregat har Swegon kontaktats. SFP-tal och värmeåtervinning kunde själv väljas, varför SFP i förfrågan valdes till 1,6 kW/(m³/s) baserat på tabell 5.3 nedan och värmeåtervinningen valdes till 80%.

Tabell 5.5 Värden som ska eftersträvas på SFP. (SBUF 2005)

	SFP, [kW/(m ³ /s)]
Från- och tilluft med värmeåtervinning	1,5
Från- och tilluft utan värmeåtervinning	1,1
Från- och tilluft med värmeåtervinning och kyla	1,6
Frånluft med återvinning	0,75
Frånluft	0,5

Via kontakt med Swegon har aggregat av typen GOLD F RX föreslagits med roterande värmeväxlare. Genom konsultation med Swegon har ett av flödena som föreslagits visat sig vara för stort och delades därför in i två mindre flöden betjänat av två separata aggregat. På så sätt blev det 5 aggregat i slutändan. I tabellen nedan presenteras de fem aggregat som Swegon föreslår. Värmeåtervinningen uppfyller de krav som satts upp förutom för aggregat 1. Värmeväxlingsgraden, effektivitet VX, räknas för tilluftens torra temperaturverkningsgrad (sommar- och vintertid). Effektiviteten för den genomsnittliga temperaturverkningsgraden under ett år är samma för både tilluft- och frånluftselmottorn. Den tekniska livslängden för GOLD F RX är 25 år.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 5.6 Flöden, SFP-tal, effektivitet förelmotorn för tilluften (TL) och frånluften (FL) och effektivitet för värmeväxlingsgraden (VX) samt pris för de fem olika aggregat som föreslagits av Swegon.

Aggregat	1	2	3	4	5	Enhet
Flöde, TL	4,8	3,1	6,4	6,4	2,4	m ³ /s
Flöde, FL	3,1	3,5	6,6	6,6	2,4	m ³ /s
SFP, TL	0,93	0,73	0,68	0,68	0,69	kW/(m ³ /s)
SFP, FL	0,81	0,65	0,62	0,62	0,57	kW/(m ³ /s)
Effektivitet, TL	65,2	69,2	69,2	69,2	65,2	%
Effektivitet, FL	65,2	69,2	69,2	69,2	65,2	%
Effektivitet, VX	59,7	80,7	84,8	84,8	83,1	%
Pris	366 000	267 000	632 000	632 000	221 000	kr/st

Totalt kostar aggregaten 2 118 000 kr.

5.6 Belysning

I den studerade byggnaden är viss belysning bytt till LED-lampor men majoriteten är glödlampor, vilket även nämnts i avsnitt 3.2.1 *Tekniska system* från den okulära besiktningen.

Basiri & Forsling (2006) har sammanställt erfarenheter av energieffektivisering och tar bland annat upp aspekter kring belysning. Traditionella glödlampor och lysrör har i allmänhet en dålig effektgrad, där endast en liten del av den tillförda effekten omvandlas till ljus, medan resterande delen avges som värme. På grund av det stora effektbehovet för att kunna ha rätt ljusnivå i rummet ökar därför kylbehovet sommartid. Lågenergilampor ger däremot bättre ljusutbyte med en lägre värmeavgivning. Även om lågenergilampor är dyrare har de en längre livslängd och bidrar med stor energibesparing. Dock kommer värmebehovet öka eftersom de traditionella lamporna tidigare bidragit med sin värmeavgivning. Utvändigt belysning ger störst energibesparing att byta eftersom värmeavgivningen inte bidrar till minskat värmebehov. Nackdelar med lågenergilampor och är att de innehåller miljöfarliga ämnen vilket sätter högre krav på avfallshanteringen.

Genom att använda belysningsautomatik kan belysningen ställas in på att endast vara i drift under en viss tid på dygnet. Det kan antingen göras genom tidsscheman eller att använda närvarodetektorer. På så vis kan stor energianvändning sparas och ger ett lägre bytesintervall av de installerade ljuskällorna. Det är viktigt att automatiken genomförs så att hyresgästernas behov fortfarande tillgodoses och att det inte bidrar till otrygghet under årets mörka perioder.

En omställning från glödlampor till energieffektiva LED-lampor kommer att undersökas. En traditionell glödlampa kan ha upp till 15 gånger högre effekt än en LED-lampa. (Energimyndigheten 2021)

Samtliga lampor som finns i IDA ICE modellen har en effekt på 100 W och dessa ska bytas till LED-lampor med en effekt på 12,5 W, samtidigt som ljusstyrkan behålls till 1200 lumen.

En LED-lampa kostar ungefär 52 kr styck. (Lampor Nu 2021)

5.7 Indirekta åtgärder

5.7.1 Täthet

I BBR anges inget specifikt krav på lufttäthet, bara att byggnadens klimatskiljande delar ska ha en så god lufttäthet som möjligt. (Boverket 2014)

Kravspecifikation för Passivhus enligt FEBY anger ett maximalt uppmätt värde för luftläckage genom klimatskalet till 0,3 l/s,m² vid en tryckdifferens på 50 Pa.

Wahlgren (2010) redovisar att konsekvenserna av en för låg lufttäthet kan vara följande:

- Ventilationsgraden ökar, framfört allt när det blåser, vilket i sin tur ökar energianvändningen
- Om luften blåser in i isoleringen kommer dess värmeisolerande förmåga minska
- Värmeförlust i form av att den varma luften passerar genom otätheter i stället för att passera i värmväxlaren
- Låg lufttäthet ökar riskerna för fuktskador. När inneluften passerar genom otätheterna kyls denne av vilket kan leda till kondens i byggnadskonstruktionen
- Den termiska komforten minskar vid otätheter där utomhusluften läcker in. Drag och nedkylda ytor kan uppstå.
- Luftkvaliteten i byggnaden kan också påverkas om utomhusluften passerar genom otätheter i stället för tillförsel via ventilationssystemet eftersom luften då inte filteras från partiklar, såsom pollen.

Lufttätheten kan ökas genom:

- Tätning runt befintliga fönster och dörrar
- Byte av fönster och dörrar
- Tilläggsisolering utvändigt
- Tätning i anslutningar för installationer

Att uppskatta ett värde på hur mycket luftflödet kommer att ändras tack vare de diverse åtgärderna är ytterst svårt och därför kommer inte detta att räknas med i simuleringen av de olika åtgärderna.

5.7.2 Köldbryggor

Köldbryggor uppstår vid lokala förändringar i klimatskalets homogena utformning eller uppbyggnad. Köldbryggor förekommer oftast vid:

- Genomföringar
- Ändrade tjocklekar i klimatskalet
- Hörn och anslutningar

Åtgärder för att minska köldbryggor kan vara följande:

- Täta genomföringar
- Tilläggsisolering utvändigt
- Täta runt fönster och dörrar

(Petersson 2018)

Köldbryggor minskar vid åtgärden utvändig tilläggsisolering samt byte av fönster. Därför kommer nya värden för köldbryggor att läggas till i IDA-ICE baserat på Svensk Standard, ISO 14683:2017 vid simuleringen av dessa åtgärder.

5.8 Övriga möjliga åtgärder

Följande åtgärder är också av intresse att undersöka vid energieffektivisering av en byggnad, men de kommer inte vidare undersökas eller ingå i åtgärds paketet eftersom det inte är aktuellt för den studerade byggnaden i dagsläget.

5.8.1 Installation av solceller

I rapporten *Solceller på svenska kontorsbyggnader – En helhetsbedömning* skriven av Fahrén et al. (2016) beskrivs en studie som genomförts på tre olika kontorsbyggnader och som installerat solceller. Studien utreder de tekniska, fastighets specifika och ekonomiska förutsättningarna. Studien kom fram till följande slutsatser.

Vid installation av solceller är det främst under sommaren som den producerade elen utnyttjas som mest, då det också är då den största produktionen sker. Om en byggnad har ett komfortkylbehov blir överskottsproduktionen av solenergi betydligt lägre jämfört om det inte finns något behov av komfortkyla och om eldrivna kylmaskiner används i stället för fjärrkyla. Täckningsgraden blir dock lägre eftersom det är ett så pass stort behov som behöver mötas att inte enbart solenergi räcker till.

Verksamhetselen utgör en stor del av den totala energianvändningen, och kan till och med ligga på över 50%. Därför kan det vara svårt att även utnyttja solenergi till både fastighetsel och verksamhetsel.

Störst elproduktion ges om solcellerna är vinklade 45° i söderläge. En sådan lutning kräver dock mellan 20–25% mer av takytan i jämförelse med om solcellerna var vinklade 30°. Byggnadens utformning har därför en stor påverkan hur solcellerna bäst lämpar sig att placeras, och om det blir en tillräckligt stor yta för att vara lönsamma att installera.

Det är mer lönsamt med solceller för stora system eftersom investerings- och installationskostnaderna blir lägre per installerad effekt. För mindre system blir kostnaderna större relativt sett. Om byggnaden har ett stort elbehov blir det också mer lönsamt, det beror dock på om solenergin både används för fastighetsel och verksamhetsel. En aspekt som måste tas hänsyn till är att takets resterande livslängd är längre än solcellernas, eftersom lönsamheten annars blir begränsad.

Enligt Fahlén et. al. (2016) blir behovet lågt om solceller endast ska användas till fastighetsel blir behovet så pass lågt att det är svårt att få lönsamhet på investeringen.

Fahlén et. al. (2016) tar även upp att ur ett miljöperspektiv så innebär användning av solceller mycket lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med el från fossila bränslen. Dock kan personal under produktionen av solceller utsättas för hälsorisker eftersom vissa material som används är toxiska. Produktionen sker ofta i andra länder där krav på miljö- och hälsopåverkan inte är lika höga vilket gör att val av leverantör är viktig. Genom att få ut så mycket energi som möjligt av solcellerna, genom placering och dimensionering, kortas återbetalningstiden ner samtidigt som de negativa miljöaspekterna per producerad kilowattimme minskas.

5.8.2 "Mjuka" åtgärder

Som tidigare nämnts finns det olika typer av mjuka åtgärder som inriktar sig på olika områden. Basiri & Forsling (2006) tar upp aspekter kring detta. Ett förslag är att skapa incitament för att spara både vatten och energi. Det kan antingen göras genom ekonomiska incitament, eller genom att sprida information så att intresset väcks. Kostnaden för denna typ av åtgärd är låg. Det kan dock vara svårt att i efterhand utvärdera resultatet av besparingarna och vem som bidragit med vad om många parter är involverade samtidigt. Då krävs det bättre uppföljning och mätningar vilket kan leda till högre kostnader. Incitamenten får heller inte vara alltför starka eller tvingande eftersom det kan leda till sämre inomhusklimat och ge skador på byggnaden.

En annan typ av mjuk åtgärd är synliggöra energianvändningen i byggnaden så att brukare av byggnaden ges en ökad medvetenhet. Kontinuerligt informationsflöde om energianvändningen kan leda till minskad energiförbrukning och leda till förändrat brukarbeteende. Kostnaderna är mycket små, men det är viktigt att förmedlingen sker på ett förståeligt och pedagogiskt vis så att brukarna enkelt kan ta till sig av informationen.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Kompetensutveckla driftpersonal kan ge en ökad effektivitet av de olika fastighetsinstallationerna som i dag är komplexa och ställer höga krav på personalen som sköter dem. Ett ökat engagemang hos personalen gör att energibesparingspotentialen också ökar. Det kan vara fördelaktigt att i förväg undersöka vilken typ av utbildning som personalen behöver, det behöver inte innebära att alla är i behov av samma utbildning utan kan skilja sig individuellt baserat på tidigare kunskaper och erfarenheter.

6 Simulering av energieffektiviseringsåtgärder

För att kunna jämföra de enskilda åtgärdernas energieffektiviseringseffekt görs en simulering för varje enskild åtgärd som sedan jämförs med basfallet. I följande kapitel presenteras de inställningar som görs och vad resultatet blir efter simuleringarna IDA ICE.

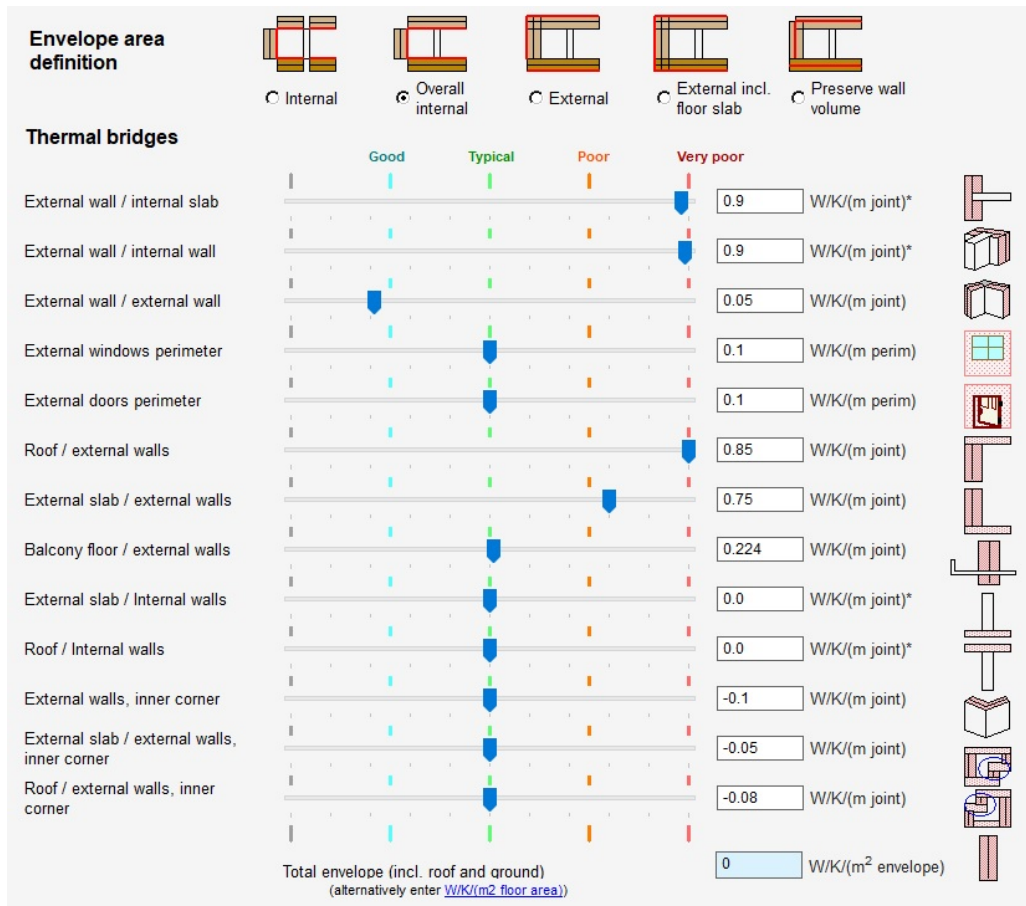
6.1 Tilläggsisolering

Från tabell 5.2 i avsnitt 5.1.4 *Val av tilläggsisoleringsmaterial* kan de tekniska egenskaperna för materialen som används som tilläggsisolering utläsas. För varje val av isolering ändras väggens uppbyggnad i modellen i IDA ICE. Tilläggsisolering kommer inte användas på ytterväggarna på fjärde våningen då vägguppbyggnaden är annorlunda där med ett redan relativt lågt U-värde. Källarytterväggar kommer inte heller att isoleras.

Tilläggsisoleringen påverkar köldbryggornas storlek. Värdena är baserade på Svensk Standard SS-EN ISO 14683:2017. För invändig tilläggsisolering kan inställningarna i IDA-ICE utläsas i figur 6.1 nedan. (SIS 2017)

Uppbyggnader för väggarna är baserade på avsnitt 4.4.4 Väggupbyggnad, där tilläggsisoleringsmaterialet adderas.

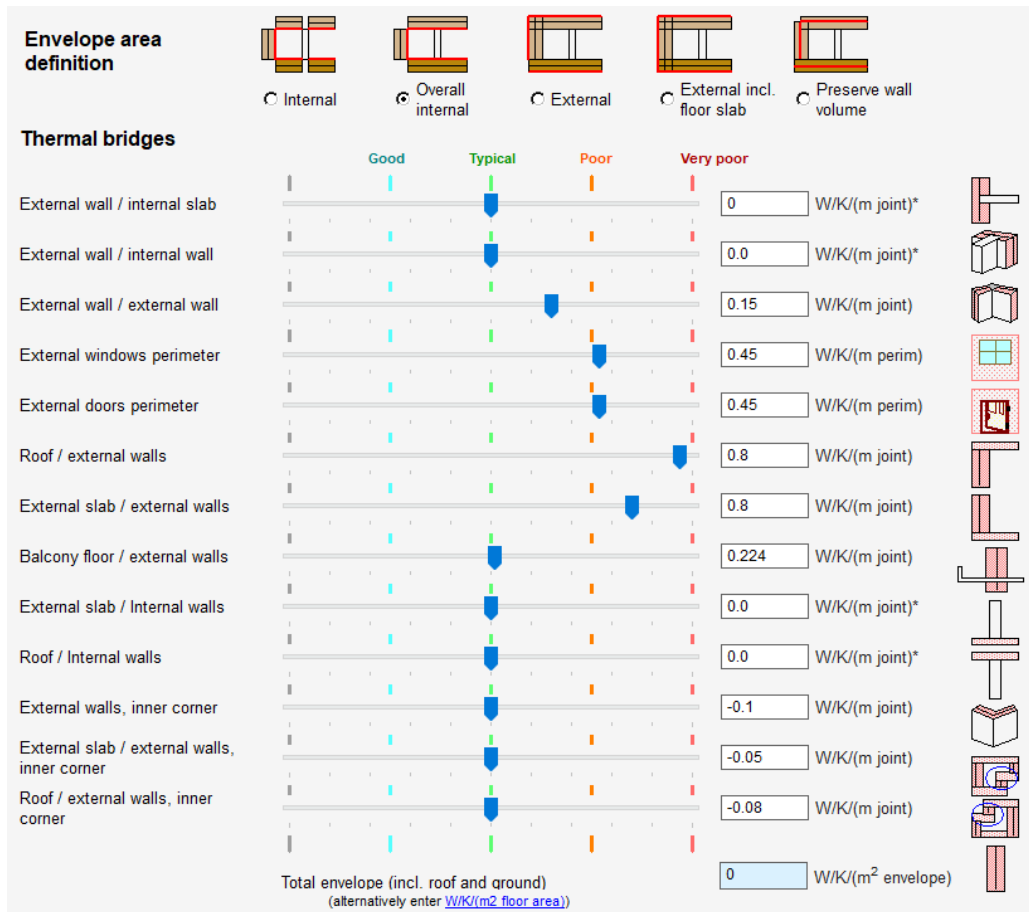
Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?



Figur 6.1 Valda inställningar för köldbryggor i IDA ICE med invändig tilläggsisolering.

För utvärdig tilläggsisolering blir inställningarna annorlunda, se figur 6.2 nedan. (SIS 2017)

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?



Figur 6.2 Valda inställningar för köldbryggor i IDA ICE med utvärdig tilläggsisolering.

6.1.1 Aerogelbaserad isolerande puts

Med den utvärdiga aerogelbaserade isolerande putsen påverkar uppbyggnaden av ytterväggarna. Nedan presenteras det nya U-värdet för väggarna och de ingående materialens tjocklekar, där den nuvarande putsen ska rivras innan den aerogelbaserade putsen appliceras.

<u>Yttervägg plan 1</u>	<u>0,42 W/m²K</u>
Puts	0,02 m
Brick	0,29 m
Aerogelbaserad puts	0,033 m

Yttervägg övre plan	0,47 W/m²K
Puts	0,02 m
Brick	0,22 m
Aerogelbaserad puts	0,033 m

6.1.2 Perlitebaserad isolerande puts

Med den utvändiga isoleringen perlitebaserad isolerande putsen påverkas uppbyggnaden av ytterväggarna . Nedan presenteras det nya U-värdet för väggarna och de ingående materialens tjocklekar, där den nuvarande putsen ska rivras innan den perlitebaserade putsen appliceras. Uppbyggnaden av väggen blir följande.

Yttervägg plan 1	0,65 W/m²K
Puts	0,02 m
Brick	0,6 m
Perlitebaserad puts	0,03 m

Yttervägg övre plan	0,78 W/m²K
Puts	0,02 m
Brick	0,455 m
Perlitebaserad puts	0,03 m

6.1.3 Träfiberisolering

Träfiberisoleringen används som invändig tilläggsisolering och placeras på ytterväggarnas insida direkt på putsen. Gips monteras på isoleringen. Väggupbyggnaderna och de nya U-värdena blir följande:

Yttervägg plan 1	0,40 W/m²K
Gips	0,013 m
Träfiberisolering	0,045 m
Puts	0,02 m
Brick	0,6 m
Puts	0,05 m

Yttervägg övre plan	0,45 W/m²K
Gips	0,013 m
Träfiberisolering	0,045 m
Puts	0,02 m
Brick	0,455 m

Puts 0,05 m

6.1.4 Kalciumsilikatskiva

Kalciumsilikatskivan används som invändig tilläggsisolering och placeras på ytterväggarnas insida direkt på putsen. Isolerskivorna putsas invändigt. Vägguppyggnaderna och de nya U-värdena blir följande:

Yttervägg plan 1 **0,67 W/m²K**

Puts	0,01 m
Kalciumsilikatskiva	0,02 m
Puts	0,02 m
Brick	0,6 m
Puts	0,05 m

Yttervägg övre plan **0,82 W/m²K**

Puts	0,01 m
Kalciumsilikatskiva	0,02 m
Puts	0,02 m
Brick	0,455 m
Puts	0,05 m

6.1.5 Hampisolering

Hampisoleringen används som invändig tilläggsisolering och placeras på ytterväggarnas insida direkt på putsen. Gips monteras på isoleringen. Vägguppyggnaderna och de nya U-värdena blir följande:

Yttervägg plan 1 **0,41 W/m²K**

Gips	0,013 m
Hampisolering	0,03 m
Puts	0,02 m
Brick	0,6 m
Puts	0,05 m

Yttervägg övre plan **0,46 W/m²K**

Gips	0,013 m
Hampisolering	0,03 m
Puts	0,02 m
Brick	0,455 m
Puts	0,05 m

6.1.6 Perliteskiva

Perliteskivan används som invändig tilläggsisolering och placeras på ytterväggarnas insida direkt på putsen. Vägguppyggnaderna och de nya U-värdena blir följande:

Yttervägg plan 1	0,42 W/m²K
Puts	0,01 m
Perliteskiva	0,05 m
Puts	0,02 m
Brick	0,29 m
Puts	0,05 m
Yttervägg övre plan	0,47 W/m²K
Perliteskiva	0,05 m
Puts	0,02 m
Brick	0,22 m
Puts	0,05 m

6.2 Fönsterbyte

Fönsterna byts ut. De vanliga fönsterna och glaspartierna byts till fönster med hög termisk isolering och glaspartierna på taket över restaurangen och ljusgården byts ut till fönster med låg solenergitransmission. Därmed ändras U-värdet, LT-värdet och g-värdet till det som bestämts i avsnitt 5.2 *Fönsterbyte*.

6.3 Solavskärmning

De vertikala markiser som valts ut i avsnitt 5.3 *Solavskärmning* placeras på samtliga fönster och glaspartier, förutom på taket över ljusgården samt där det redan finns utvändigt solavskärmning. All invändig solavskärmning behålls.

Inställningar som görs är att höjden av markisen på första plan sätts till 4 meter och för övriga plan till 3 meter, eftersom våningshöjderna varierar. För snedtaket ovanför ljuschaktet sätts höjden på markisen till 3,5 meter för att täcka hela fönstrets yta. Bredden på markiserna anpassas automatiskt till bredden på fönsterna. Markisen är av typen "Generic Markisolette".

Ett avancerat schema ställs in för funktionen av solavskärmningen. Det följer det tidigare definierade schemat i avsnitt 3.3.1 *Tekniska system* men anpassas också beroende på om

det är soligt eller ej. Markiserna är inställda på att endast användas under sommarmånaderna, maj till september. Alltså används ingen solavskärmning under de kalla månaderna, oktober till april.

6.4 Tappvarmvattensystem

Uppvärmningen av tappvarmvatten byts från ett centralt värmesystem drivet av fjärrvärme till decentraliserade eldrivna varmvattenberedare. Som nämnts i avsnitt 5.4 *Värmesystem* kommer uppvärmningen av tappvarmvatten i restaurangdelen fortsatt ske i värmecentralen och övergång till varmvattenberedare kommer endast ske för kontoren. Eftersom skillnaden i uppvärmning av vattnet endast kommer ske i kontoren byggs ett nytt basfall upp. I basfallet ingår endast zoner med kontor, restaurangdelen kommer därför att tas bort. Baserat på det nya basfallet ändras sedan värmning av tappvarmvatten från fjärrvärme till elektricitet som driver de decentraliserade varmvattensystemet.

6.4.1 Basfall för tappvarmvattensystem

Arean för restaurangen mäts upp på ritningen till 432 m². Därmed blir arean för det nya basfallet 5900 – 432 = 5468 m².

Den totala effekten för hur mycket tappvarmvatten som används i byggnaden uttryckt i kWh/år, påverkas också av att en mindre area ska förses. I stället blir effekten följande:

$$P_{\text{tvv}} = 2 \cdot 5468 = 10936 \text{ kWh/år}$$

Energikällan för uppvärmningen av tappvarmvatten är fjärrvärme.

Värmeförlusterna är 3 W/m² som definierats i avsnitt 4.10 *Extra energi & förluster*.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Extra energy and losses

Domestic hot water use

Average hot water use: kWh/year

Distribution of hot water use:

[T_DHW = 55°C (incoming 5°C); find further details in [Plant](#) and Boiler; DHW can, optionally or additionally, also be defined at the zone level]

[The curve is automatically rescaled to render given average total usage]

Distribution System Losses

Domestic hot water circuit: W/(m² floor area) % to zones*

Heat to zones: % of heat delivered by plant (incl. delivered to ideal heaters) % to zones*

Cold to zones: W/m² floor area % to zones*

Supply air duct losses: W/m² floor area, at dT_duct_to_zone 7 °C % to zones*

None Good Typical Poor Very poor

[*Share of loss deposited in zones according to floor area]

Figur 6.3 Extra energi och förluster för värmesystemets basfall. (IDA ICE)

6.4.2 Inställningar för simulering av nytt tappvarmvattensystem

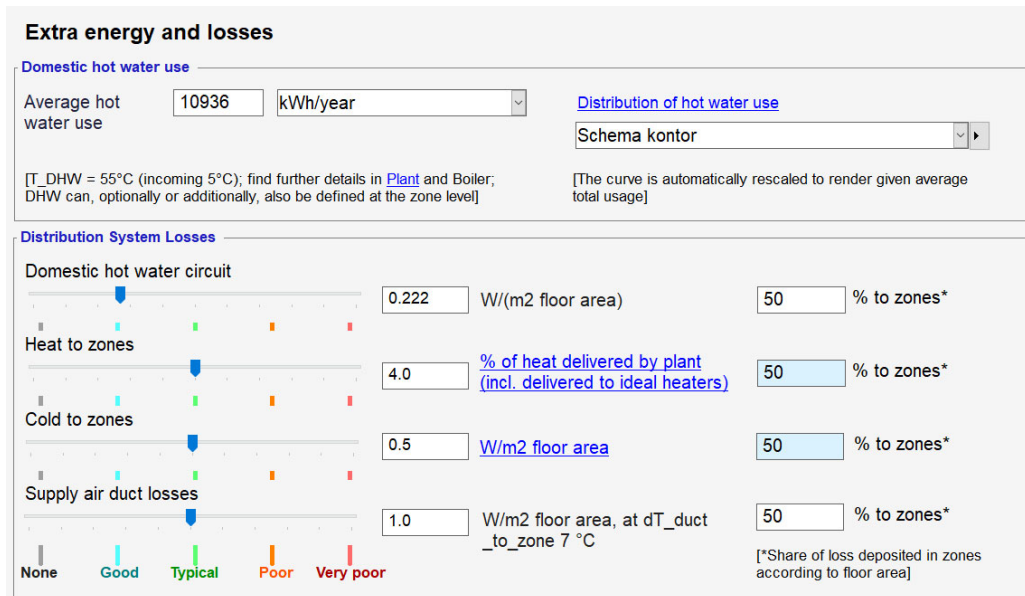
Uppvärmningen av vattnet ändras från fjärrvärme till elektrisk uppvärmning.

Värmeförlusterna i tappvarmvattensystemet ändras till 508 kWh/år enligt tidigare beräkningar i avsnitt 4.3 *Värmesystem*. För inmatning i IDA ICE krävs enheten W/m², varvid förlusterna anges som:

$$P_{\text{förlust}} = 508 \cdot \frac{1000}{365 \cdot 2 \cdot 5468} = 0,0106 \text{ W/m}^2$$

Eftersom det är totalt 21 zoner blir alltså de totala förlusterna i systemet 0,222 W/m².

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?



Figur 6.4 Extra energi och förluster för värmesystemet med decentraliserade varmvattenberedare. (IDA ICE)

6.5 Ventilationssystem

De fem nya aggregaten som valts läggs in i IDA ICE modellen. Eftersom aggregat 3 och 4 är identiska skapas ett aggregat i IDA-ICE som representerar båda.

Aggregat 1 förser zonerna 2, 12 och 17.

Aggregat 2 förser zonerna 5, 6, 7, 11, 15 och 16.

Aggregat 3 och 4 förser zonerna 1, 3, 4, 10, 14, 18, 19 och 21.

Aggregat 5 förser zonerna 8, 9, 13, 20, 22 och 23.

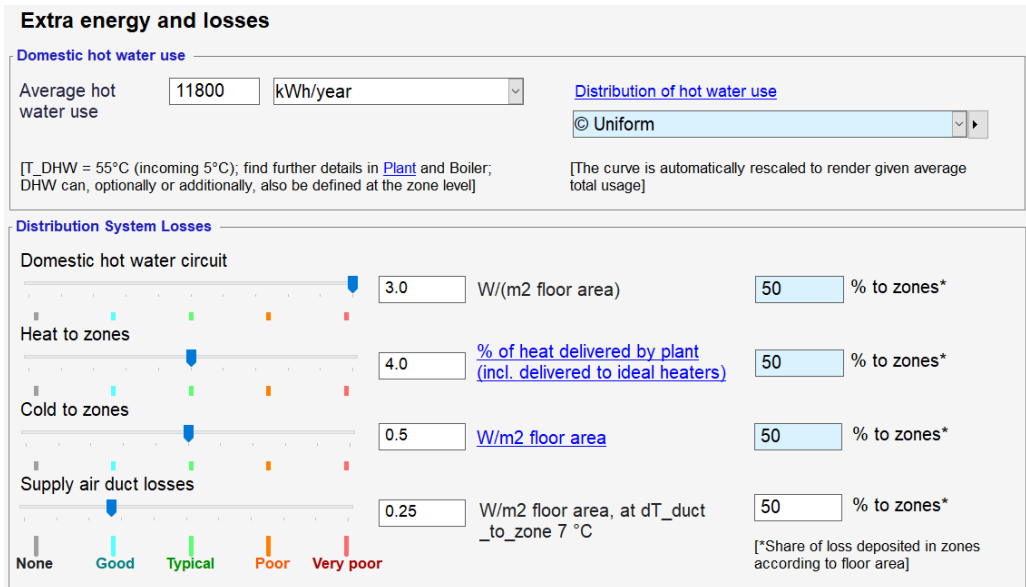
Det konstanta flödet ändras till ett behovsstyrt flöde, VAV, som varierar beroende på temperatur och koldioxidhalt, schemat för ventilationssystemet är dock samma som tidigare. Temperaturen är satt att hållas mellan 21-23 °C och koldioxidhalten mellan 700-1000 ppm. Det tidigare definierade schemat i kapitel 3.3.1 *Tekniska system* följs fortfarande. Nya ventilationsflödena sätts till de rekommenderade flödena från Folkhälsomyndigheten, som är minst 7 l/s och person + minst 0,35 l/s per m² golvarea.

FTX system väljs för samtliga aggregat. Verkningsgraden, effektiviteten och SFP-tal sätts till det som anges i avsnitt 5.5 *Ventilationssystem* för varje aggregat.

Tilluftstemperaturen är fortsatt 17°C.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Lägsta tillåtna temperatur på avluften är fortsatt 1°C för att undvika risk för frostbildning.



Figur 6.5 Översikt över energiförluster i de olika tekniska systemen efter att ventilationssystemet har bytts. (IDA ICE)

6.6 Belysning

Antalet ljusarmaturer och ljusstyrka behålls. Effekten på lamporna sänks från 100 W till 12,5 W. Detta motsvarar en förändring från 12 W/m² till 1,5 W/m² i kontorslokalerna och en förändring från 4 W/m² till 0,5 W/m² i korridorerna.

6.7 Sammanfattning av indata

Tabell 6.1 Sammanfattning av indata för de olika energieffektiviseringsåtgärderna.

Åtgärd	Före renovering	Efter renovering
<u>Yttervägg – Utvändig tilläggsisolering, (plan 1/plan 2-3)</u> Aerogelbaserad puts Perlitebaserad puts	1,43/1,73 W/m ² K	0,42/0,47 W/m ² K 0,65/0,78 W/m ² K
<u>Yttervägg – Invändig tilläggsisolering, (plan 1/plan 2-3)</u> Träfiberisolering Kalciumsilikatskiva Hampaisolering Perliteskiva		0,40/0,45 W/m ² K 0,67/0,82 W/m ² K 0,41/0,46 W/m ² K 0,47/0,42 W/m ² K
<u>Fönster (U-/LT-/g-värde)</u> Takpartier Övriga fönster och glaspartier	2,5 W/m ² K / 84% / 82%	0,8 W/m ² K / 28% / 17% 1,1 W/m ² K / 71% / 64%
<u>Solavskärmning</u> Andel fönster med utvändig solavskärmning av total fönsterarea	4,8%	57,9%
<u>Ventilationssystem</u> Styrning Temperaturverkningsgrad Verkningsgrad för elmotorer SFP-tal, tilluft SFP-tal, frånluft Ventilationsflödet	CAV <u>Aggregat 9 / övriga aggregat:</u> 60/40 % 60/60 % 3 kW/(m ³ /s) 3 kW/(m ³ /s) 3 l/s*m ²	VAV – CO ₂ och temperatur <u>Aggregat 1/2/3-4/5:</u> 59,7/80,7/84,8/83,1 % 65,2/69,2/69,2/65,2 % 0,93/0,73/0,68/0,69 kW/(m ³ /s) 0,81/0,65/0,62/0,57 kW/(m ³ /s) 0,72 l/s*m ²
<u>Varmvattenberedare</u> Energiförluster Energikälla	3 W/m ² Fjärrvärme	0,72 W/m ² EI
<u>Belysning</u> Effekt per area kontor Effekt per area korridor	12 W/m ² 4 W/m ²	1,5 W/m ² 0,5 W/m ²

6.8 Resultat av åtgärder

I tabell 6.2 redovisas förbrukningen av energin i byggnaden. Arean för basfall är 7777 m² och för basfall för tappvarmvattensystem 7332 m².

Tabell 6.2 Sammanställning av användning av fjärrvärme, fastighetsel, verksamhetsel samt den specifika energianvändningen för de undersökta åtgärderna. Samtliga är angivna per år.

	Fjärrvärme [kWh/m ²]	Fastighetsel [kWh/m ²]	Verksamhetsel [kWh/m ²]	Specifik energianvändning [kWh/A _{temp}]
Basfall - före renovering	317,2	211,2	36,9	565,3
Basfall för tappvarmvattensystem - före renovering	295,7	200,4	33,2	529,3
Utvändig isolering				
Aerogelbaserad puts	313,2	211,6	36,9	561,7
Perlitebaserad puts	318,4	211,2	36,9	566,5
Invändig isolering				
Träfiberisolering	311,5	212,0	36,9	560,4
Kalciumsilikatskiva	317,3	211,5	36,9	565,7
Hampaisolering	311,7	212,0	36,9	560,6
Perliteskiva	311,7	211,9	36,9	560,5
Resterande åtgärder				
Fönster	291,2	205,6	36,9	533,7
Solavskärmning	323,4	207,9	36,9	568,2
Tappvarmvattensystem	277,1	202,9	33,2	513,2
Ventilationssystem	104,7	58,1	36,9	199,7
Belysning	334,9	177,9	36,9	549,7

I tabell 6.3 redovisas energibesparingen i form av köpt energi för åtgärderna. En positiv siffra innebär en energibesparing och en negativ siffra innebär ett större energibehov.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 6.3 Sammanställning av basfall samt samtliga åtgärder som simulerats, med respektive förändring av fjärrvärme, fastighetsel, verksamhetsel och total besparing per A_{temp} . Positivt värde innebär besparing. Samtliga är angivna per år.

	Fjärrvärme, besparing [kWh/m ²]	Fastighetsel, besparing [kWh/m ²]	Verksamhet- selbesparing [kWh/m ²]	Total besparing [kWh/m ²]
Utvändig isolering				
Aerogelbaserad puts	4,0	-0,3	0,0	3,7
Perlitebaserad puts	-1,2	0,0	0,0	-1,2
Invändig isolering				
Träfiberisolering	5,7	-0,8	0,0	4,9
Kalciumsilikatskiva	-0,1	-0,3	0,0	-0,4
Hampaisolering	5,5	-0,8	0,0	4,7
Perliteskiva	5,5	-0,7	0,0	4,8
Resterande åtgärder				
Fönster	26,0	5,7	0,0	31,7
Solavskärmning	-6,2	3,3	0,0	-2,9
Tappvarmvattensystem	18,6	-2,4	0,0	16,2
Ventilationssystem	212,5	153,1	0,0	365,6
Belysning	-17,7	33,3	0,0	15,6

7 Utvärdering och analys av resultat efter åtgärder

All fakta i detta kapitel är baserat på resultat från IDA ICE simuleringar.

7.1 Isolering

Det är viss variation i energibesparing mellan de olika isoleringsmaterialen. Tjockleken på isoleringen spelar naturligtvis stor roll. Det finns ett tydligt mönster där tjockare isolering ger mer energibesparing, se sammanfattningen i tabell 7.1. Ett annat mönster som kan avläsas är att invändig isolering leder till lägre transmissionsförluster. Detta är en kombination av att invändig isolering orsakar mindre köldbryggor i denna byggnad, samt att invändig isolering kan appliceras med en större tjocklek.

Den utvändiga isoleringen minskar köldbryggorna avsevärt där bjälklag och innerväggar möter ytterväggar. Däremot visar sig den invändiga isoleringen orsaka betydligt mindre köldbryggorna vid utåtgående hörn, samt vid fönster och dörrar. Byggnaden har väldigt många fönster och därför är det troligt att den positiva effekten av minskningen av köldbryggor tack vare den invändiga isoleringen väger upp för större köldbryggor vid bjälklag.

Tjockleken på utvändig isolering är begränsande, då endast superisolerande puts kan användas på den studerade byggnaden med tanke på varsamhetskraven. Puts kan inte appliceras med vilken tjocklek som helst på grund av sin karaktär. Därav kan utvändig isolering inte erbjuda en tillräckligt stor energibesparing för att även kompensera för de stora köldbryggorna.

Det kan vara intressant att jämföra rangordningen från bästa till sämsta isoleringsmaterial gällande väggens U-värde och byggnadens värmebesparing efter att isoleringen monterats.

Tabell 7.1 Tilläggsisolering rangordnade efter minst till störst U-värde för väggen till vänster och från högst till lägst energibesparing till höger.

Material (tjocklek i mm)	U-värde för väggen (W/m ² K)	Material (tjocklek)	Fjärrvärmebesparing [kWh/m ²]
Träfiberisolering (45)	0,997	Träfiberisolering (45)	5,7
Hampaisolering (45)	0,999	Perliteskiva (50)	5,5
Perliteskiva (50)	1,000	Hampaisolering (45)	5,4
Aerogelbaserad puts - utvändig (33)	1,016	Aerogelbaserad puts – utvändig (33)	4,9
Kalciumsilikatskiva (20)	1,055	Kalciumsilikatskiva (20)	-0,1
Perlitebaserad puts - utvändig (30)	1,064	Perlitebaserad puts - utvändig (30)	-1,2

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Som kan avläsas i tabell 7.1 skiljer sig rangordningen åt beroende på U-värdet för väggen eller värmebesparingen, vilket är något som inte förväntades. Anledningen är att ytterligare två faktorer spelar in i den slutgiltiga kapaciteten för värmebesparing, nämligen materialets massa och specifika värmekapacitet. En hög värmekapacitet kombinerat med en hög densitet förlänger materialets nedkylning samt uppvärmning. Denna fördröjning leder till att den isolerade ytterväggen kyls långsammare under vintertid och värms långsammare under sommartid. Nedkylning av väggen som sker under en sommarnatt håller en längre tid och mer solenergi kommer krävas för att värma upp väggdelen, vilket leder till ett mindre kylbehov. På samma sätt kommer väggen att behålla värmen en längre period under vintern där ett mindre värmebehov kommer att skapas.

I tabell 7.2 nedan har perliteskivan en högre kombination av massa och värmekapacitet än hampaisolering, vilket förklarar varför perliteskivan i slutändan ger högre energibesparing än hampaisolering. Massan beräknas som volymen för en kvadratmeter material med respektive tjocklek som också kan utläsas i tabellen.

Tabell 7.2 Sammanställning av materialens massa multiplicerat med specifika värmekapaciteten i minskande ordning.

Material	$m \cdot c_p$ [J/K]
Perliteskiva (50)	1 260 000
Perlitebaserad puts (30)	400 000
Kalciumsilikatskiva (20)	280 800
Aerogelbaserad puts (33)	220 000
Träfiberisolering (45)	105 000
Hampaisolering (30)	49 500

Byggnadens energibalans fungerar som en helhet där den drivande kraften är temperaturskillnaderna mellan inne och ute. I denna energibalans interagerar de olika byggnadsdelarna med varandra. Som man ser i resultaten minskar transmissionsförlusterna genom väggarna tack vare en god isolering. Samtidigt kan det även ses i resultaten att transmissionsförlusterna ökar samtidigt genom resterande byggnadsdelar såsom tak, grundplatta och fönster. När värmemotståndet ökas i ytterväggarna kommer mer värme transmitteras genom de resterande byggnadsdelarna som fortfarande har samma värmemotstånd eftersom värmen tar den väg med lägst motstånd. För att få den energibesparing som önskas bör därför även dessa byggnadsdelar isoleras.

7.2 Fönsterbyte

Det genomsnittliga U-värdet för byggnaden sänks från 1,061 W/m²K till 0,758 W/m²K genom att fönsterna byts ut. Då den totala arean på fönster och glasfasad utgör 25% av byggnadens omslutningsarea har en förändring i deras U-värde en stor påverkan på byggnaden. Detta bidrar till att energiförlusten genom glasdelarna kommer att minkas.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

I tabell 7.3 kan en del från byggnadens energibalans utläsas. Negativa tal läses som värmeförluster och positiva tal som värmetilskott. Värmeförlusten på vintern (uppvärmningsperioden) minskar med 60% efter byte till fönster med lägre U-värden. Dessutom minskar värmetilskottet med 41% under kylningsperioden (sommaren), vilket beror på att de nya fönsterna släpper igenom mindre passiv solenergi på grund av ett lägre g-värde.

Tabell 7.3 Jämförelse mellan byggnadens energibalans för basfall och efter byte av fönster, beroende på uppvärmningsperiod och kylningsperiod.

Energy Balance "Window & Solar"		
	Uppvärmningsperiod [kWh/m ²]	Kylningsperiod [kWh/m ²]
Basfall	-51	44
Åtgärd	-20	26
Förändring	-60%	-41%

Tack vare att värmetilskottet minskar drastiskt kommer även andelen timmar när inomhustemperaturen överstiger 27°C att gå ner från 8% till 0%. Detta är viktigt för inomhusklimatet och för personerna som vistas i lokalerna.

Något som inte ändrats i IDA ICE och därmed inte visas i resultaten är hur tätheten påverkas av fönsterbytena. De nya fönsterna kommer att ha mindre otätheter, vilket i sin tur också bidrar till en minskning av energiförluster i form av värme på vintern och kyla på sommaren. Detta har även en positiv påverkan på inomhusklimatet då mindre drag kommer att uppstå nära fönsterna.

7.3 Solavskärmning

Enligt byggnadens energibalans minskar den passivt tillförda solenergin genom fönster och glaspartier med 30% under sommaren efter installation av solavskärmning. På vintern representeras värmebalansen genom fönster av ett negativt tal då energi försvinner genom fönsterna under den kalla årstiden. Denna ändras inte mycket efter åtgärden.

Tabell 7.4 Jämförelse mellan byggnadens värmebalansen för basfall och efter installering av solavskärmning, beroende på uppvärmningsperiod och kylningsperiod.

Energy balance - Fönster		
	Uppvärmningsperiod [kWh/m ²]	Kylningsperiod [kWh/m ²]
Basfall	-51	+44
Solavskärmning	-52	+31
Förändring	+2%	-30%

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Den minskade värmelasten från solen leder till ett minskat kylningsbehov, med 14%, se tabell 7.5. Uppvärmningsbehovet ökar med 1%, vilket kan vara på grund av att solavskärmningen används även vissa soliga, men kalla dagar. Uppvärmningen innefattar radiatorsystemet och förvärmning av tilluften i ventilationssystemet. Det teoretiska kylningsbehovet är kylningsbehovet för att hålla inomhustemperaturen till max 23°C.

Tabell 7.5 Sammanställning av den levererade energin för uppvärmning och kylning för basfall respektive fallet efter installation av solavskärmning.

Delivered Energy		
	Uppvärmningsbehovet [kWh/m ²]	Kylningsbehovet [kWh/m ²]
Basfall	471	48
Solavskärmning	477	41
Förändring	+1%	-14%

7.4 Tappvarmvattensystem

När uppvärmning av tappvarmvatten byts från ett centralt värmesystem till decentraliserade varmvattenberedare minskar förlusterna i systemet. Detta kan ses tydligt i byggnadens energibehov sammanfattat i tabell 7.6. Förlusten i systemet minskar med 93%, vilket i sin tur bidrar till ett minskat energibehov för uppvärmning av tappvarmvatten, med 87%.

Tabell 7.6 Sammanställning av energibehovet för uppvärmning av tappvarmvattnet och för förlusterna i tappvarmvattensystemet, samt en jämförelse mellan basfallet och fallet efter installation av nytt tappvarmvattensystem.

Systems Energy		
	Tappvarmvattenberedning [kWh/m ²]	Förlust i vattencirkulation [kWh/m ²]
Basfall	28	26
Nytt värmesystem	4	2
Förändring	-87%	-93%

Påverkan av ett tappvarmvattensystem med mindre förluster kan ses i byggnadens systemenergi. Uppvärmningsbehovet i radiatorsystemet ökar med 3%, samtidigt som kylningsbehovet minskar med 5%. Detta beror på att de minskade värmeförlusterna avger mindre värme till byggnadens olika rum. Uppvärmningsbehovet står för energibehovet för uppvärmning av tappvarmvatten samt radiatorsystemet. Det teoretiska kylningsbehovet är kylningsbehovet för att hålla inomhustemperaturen till den maximala 23°C.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 7.7 Sammanställning av uppvärmnings- och kylningsbehovet för basfallet och efter installation av varmvattenberedare.

Systems Energy		
	Uppvärmningsbehov [kWh/m²]	Teoretiskt kylningsbehov [kWh/m²]
Basfall	267	45
Nytt värmesystem	277	42
Förändring	+3%	-5%

7.5 Ventilation

Efter att ventilationssystemet har effektiviserats genom behovsstyrt flöde, effektivare fläktar och värmeåtervinning samt anpassade flöden har elbehovet till fläktarna minskat med 97%. Detta är troligtvis framförallt på grund av minskade totala ventilationsflöden, samt högre eleffekt i de nya aggregaten. Från IDA ICE resultatet kan det även utläsas att förvärmningen av tilluften minskar med 99% och förkylningen minskar med 77%. Detta är på grund av en betydligt bättre värmeåtervinningsgrad i aggregaten, samt de minskade flödena som minskar mängden luft som behöver förvärmas eller förkylas. Det totala uppvärmningsbehovet för byggnaden minskar med 67% och kylbehovet minskar med 17%.

Tabell 7.8 Sammanställning av den levererade energin för basfallet och för fallet efter byte av ventilationssystem.

Systems energy	Delivered energy			
	AHU värme [kWh/m²]	AHU kyla [kWh/m²]	Behovet för uppvärmning [kWh/m²]	Behovet för kylning [kWh/m²]
Basfall	132	14	317	24
Nytt ventilationssystem	1	3	105	20
Förändring	-99%	-77%	-67%	-17%

Detta är en enorm förändring av byggnadens energibehov, som utöver de energieffektiviserande åtgärderna även kan bero på att det totala ventilationsflödet i byggnaden är bara en fjärdedel av det ursprungliga flödet. Mindre mängd ventilationsluft, vilken är kallare än den önskade inomhustemperaturen, tillförs byggnaden. Även behovet för uppvärmning och kylning av byggnaden minskar. Detta är troligtvis med anledningen att det nya ventilationssystemet kan förse byggnaden med frisk luft på ett effektivare sätt, samt med mer värmeåtervinning.

7.6 Belysning

Efter att glödlampor bytts till LED-lampor minskar fastighetselen med 88%. Då LED-lampor har en betydligt lägre effekt och mycket mindre andel av effekten övergår till värme, avges det mindre värme till byggnaden efter lampbytet. Detta kan ses tydligt i byggnadens kylnings- och uppvärmningsbehov. Uppvärmningsbehovet ökar med 6% samtidigt som kylbehovet minskar med 16% efter en omställning till LED-lampor.

Tabell 7.9 Sammanställning av den levererade energin under uppvärmningsperioden och kylningsperioden för basfall och efter byte av belysning.

Delivered Energy			
	Uppvärmningsbehov [kWh/m²]	Kylningsbehov [kWh/m²]	Fastighetsel [kWh/m²]
Basfall	317	24	34
Belysning	335	20	4
Förändring	+6%	-16%	-88%

8 Åtgärdspaket

Enligt Totalmetodiken i avsnitt 2.4 *Totalmetodiken* framgår att energibesparingar och kostnadskalkyler ska göras för samtliga åtgärder för att sedan kunna skapa ett åtgärdspaket. Som redan beskrivits i samma kapitel kan en del kostsamma energirenoveringsåtgärder inte vara meningsfulla då de inte ger en tillräckligt stor energibesparing. I kombination med andra renoveringssyften som höjning av det estetiska eller funktionella värdet kan dessa åtgärder ändå visa sig vara meningsfulla. I och med att den studerade byggnaden är i behov av renoveringsåtgärder av sådan karaktär kommer renovering utföras oavsett, utan hänsyn till energibesparing. I Totalmetodiken tas endast de kostnader som bidrar till energieffektivisering med i kalkylerna, och inte de åtgärder som görs för att uppdatera byggnaden i andra aspekter. Energibesparingarna har beräknats i IDA ICE i föregående kapitel. Samtliga kostnader är hämtade från Wikells Sektionsfakta om inget annat anges. (Wikells byggnadsberäkningar u.å.)

8.1 Kostnadskalkylering

Nedan följer de kostnadsposter som kommer undersökas för åtgärderna, som också presenterats tidigare i avsnitt 3.4.3.2 *Etapp 1 – Tillvägagångssätt*.

Eftersom byggnaden ska genomgå en stor renovering kommer olika kostnadsposter värderas olika för de enskilda åtgärderna.

- Demonteringskostnader
- Investeringskostnader
- Materialkostnader
- Installationskostnader
- Lönekostnader
- Injusteringskostnader

För att kostnadsberäkningarna inte ska bli för omfattande har vissa antaganden gjorts. Nedan följer en genomgång av varje enskild åtgärd där en kostnadskalkyl genomförs.

Samtliga kostnader är angivna exklusive moms.

8.1.1 Tilläggsisolering

Eftersom endast en tilläggsisolering kommer användas som åtgärd görs en evaluering mellan de olika materialen för att avgöra vilket som är mest lönsamt ur ett energieffektiv- och kostnadsperspektiv. Detta görs genom beräkning och jämförelse mellan internräntan för de olika isoleringsmaterialen.

Verktyg, målning och liknande kommer inte att räknas med för isoleringen som kostnader eftersom en generell renovering kommer att ta rum för byggnaden. För de isolerande

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

putsmaterialen räknas kostnaderna för demontering av befintlig puts, material och lön. För de invändiga isoleringsmaterialen räknas endast kostnaderna för material och lön.

Tidsåtgång för att montera invändig isolering antas vara 0,09 h/m². (Wikells beräkningsprogram u.å.)

8.1.1.1 Aerogelbaserad isolerande puts – Utvändig tilläggsisolering

- Demontering av befintlig puts (lönekostnad): 324,38 kr/m²
- Materialkostnad: 960 kr/m²
- Montering av aerogelbaserad puts (lönekostnad): 195,68 kr/m²
- Våggarea utvändigt: 1295,73 m²

Den totala kostnaden för åtgärden: 1 917 753 kr

8.1.1.2 Perlitebaserad isolerande puts – Utvändig tilläggsisolering

- Demontering av befintlig puts (lönekostnad & omkostnader): 324,38 kr/m²
- Materialkostnad: 90,84 kr/m²
- Montering av perlitebaserad puts (lönekostnad & omkostnader): 195,68 kr/m²
- Våggarea utvändigt: 1295,73 m²

Den totala kostnaden för åtgärden: 791 557 kr

8.1.1.3 Träfiberisolering – Invändig tilläggsisolering

- Materialkostnad: 37,76 kr/m²
- Montering av Träfiberisolering (lönekostnad & omkostnader): 58,70 kr/m²
- Montering av gips på insida vägg (löne-, om- & materialkostnad): 168,14 kr/m²
- Våggarea invändigt: 1 221,69 m²

Den totala kostnaden för åtgärden: 323 262 kr

8.1.1.4 Kalciumsilikatskiva – Invändig tilläggsisolering

- Materialkostnad: 468 kr/m²
- Montering av Kalciumsilikatskiva (lönekostnad & omkostnader): 58,70 kr/m²
- Montering av puts på insida vägg (löne-, om- & materialkostnad): 316,29 kr/m²
- Våggarea invändigt: 1 221,69 m²

Den totala kostnaden för åtgärden: 1 029 874 kr

8.1.1.5 Hampaisolering – Invändig tilläggsisolering

- Materialkostnad: 210 kr/m²

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

- Montering av Hampaisolering (lönekostnad): 58,70 kr/m²
- Montering av gips på insida vägg (löne-, om- & materialkostnad): 168,14 kr/m²
- Väggararea invändigt: 1 221,69 m²

Den totala kostnaden för åtgärden: 533 683 kr

8.1.1.6 Perliteskivor – Invändig tilläggsisolering

- Materialkostnad: 214,31 kr/m²
- Montering av Perliteskivor (lönekostnad): 58,70 kr/m²
- Montering av puts på insida vägg (löne-, om- & materialkostnad): 316,29 kr/m²
- Väggararea invändigt: 1 221,69 m²

Den totala kostnaden för åtgärden: 719 942 kr

8.1.2 Fönsterbyte

Den studerade byggnaden har vanliga fönster, större fönsterpartier, glasörrar och glaspartier, se avsnitt 4.5.1 *Uppbyggnad*. Det finns en rad olika utformningar på dessa och de kommer därför att generaliseras. Ett fönster som är så likt de befintliga som möjligt väljs från Wikells sektionfakta och sedan beräknas priset per m² för att kunna uppskatta priset på de olika fönsterdimensionerna.

Följande kostnadsposter räknas för åtgärden ”byte av fönster”:

- Lönekostnad för demontage av befintliga fönster
- Materialkostnad för nya fönster
- Lönekostnad för montage

Vanliga fönster & större fönsterpartier

Typen ”Fönster 14x13 av aluminiumklätt trä, utåtgående, 2-luft (U-värde: 1,1. 3-glas)” hämtas från Wikells sektionfakta.

- Lönekostnad för demontage av befintliga fönster (lönekostnad, omkostnader): 51 578 kr
- Material- och lönekostnad, omkostnader & UE: 2 945 747 kr

Den totala kostnaden för byte av vanliga fönster & större fönsterpartier: 2 997 325 kr

Glasörrar

Typen ”Entréparti 18x21 av aluminium” hämtades från Wikells sektionfakta.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

- Lönekostnad för demontage av befintliga fönster (lönekostnad & omkostnader): 9 732 kr
- Material- och lönekostnad, omkostnader & UE: 355 699 kr

Den totala kostnaden för byte av glasdörrar: 365 431 kr

Glaspartier

Typen ” Industrifönsterband 36x12” hämtades från Wikells sektionsfakta.

- Lönekostnad för demontage av befintliga fönster (lönekostnad & omkostnader): 606 967 kr
- Material- och lönekostnad, omkostnader & UE: 6 079 779 kr

Den totala kostnaden för byte av glaspartier: 6 686 746 kr

Den totala kostnaden för åtgärden ”byte av fönster” uppskattas till: 9 841 179 kr.

8.1.3 Solavskärmning

Solavskärmning finns endast på 5 fönster för tillfället. Resterande fönster och glaspartier saknar solavskärmning.

Kostnadsposter som räknas med för denna åtgärd är följande:

- Materialkostnad för solavskärmning samt montage: 2000 kr/m².
- Lönekostnad för installation: 500 kr/m².

Arean av samtliga fönster är 1317 m², vilket ger en total kapitalkostnad: 3 292 450 kr.

8.1.4 Ventilation

Den studerade byggnaden är planerad för ombyggnation, där ventilationssystemet kommer att bytas. För att följa Totalmetodikens kommer kostnader för demontage av det befintliga ventilationssystemet ej räknas med i kostnadsposterna.

- Materialkostnad för nytt aggregat: 2 118 000 kr.
- Lönekostnad för installation beräknas enligt nedan:
- Arbetslön: 24,64 tim à 191,00 kr/h blir 4 706,24 kr/aggregat. För 5 aggregat blir kostnaden 23 531,20 kr.
- Omkostnadspåslag på arbetslön, 295%: 23 531,20 kr.

Total kapitalkostnad blir alltså: 2 210 948,24 kr.

8.1.5 Tappvarmvattensystem

Värmeväxlaren i undercentralen kommer att bytas i byggnaden i samband med renoveringen och därför räknas endast kostnader för sådana åtgärder som skulle kunna ske utöver detta byte, se avsnitt 2.4 *Totalmetodiken*. Idag finns det en central varmvattenberedare och ett byte till decentraliserade varmvattenberedare kommer att beräknas. Varmvattenberedningen kommer endast ändras i kontorslokalerna. Varmvattnet i restaurangen kommer fortsatt värmas i värmecentralen.

Effekten av en sådan åtgärd innebär att värmeförlusterna i systemet kommer att minska avsevärt.

- Materialkostnad för 21 st. varmvattenberedare: 146 586 kr.
- Arbetslön: 1,6 h à 191,00 kr/h blir 305,6 kr/st. Totalt för 21 beredare blir då 6417,6 kr.
- Omkostnadspåslag på arbetslön, 292%: 18 739,4 kr.
- Dragning av elledningar, inklusive arbetslön 3 h à 191,00 kr/h med materialkostnad på 300 kr blir 973 kr/st. Totalt för 21 beredare blir 20 433 kr.

Total kapitalkostnad blir: 192 176 kr.

8.1.6 Belysning

För belysningen idag används vanliga glödlampor. I denna åtgärd kommer dessa att bytas till LED-lampor.

- Följande kostnadsposter kommer att räknas för byte av belysning:
- Materialkostnad för LED-lampor: 36 909 kr
- Installationskostnad (Lön och omkostnader): 207 971 kr

Total kostnad för åtgärden: 244 880 kr

8.1.7 Sammanfattning av kostnader uppdelade på energieffektivisering respektive renovering

För att förtydliga vilka kostnader som fördelas på energieffektiviseringen och vilka som fördelas på den tekniska renoveringen av den studerade byggnaden, sammanfattas kostnaderna för de enskilda åtgärderna i tabell 8.1 nedan.

Tabell 8.1 Sammanställning av kostnader för de enskilda åtgärder, med uppdelning mellan vad som ingår i energieffektiviseringen respektive renoveringen av byggnaden.

Åtgärd	Energieffektivisering	Renovering
Utvändig	Demontage av befintlig puts	Verktyg

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

tilläggsisolering	Materialkostnad Lönekostnad för montage	Målning
Invändig tilläggsisolering	Materialkostnad Lönekostnad för montage Montering av gips/puts vid behov	Verktyg Målning
Fönster	Demontage av gamla fönster Materialkostnad för nya fönster Lönekostnad för montage	Ställning
Solavskärmning	Materialkostnad för vertikala markiser Lönekostnad för montering och installation	Ställning
Ventilationssystem	Materialkostnad för nya ventilationsaggregat Lönekostnad för installation av aggregat	Materialkostnad för nytt kanalsystem Lönekostnad för installation av nytt kanalsystem
Tappvarmvatten-system	Materialkostnad för varmvattenberedare Lönekostnad för installation och eldragnig	Material- och lönekostnad för byte av befintlig värmecentral
Belysning	Materialkostnad för LED-lampor Lönekostnad för installation av lampor	Deponi av gamla glödlampor

8.2 Förutsättningar för Totalverktyget

Värmeförbrukningen för värme, fastighetsel och verksamhetsel definieras utifrån resultatet i IDA-ICE. Vattenanvändningen undersöks ej eftersom användningen antas vara samma före och efter att åtgärderna genomförs.

8.2.1 Energidata

Efter insamling av grunddata och energiberäkningar presenteras energidata för byggnaden. Grunddata och beräkningar för den totala energianvändningen och energibesparingen baseras värden från modellen i IDA ICE som redovisas i tabell 6.2 och 6.3.

8.2.2 Uppskattning av framtida el- och fjärrvärmepriser

Elpriserna har ökat markant det senaste året i jämförelse med de senare åren, vilket presenteras i tabellen nedan. (Nordpool 2021)

Tabell 8.2 Sammanställning av genomsnittligt pris för elområde 4 från år 2017 till 2021. (Nord Pool 2021)

Datum	Genomsnittligt pris för SE4 [öre/kWh]	Genomsnittlig förändring per år*
17 - jan-dec	310,13	-2%
18 - jan-dec	476,13	3%
19 - jan-dec	421,03	-4%
20 - jan-dec	269,30	3%
21 - jan-nov	720,99	11%
Medelvärde	439,52	2%

*Den procentuella prisförändringen är beräknat exklusive inflation som antas vara 2%.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Elmarknadsbyrån har gjort en analys över hur elpriset förväntas förändras på kort och lång sikt baserat på ett flertal studier. Eftersom elsystemet genomgår en omställning till förnyelsebar energi, som framför allt kommer från icke planerbar produktion, kommer priser att variera mycket. I dagsläget påverkas priset främst av elanvändningen som beror på vädret, men i framtiden kommer alltså också produktionen att påverka priset. Skillnaderna kommer även bli större mellan södra och norra Sverige eftersom stor del av elproduktionen sker i norra Sverige samtidigt som produktionen väntas öka där, medan elnätets kapacitet för överföring till södra Sverige är begränsad. (Energimarknadsbyrån 2021)

För att beräkna det värsta fallet med en mindre kostnadsbesparing, antas priset vara samma som det fasta priset för elektricitet enligt E.ON:s prislista, alltså 206 öre/kWh med bindningstid på 1 år som uppdaterades 2021-11-07. Det är ett momentant pris och ger därför inget längre perspektiv på hur prisbilden kommer att se ut i framtiden, men för att inte räkna med några större besparingar på grund av höjt elpris i framtiden kommer priset antas vara det som E.ON definierat. (E.ON 2021a)

Fjärrvärmepriset har under senare år varit stabil och förändrats endast runt 1–2% vilket är ungefär vad inflationen varit. Priset varierar dock under året beroende på om det är sommar eller vinter. Andra aspekter som också påverkar priset är om fjärrvärmenätet är väl utbyggt eller om produktionskostnaderna kan hållas nere. Kostnaderna blir oftast mindre i större städer, där fjärrvärmenätet är väl utbyggt och kundtätheten är stor. Fjärrvärmesystemet fungerar på ett mer effektivt sätt på sådana platser. (Energimarknadsbyrån 2019)

En prisjämförelse för år 2022 för företag, där flerbostadshus, lokaler och samfälligheter ingår, genomfördes av Krafteringen, se tabell 8.4. Priset varierar beroende på den årliga användningen.

Tabell 8.3 Årlig användning samt total kostnad per år för fjärrvärme för år 2022. Priset är inklusive moms. (Krafteringen u.å.)

Årlig användning [MWh]	Total kostnad per år [kr]	Kostnad per användning [öre/kWh]
80	77 276	96,60
193	186 429	96,60
500	482 974	96,60
1000	957 870	95,79

Eftersom den studerade byggnaden antagligen kommer ligga mellan årlig användning på 500–1000 MWh efter energieffektiviseringen, antas fjärrvärmepriset vara ett medelvärde av dessa. Priset blir alltså ungefär 96,60 öre/kWh inklusive moms. Priset exklusive moms blir därför 76 öre/kWh. (Krafteringen u.å.)

8.2.3 Förinställningar i Totalverktyget

Det fasta priset för fjärrvärme antas vara 0,76 kr/kWh och för elektricitet 2 kr/kWh enligt det som beskrevs i förra avsnitt. Dessa priser är utöver årliga avgifter. Eftersom avgifter tillkommer oavsett hur mycket energibesparingar som åtgärderna bidrar med kommer dessa bortses ifrån.

Kapitalräntan sätts till 8%, vilket är bestämt av fastighetsförvaltaren.

Den årliga relativa prisändringen utöver inflation sätts till 0% för att utgå ifrån ett värsta fall och hålla kostnadsbesparingen så låg som möjlig.

Värderingsmodellen som väljs är kassaflödesmetoden, vilket är ett annat namn för kapitalvärdesmetoden. Övriga möjliga metoder som kan användas är netto kapitaliseringsmetoden och direktavkastningsmetoden.

Värdeförändringen sätts till 1 eftersom det är det värsta fallet och det är svårt att uppskatta vilken värdeförändring som åtgärderna bidrar med utöver det investerade kapitalet för byggnaden.

Ekonomidata	
Åtgärds paket	
Real kalkylränta	8 %
Kalkyltid (endast för LCC)	0 År
Energi och effektpriser	
Energipris	Årlig relativ prisändring utöver inflationen [%]
Värme	0,76 kr/kWh 0
Elektricitet	2 kr/kWh 0
Fjärrkyla	0,7 kr/kWh 0
Vatten	16,8 kr/m³ 0
Övriga driftkostnader	0
Värderingsmodell	
Metod för värdeestimering av fastighet	Kassaflödesmetoden
Värdeförändring	1 (Kassaflödesmetoden)

Figur 8.1 Ekonomidata som definieras för åtgärds-paketet.

8.3 Framtagning av åtgärdspaket

8.3.1 Val av tilläggsisoleringsmaterial

För att avgöra vilket isoleringsmaterial som är mest lönsamt görs en värdering mellan materialen med hjälp av Totalverktyget.

Tabell 8.4 Sammanställning av tilläggsisoleringsmaterialen med beräknad total kostnadsbesparing och internränta enligt Totalverktyget. Rangordning av materialen är från högst till lägst internränta.

Namn	Kalkyltid [år]	Investerings- kostnad [kkr]	Värme-be- sparing [kWh/m ² *år]	Elbesparing [kWh/m ² *år]	Intern- ränta [%]	Total kostnads- besparing [kkr/år]
Träfiber-isole- ring	50	323,26	5,7	-0,8	6,3	21,3
Hampaisolering	62	533,68	5,5	-0,8	3,3	20,1
Perliteskiva	50	719,94	5,5	-0,7	1,8	21,7
Aerogelbaserad puts (utvändig isolering)	75	1917,8	4	-0,3	-0,84	18,3
Perlitebaserad puts (utvändig isolering)	75	791,6	-1,2	0	-10 000	-7,1
Kalciumsilikat- skiva	25	1029,87	-0,1	-0,3	-10 000	-4,3

Resultatet visar att träfiberisolering har högst internränta och också lägst kostnad. Alltså väljs träfiberisolering som material till åtgärden tilläggsisolering.

8.3.2 Val av åtgärder

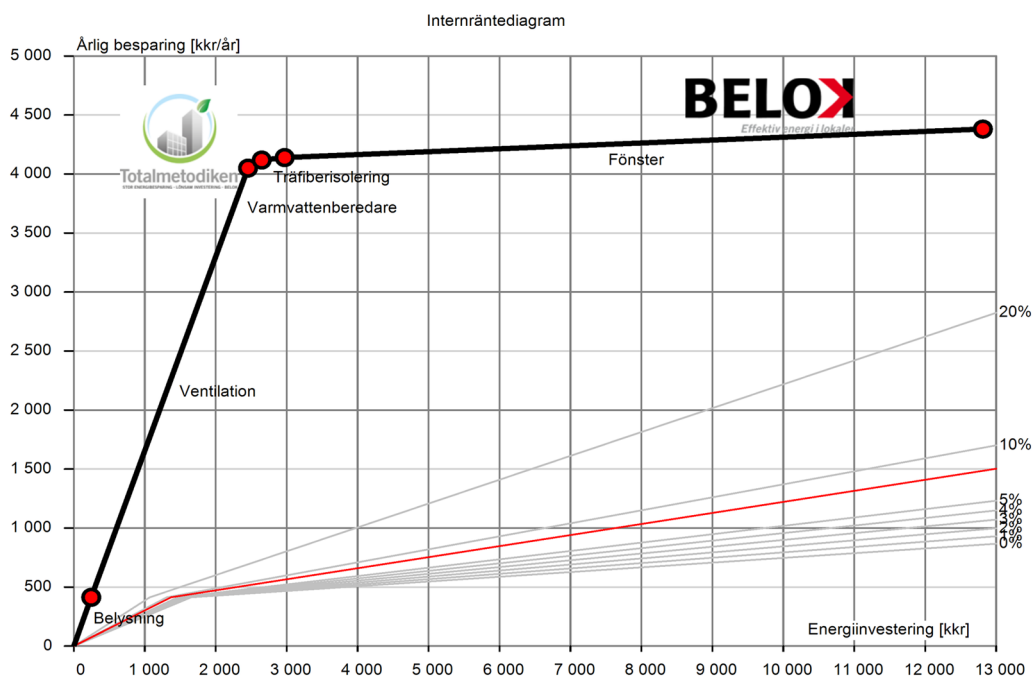
Samtliga åtgärder läggs in i Totalverktyget för att undersöka vilka åtgärder som ska ingå i åtgärdspaketet. Den totala internräntan visar sig bli så pass stor att alla åtgärder inkluderas i programmet. Dock är internräntan negativ både för åtgärden att installera solavskärmning samt fönsterbyte. Byte av fönster ger en internränta som ligger runt noll och kan lätt skifta mellan att vara lönsam eller icke lönsam beroende på tidigare antaganden. Därför är det svårt att avgöra huruvida den åtgärden är lönsam eller ej. Eftersom avkastningskravet ligger på 8% och internräntan ligger högt över det värdet, 26,2% med samtliga åtgärder inräknade, tas byte av fönster med i det slutgiltiga åtgärdspaketet. I tabell 8.5 presenteras ett åtgärdspaket med samtliga åtgärder inräknade, samt ett åtgärdspaket exklusive solavskärmning.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 8.5 Sammanställning av åtgärderna med beräknad total kostnadsbesparing och internränta enligt Totalverktyget. Rangordning av åtgärderna är från högst till lägst internränta. Summering för ett åtgärds paket med samtliga åtgärder och ett exklusive solavskärmning.

Namn	Kalkyl-tid [år]	Investerings-kostnad [kkkr]	Värme-be-sparing [kWh/m ² *år]	Elbesparing [kWh/m ² *år]	Intern-ränta [%]	Total kostnads-besparing [kkkr/år]
Belysning	4	244,9	-17,7	33,3	165,4	413,3
Ventilation	25	2211	212,5	153,1	164,5	3637,2
Varmvatten-be-redare	15	192,2	18,6	-2,4	34,9	67,8
Träfiberisolering	50	323,3	5,7	-0,8	6,3	21,3
Fönster	40	9841,2	26	5,7	-0,09	241,5
Solavskärmning	20	3292,5	-6,2	3,3	-16,6	14,8
SUMMA alla åtgärder	4–50	16 104,9	238,9	192,2	26,2	4395,8
SUMMA exkl. solavskärmning	4–50	12 812,5	245,1	188,9	33,2	4381,1

Ett åtgärds paket exklusive solavskärmning väljs. Se internräntediagrammet nedan.



Figur 8.2 Internräntediagram hämtad från Totalverktyget för det valda åtgärds paketet, där den röda linjen representerar den bestämda kapitalräntan på 8%. (Totalverktyget)

8.3.3 Slutgiltig simulering av åtgärdspaket

Då åtgärderna påverkar varandra i byggnadens system, görs en slutgiltig simulering av åtgärdspaketets alla åtgärder tillsammans i IDA-ICE, se bilagor B:4-B:6 för fullständiga rapporter.

Eftersom varmvattenberedarens energibesparing beräknades utifrån ett separat basfall, se kapitel 6.4, omvandlas den energibesparingen till en mindre förlust i varmvattensystemet. Övriga åtgärder behöver inte anpassas till den nya simuleringen utan samma inställningar som tidigare används.

Besparingen av värme och fastighetsel som resultat från IDA ICE presenteras i tabell 8.6, samt den totala investeringskostnaden för hela åtgärdspaketet som redovisats tidigare. Utefter dessa förutsättningar har internräntan beräknats med hjälp av Totalverktyget vilket också kan utläsas ur tabellen. Eftersom kalkyltiden varierar beräknas det nya fallet utifrån den längsta kalkyltiden, vilket är 50 år.

Tabell 8.6 Resultat efter att åtgärdspaketet simulerats i IDA ICE och sedan lagt in i Totalverktyget.

Namn	Kalkyltid [år]	Investeringskostnad [kkkr]	Internränta [%]	Värme-besparing [kWh/m ² *år]	Elbesparing [kWh/m ² *år]	Kostnadsbesparing [kkkr/år]
Åtgärdspaket	50	12 812,5	34,2	251,7	187,9	4410,3

Värmebesparingen ökade med 8,2 kWh/m²,år och elbesparingen ökade med 5,7 kWh/m²,år när alla åtgärder simulerades tillsammans. Internräntan ökade med 1%-enheter. Det resulterar i en total kostnadsbesparing på 4410,3 kkr/år, vilket är en ökning med 28,9 kkr/år.

8.4 Känslighetsanalys

Elpriset som använts är en grov uppskattning och eftersom intervallet som beräknats är upp till 50 år är det omöjligt att förutspå hur priset förändras fram till dess. Priset sattes relativt lågt för att vara på den säkra sidan, med prisökning på 0% per år exklusive inflation. Det kan vara ett rimligt antagande om planerbara energikällor används i framtiden och kan produceras till en låg kostnad, vilket resulterar i ett lägre energipris. Eftersom kalkyltiden är upp till 50 år finns sannolikheten att så blir fallet.

Elprisets påverkan på energibesparingen blir större ju högre priset är, alltså är det bättre att anta ett lägre pris än ett högre för att ha marginal på besparingen. För att undersöka hur priset och prisutvecklingen påverkar internräntan och den totala kostnadsbesparingen görs först ett försök i Totalverktyget om med priset 2 kr med en prisändring 2%. Att det sker en prisökning är ett rimligt antagande om förnyelsebara energikällor är dominerande i framtiden, som inte är planerbara. Resultatet kan avläsas i tabell 8.7 nedan,

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

där solavskärmningen fortsatt har en negativ internränta men ger ändå en positiv total kostnadsbesparing. Fönster får en positiv internränta till skillnad från tidigare, där både el- och total kostnadsbesparing blir större. Tilläggsisolering med träfiberisolering ger en negativ elbesparing men eftersom den totala kostnadsbesparingen är positiv blir också internräntan det. Åtgärden är alltså fortsatt lönsam.

Tabell 8.7 Internränta, elbesparing och total kostnadsbesparing för samtliga åtgärder med elpriset 2 kr och prisändring 2%.

Nr	Namn	Kalkyltid [år]	Internränta [%]	Elbesparing [kkr/år]	Total kostnadsbesparing [kkr/år]
5	Belysning	4	167,1	518	413,3
3	Ventilation	25	166	2381,2	3637,2
2	Varmvattenberedare	15	36,3	-36	67,8
1	Träfiberisolering	50	7,6	-12,4	21,3
4	Fönster	40	1,3	87,8	241,5
6	Solavskärmning	20	-15,3	51,4	14,8
	Summa	4-50	27,6	2990	4395,8

Är priset sådant som beräknades i tabell 8.2, alltså ca 4 kr med en prisändring på 2%, blir resultatet från Totalverket att solavskärmning fortsatt har en negativ internränta, se tabell 8.8 nedan, men att den ändå ökat i förhållande till värdet i tabell 8.7. Fönster får nu en negativ elbesparing men den totala kostnadsbesparingen blir ändå positiv, likaså internräntan. Tilläggsisolering med träfiberisolering har en positiv internränta men den har mer än halverats i förhållande till tabell 8.7, vilket också kan utläsas i tabell 8.8.

Tabell 8.8 Internränta, elbesparing och total kostnadsbesparing för samtliga åtgärder med elpriset 4 kr och prisändring 2%.

Nr	Namn	Kalkyltid [år]	Internränta [%]	Elbesparing [kkr/år]	Total kostnadsbesparing [kkr/år]
5	Belysning	4	381,5	1036	6018,4
3	Ventilation	25	273,9	4762,4	31,8
2	Varmvattenberedare	15	16,0	-72	329,3
1	Träfiberisolering	50	3,1	175,6	8,9
4	Fönster	40	2,9	-24,8	66,2
6	Solavskärmning	20	-5,8	102,8	66,2
	Summa	4-50	46,2	5980	7385,8

Rangordningen på åtgärderna förblir oförändrade, det är bara själva lönsamheten som ökar eller minskar.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Gällande priset på fjärrvärme är det också mer lönsamt med att ange ett högt värde. Det är omöjligt att veta hur förändringen ser ut över tid, men priset antas vara relativt stabilt och att det endast kommer följa inflationen.

Värdeförändringen på fastigheten sattes till 1, alltså att ingen värdeutveckling kommer ske efter utförandet av åtgärderna utom själva investeringskostnaderna. På så sätt antogs ett värsta fall. Det är dock högst troligt att en värdeökning kommer att ske efter energi-effektiviseringen är genomförd, alltså kommer investeringen i åtgärds paketet troligtvis ge en större lönsamhet än resultatet i denna beräkning. Kalkyltiden är satt till de enskilda åtgärdernas livslängd, men för fastighetsägare är det mer intressant att se lönsamheten efter 5 eller 10 år. Resultatet från Totalverktyget redovisas i tabell 8.9 och 8.10 nedan. Som jämförelse presenteras internränta och total kostnadsbesparing. Som kan utläsas i tabell 8.9 blir den totala internräntan mindre, där träfiberisolering, fönsterbyte och solavskärmning alla har en betydligt lägre än tidigare jämförelse med tabell 8.5. Rangordningen av åtgärderna är detsamma.

Tabell 8.9 Internränta och total kostnadsbesparing för samtliga åtgärder när kapitaltiden är upp till 10 år.

Nr	Namn	Kalkyltid [år]	Internränta [%]	Total kostnadsbesparing [kkr/år]
5	Belysning	4	165,4	413,3
3	Ventilation	10	164,5	3637,2
2	Varmvattenberedare	10	33,3	67,8
1	Träfiberisolering	10	-7	21,3
4	Fönster	10	-19,8	241,5
6	Solavskärmning	10	-20	14,8
	Summa	4–10	23,1	4381,1

När kalkyltiden är upp till 5 år förändras rangordningen på åtgärderna. Både fönsterbyte, träfiberisolering och solavskärmning samma negativa internränta. Däremot skiljer sig den totala kostnadsbesparingen där fönsterbyte ger större besparing än de övriga två åtgärderna. Den totala internräntan blir en tredjedel av vad den var när kalkyltiderna var samma som livslängderna på de enskilda åtgärderna i tabell 8.5.

Tabell 8.10 Internränta och total kostnadsbesparing för samtliga åtgärder när kapitaltiden är upp till 5 år.

Nr	Namn	Kalkyltid [år]	Internränta [%]	Total kostnadsbesparing [kkr/år]
5	Belysning	4	165,4	431,3
3	Ventilation	5	163,2	3637,2

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

2	Varmvattenberedare	5	22,5	67,81
4	Fönster	5	-20	241,5
1	Träfiberisolering	5	-20	21,3
6	Solavskärmning	5	-20	14,8
	Summa	4-5	10,7	4395,8

9 Diskussion och slutsatser

Frågeställning 1: De typer av åtgärder som kan göras enligt litteraturstudien för att energieffektivisera äldre byggnader är att förbättra klimatskalet, optimera de tekniska systemen, genomföra ”mjuka” åtgärder samt att ändra energikällor.

Frågeställning 2: Den åtgärd som ger absolut störst energieffektivitet är byte av ventilationssystemet, vilket gav en total energibesparing på 366 kWh/m²·år. Utöver det gav fönsterbyte (32 kWh/m²·år), byte till LED-lampor (16 kWh/m²·år), byte till decentraliserat tappvarmvattensystem (16 kWh/m²·år), samt invändig tilläggsisolering (5 kWh/m²·år) en förbättrad energieffektivitet. Solavskärmning var den enda åtgärden som inte gav någon energibesparing, vilket kan bero på att byggnaden främst kyls genom vädring.

Frågeställning 3: Den kombination av åtgärder, alltså åtgärdspaketet, som ger störst lönsamhet är byte till LED-lampor (165%), byte av ventilationssystem (165%), byte till ett decentraliserat tappvarmvattensystem (35%), invändig tilläggsisolering med träfiber (6%) och byte av fönster (0%). Internräntan för hela åtgärden blev 34% med en investeringskostnad på ca 12,8 miljoner kronor och en kostnadsbesparing på 4,4 miljoner kronor/år.

Med detta resultat blir det tydligt att det är extremt lönsamt att investera i energieffektiva åtgärder för den studerade byggnaden. Detta kan även gälla för andra liknande projekt där energianvändningen är stor.

9.1 Diskussion

Modellen har ett större energibehov än vad energideklarationen visar. Dock går det inte att fullständigt utgå från energideklarationen heller med tanke på att när den utfördes stod en stor del av byggnaden tom, uppskattningsvis 70%. Restaurangen var nedstängd, den stora borsalen utnyttjades ej och många kontorslokaler stod tomma. Detta bidrog till att både värmelasterna och energibehovet av bygganden förblev låga när energideklarationen utfärdades. Byggnadens tekniska system var inte fullt utnyttjade. Dessutom verkar vissa värden vara schablonvärden och inte faktiska värden, såsom varmvattenanvändningen som på prick stämmer överens med Svebys brukarindata. Under skapandet av modellen har byggnaden antagits vara i full drift för att undersöka den i sin verkliga funktion. Detta har i sin tur lett till att värdena blev betydligt större i jämförelse med energideklarationen.

Trots de förenklingar och modifieringar som görs för uppbyggnaden av basfallet blir den uträknade relativa energibesparingen ändå proportionell mot den verkliga energibesparingsmöjligheten eftersom åtgärdernas resultat beräknas gentemot basfallet. I följande stycken beskrivs antaganden och förenklingar som har gjorts.

9.1.1 Antaganden och förenklingar

Det har varit en stor utmaning att bygga upp en modell i IDA ICE som är så lik den verkliga byggnaden som möjligt. Byggnadens komplexitet krävde en del förenklingar i datorprogrammet IDA ICE. Programmet har en begränsning till vilken detalj en modell kan byggas upp, samt en begränsning på vilken mängd information och beräkningar den kan utföra vid brist på tid. Till exempel byggdes inte varje rum upp då det skulle kräva en allt för lång simuleringstid. Det betyder förutom att rummen generaliseras till större zoner att en del innerväggar saknas, vilket har till exempel en påverkan på byggnadens termiska värmelagringsförmåga. Även öppningsbara dörrar och fönster bortses ifrån, som även förenklar byggnadens termodynamiska egenskaper. Andra förenklingar av byggnaden krävs på grund av brist på information. Anledningen var bland annat avsaknad av ritningar och underlag för systemens funktionsvärden som tilluftstemperaturer, SFP-tal, värmeåtervinningsgrad, lampmodeller etc. Det kunde även handla om brist på tid eller möjlighet att utföra diverse mätningar såsom tryckprovning eller mätning av köldbryggor. Det fanns inte heller möjlighet för att kartlägga de interna lasterna på ett exakt sätt. En annan begränsning var tillgängligheten till byggnaden. Inga kontorsrum eller andra lokaler var tillgängliga vid den okulära besiktningen, så exempelvis ventilationsdon i rummen kunde inte undersökas, eller fönsterna från insidan.

Då det saknas ritningsdetaljer på ett flertal ytterväggars uppbyggnad förenklas ytterväggarna till ett fåtal sorter. I brist på ritningar används boken *Så byggdes husen mellan 1880–2000-talet* vilket skildrar epokens typiska byggnadskonstruktion, men det betyder inte att den studerade byggnaden är uppbyggt på exakt samma sätt. Vissa materialspecifika egenskaper som inte kunde hittas antogs, vilket kan ha en viss påverkan på resultatet, framför allt gällande val av tilläggsisolering.

Modellens A_{temp} är större än den faktiska byggnadens. Detta beror dels på att basen i modellen byggs en aningen större för att få plats med samtliga zoner som läggs till senare i programmet. Det beror även på att källaren och garaget byggs upp som zoner eftersom även dessa förses av byggnadens tekniska system, såsom ventilation och varmvatten. Även om dessa utrymmen inte ingår i den ursprungliga byggnadens A_{temp} , så anses det viktigt att ta med även dessa zoner i byggnadens energiberäkningar.

Eftersom fläktrummen, som är placerade på vinden på tredje våningen, är inte uppvärmda kommer de inte tas med i uppbyggnaden av modellen, utan de påverkar endast byggnadens yttre gräns. För modellen innebär det att inget energiutbyte sker mellan vindsutrymmet och zonerna undertill. Eftersom vindsutrymmet inte är en zon kommer programmet räkna utrymmet som en oändligt tjock isolering. Dock kan det vara ett rimligt antagande eftersom spillvärme från aggregaten gör att utrymmet ändå blir uppvärmt i verkligheten. Förenklingen antas därför inte påverka resultatet nämnvärt.

Lufttätheten uppskattas i litteraturstudien och är inte det faktiska (okända) värdet för den studerade byggnaden. Detta har en stor påverkan på byggnadens energibalans. Samma

sak gäller för köldbryggor som uppskattas med hjälp av en Svensk Standard för köldbryggor i byggnader. Både köldbryggor och byggandens lufttäthet påverkas av vissa åtgärder, såsom tilläggsisolering och byte av fönster. Eftersom det finns en standard att tillgå gällande köldbryggor tas denna förändring i beaktning. För lufttäthet kan ingen liknande standard hittas och därför minskas inte lufttätheten vid vissa åtgärder som har en positiv påverkan på tätheten, såsom byte av fönster och tilläggsisolering. Därmed kan tilläggsisolering och fönsterbyte troligtvis bidra till större energibesparingar än vad det beräknade resultatet visar.

Eftersom exakta flöden saknas för ventilationssystemet i nuläget, används börvärden som anges i den obligatoriska ventilationskontrollen, detta kan ha en påverkan på byggnadens energibalans och energibehov. De börvärden som används gav ett totalt ventilationsflöde på $3 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ och det rekommenderade flödet från folkhälsomyndigheten skulle vara $0,7 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ för byggnaden, som användes i modellen för åtgärden. Att ventilationsflödet minskar till en fjärdedel har en stor påverkan på byggnadens energibehov. Även om ett luftflöde på $3 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ känns för stort användes detta i basfallet. Anledningen var att det fanns en pålitlig källa för de värdena och att börja uppskatta på egen hand skulle kännas allt för chansartat. Detta stora flöde kan ha påverkan på såväl uppvärmnings-, kyl- och elbehov.

Energiförlusterna i tappvarmvattensystemet sänktes från 3 W/m^2 till $0,222 \text{ W/m}^2$. Det är en stor förbättring där utgångsdata kan ha överskattats. Däremot baseras denna data på en förinställning i IDA ICE. Baserat på samma logik som vid bestämmandet av ventilationsflödet ansågs det vara bättre att grunda datan på något som går att referera till än på uppskattningar.

Att räkna med att alla lampor i byggnaden är av typen glödlampor är en stor förenkling och en bidragande faktor till att åtgärden belysning ger en så stor besparing. Dock antas detta eftersom det var svårt att uppskatta andelen lampor som bytts till LED-lampor, och att varken driftteknikern eller den tekniska chefen hade någon information om detta.

Det finns två F-system som inte beaktas i uppbyggandet av ventilationssystem i IDA ICE, eftersom de inte kommer ändras, varken tas bort eller bytas ut, under energieffektiviseringen. Som nämnts tidigare förser den ena köksfläkten och den andra garaget. De två F-systemen kunde ingått i modellen men det hade blivit mer komplicerat och inte gett förändrat resultatet i slutändan.

I Totalverktyget kan vattenanvändningen och även förändring av vattenanvändningen för respektive åtgärd anges men detta görs inte. Troligtvis blir vattenanvändningen mindre efter byte av tappvarmvattensystem, då mindre spillvatten kommer att gå åt på grund av att avståndet från varmvattenkällan till blandaren blir kortare och fördröjningen av det varma vatten blir därför mindre. IDA ICE möjliggör inte för någon liknande simulering utan kräver en förinmatning manuellt av vattenanvändningen. Energibesparingen kommer därför troligtvis bli större än vad beräkningarna visar för just åtgärden att byta till varmvattenberedare.

I Totalverketaget räknas inte värdeförändring, underhållskostnader eller restvärden med. Det är högst troligt att en positiv värdeförändring kommer ske för byggnaden efter en ombyggnation, vilket även diskuterats i känslighetsanalysen. Detta skulle bidra till en ännu större lönsamhet för åtgärderna. Likaså skulle restvärden bidra till en ökad lönsamhet. Underhållskostnader däremot skulle bidra till en lägre total lönsamhet. Exempelvis kommer ett nytt ventilationssystem troligtvis bidra till ett ökat värde på byggnaden och samtidigt minska underhållskostnaderna för det nya systemet. Vad gäller varmvattenberedarna ökar dessa troligtvis inte direkt värdet av byggnaden, men de kan bidra till större underhållskostnader. Det skulle alltså krävas en mer fördjupad undersökning gällande de olika åtgärdernas ekonomiska utfall för mer exakt resultat.

De befintliga fönsterna antas ha ett U-värde på $2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ efter övervägande av resultat från ett flertal olika källor. Detta kan vara ett för dåligt värde och därmed skulle åtgärden ”byte av fönster” innebära en mindre energibesparing för byggnaden. LT-värdet och g-värdet uppskattas genom beräkning av ett tvåglasfönster i ett datorprogram. Dessa värden kan vara för höga på grund av att de beräknas för tvåglasfönster, när byggnaden i verkligheten har tvåglasfönster samt ett yttre gammalt fönster med en glasskiva. Detta skulle i så fall också ha en påverkan på energibehovet, där lägre värden skulle bidra till ett mindre kylbehov på sommaren, men till ett större värmebehov på vintern.

9.1.2 Diskussion av resultaten

Klimatet har en otroligt stor påverkan på resultatet i energiberäkningar för en byggnad. I IDA ICE finns det möjlighet för att ställa in det geografiska läget och vindprofilen. Simuleringarna utfördes för ett normalår, vädret kan dock ändras från år till år, vilket i sin tur påverkar på byggnadens energibehov. Det hade varit intressant att undersöka i vilken grad olika klimatdata påverkar byggnadens energibehov. För det hade man kunnat jämföra olika geografiska platser som har liknande klimat som Malmö, men ändå med en viss skillnad.

När de olika typerna av tilläggsisolering undersöks prioriteras minsta tjocklek på isoleringen. Om isolertyperna skulle i stället jämföras med samma tjocklek hade möjligtvis en annan typ av isolering visat sig vara den mest energibesparande eller mest lönsamma.

En del tilläggsisoleringsmaterial visar sig inte vara energibesparande eller lönsamma. Det är ett intressant resultat då isoleringsmaterialen rent intuitivt borde bidra till ett minskat energibehov. Resultatet visar att en byggnads system är mer komplext än så, där många parametrar existerar och påverkar varandra. Det skulle vara intressant att utföra fler beräkningar på isolering och testa fler tjocklekar för att se hur energibehovet förändras då, och även göra fler mätningar för att avgöra hur andra parametrar påverkar byggnaden som system. Vid invändig tilläggsisolering bör till exempel även fuktrisker undersökas. Fuktförhållandena kan t ex simuleras i datorprogrammet WUFI.

Åtgärden ”byte av aggregat” i ventilationssystemet gav den största energibesparingen och sänkte den specifika energianvändningen av byggnaden med 65%. Det kan bland

annat bero på ventilationsflödet som beskrivits ovan men också andra antaganden om aggregatens eleffekt och värmeåtervinningsgrad. Det vore vidare intressant om resultatet i energianvändning undersöktes för diverse värden på olika aggregat.

Övriga åtgärder som diskuteras men som inte tas med i vidare beräkningar, så som installation av solceller och ”mjuka” åtgärder, simuleras inte eftersom de inte går att modifiera i IDA ICE även om de hade varit intressanta att implementera för den studerade byggnaden. Det går därför inte att säga vilken effekt de har till energieffektiviteten eller kostnadsbesparingen.

Vid jämförelse mellan kostnaderna för åtgärderna som studerats i avsnitt 8.1 *Kostnads-kalkylering* sticker framför allt implementering av varmvattenberedare ut med endast 192 176 kr, där kostnad för installation och dragning av nya elledningar för 21 varmvattenberedare ingår. Kostnaden baseras på Wikells sektionsdata, men känns lite för låg. Det kan bero på underskattning av kostnaden för ny elledningsdragning eller att det tillkommer andra typer av kostnader som inte tagits med, exempelvis rördragning. En annan anmärkning på kostnaderna är att byte av solavskärmning kostar ca 1 miljon kronor mer än byte av ventilationssystemet, men det beror på att kostnaderna fördelas olika eftersom endast de energieffektiva insatserna räknas med, inte sådant som är standard-höjande. Det är dock anmärkningsvärt att byte av fönster endast kostar ca en tredjedel av vad solavskärmningen kostar, eftersom de båda anses som rena energieffektiviserande åtgärder. Båda åtgärderna är beroende på fönsternas storlek och antal.

Investeringskostnaderna och hur dessa fördelas över posterna ”renovering” eller ”energieffektivisering” har en enorm påverkan på åtgärdens lönsamhet. Så har även priset på el och fjärrvärme, som kan ses i känslighetsanalysen för åtgärdspaketet.

Internräntan på åtgärdspaketet visade sig bli 34,2%, vilket tyder på en stor lönsamhet med tanke på ett investeringskrav på 8%. Man kan fråga sig varför fastighetsägare inte utför sådana energieffektiviseringsåtgärder om det nu är så pass lönsamt. Förutom osäkerheten i beräkningarna på grund av antaganden som beskrevs tidigare i diskussionen kan det även bero på andra osäkerheter som fastighetsägare möter. Internräntan på 34,2% gäller för en kalkyltid på 50 år. Att planera 50 år framöver kan innebära allt för många osäkerheter för ett företag. På 50 år hinner branschen förändras avsevärt som medför nya prioriteringar för företaget. Även teknologin förväntas utvecklas i en ännu snabbare takt, vilket kan bidra till nya sätt att energieffektivisera på. En annan osäkerhet med att ha en så lång kalkyltid är de förändrade priserna på energimarknaden. Som även känslighetsanalysen visar, beror lönsamheten mycket på de framtida energipriserna, vilka är väldigt svåra att förutspå. Dessutom kan företag vilja få ut vinsten från en investering så fort som möjligt och en investering som ger lönsamhet efter 50 år kan bedömas som allt för lång tid. När kalkyltiden sätts på 5 år når internräntan 10,7%, vilket ändå är högre än investeringskravet, alltså visar det sig ändå vara lönsamt för företag att investera i sådana energibesparingsåtgärder även vid en hel del osäkerheter.

Att räkna på 50 år kan ändå vara aktuellt för att se vilken stor energibesparing som kan uppnås och i vilken utsträckning det bidrar till klimatarbetet. Energiinvesteringar kan dessutom bidra till en good-will som kan ge andra typer av ekonomiska vinster, som till exempel att flera hyresgäster väljer fastighetsföretaget.

Ytterligare en anledning till varför fastighetsägare inte investerar i energieffektiviseringsåtgärder kan vara behovet av ett stort fritt kapital. Visserligen förväntas investeringen ge en bra lönsamhet, men det kräver i sin tur en investeringssumma på 12,8 miljoner kronor. Samtliga fastighetsägare med liknande projekt kanske inte har tillgång till en så stor summa pengar som kan investeras.

9.1.3 Andra renoveringsmöjligheter

Fler renoveringsmöjligheter skulle kunna undersökas. Här följer några exempel som kan vara till inspiration för vidare undersökningar:

- Begränsa användandet av glastillbyggnaderna till sommar och vår. På så sätt skulle de inte behövas värmas upp under vintern, men skulle fungera som ett skyddande skal för kylan på vintern.
- Installera olika typer av fönster i olika väderstreck och på så sätt optimera förhållandet mellan värmegenomgångskoefficienten och utnyttjandet av den passiva solvärmem.
- Installera solceller eller fönstersolceller.
- Installera smarta fönster som ändrar ljusgenomsläpplighet beroende på solljusbelastning.
- Effektivisera belysningen med sensorstyrd belysning.
- Installera ventilationsaggregat med bättre SFP-tal och värmeåtervinningsgrad.
- Ta vara på kyla från havet som ligger precis bredvid
- Ta vara på regnvatten

9.2 Slutsats

Resultatet visar att det inte är de åtgärder som ger störst energibesparing som är de mest lönsamma ur fastighetsägarens perspektiv. Investeringskosten och livslängden spelar in i hur stor internräntan, och därmed lönsamheten, blir.

Är det lönsamt att energieffektivisera en 1800-talsbyggnad?

Tabell 9.1 Samtliga undersökta åtgärder rangordnade efter största till lägsta internränta.

Åtgärd	Internränta [%]
Belysning	165,4
Ventilationssystem	164,5
Varmvattenberedare	34,9
Träfiberisolering (invändig)	6,3
Hampaisolering (invändig)	3,3
Perliteskiva (invändig)	1,8
Fönster	-0,1
Aerogelbaserad puts (utvändig)	-0,8
Solavskärmning	-16,6
Kalciumsilikatskiva (invändig)	< -100
Perlitebaserad puts (utvändig)	< -100

Tabell 9.2 Samtliga undersökta åtgärder rangordnade efter största till lägsta energibesparing.

Åtgärd	Energibesparing [kWh/m ² *år]
Ventilationssystem	365,6
Fönster	31,7
Tappvarmvattensystem	16,2
Belysning	15,6
Träfiberisolering	4,9
Perliteskiva	4,8
Hampaisolering	4,7
Aerogelbaserad puts (utvändig)	3,7
Kalciumsilikatskiva	-0,4
Perlitebaserad puts (utvändig)	-1,2
Solavskärmning	-2,9

Det visar sig vara svårt att beräkna exakt vilken energibesparing en viss åtgärd kan ha. Det är många faktorer som påverkar en sådan beräkning, såsom förenklingar av verkligheten, beräkningsprogrammets begränsningar mm. Att beräkna lönsamheten för en viss åtgärd visar sig vara ännu mer komplicerad. Slutsatsen är att det ej går att generalisera vilken åtgärd som skulle ge störst lönsamhet. Detta då resultatet beror utöver byggnadens egenskaper även på förvaltarens framtida planer, förväntningar och projektledning. Varje projekt är unik och måste därför hanteras på ett unikt sätt, med beräkningar anpassade efter de aktuella förhållandena.

Kostnadsberäkningar är komplexa, då väldigt många faktorer kan spela in. Är fönsterna av helt vanliga typer eller specialformade skiljer sig priset avsevärt. Vissa material kan vara billigare/dyrare beroende på till exempel vilket land projektet genomförs i. Finns

det en stor konkurrens på marknaden bland hantverkare eller ej kan också vara avgörande i prissättningen.

Totalmetodiken, och där till Totalverktyget, var ett enkelt och användbart redskap för energieffektivisering av en befintlig byggnad. De olika stegen i tillvägagångssättet var pedagogiskt och detaljerat för att kunna anpassas till vilket projekt som helst. Totalverktyget var lätthanterligt för att beräkna kostnadsbesparing och internränta för åtgärderna och därmed ta fram ett lämpligt åtgärdspaket.

Vissa åtgärder är så pass lönsamma att den individuella internräntan är större än kapitalräntan. Det gäller för åtgärderna; belysning, ventilation och installation av varmvattenberedare. Övriga åtgärder är inte lönsamma om de genomförs separat, men bidrar ändå med en kostnadsbesparing varför de är lönsamma att ha med i ett åtgärdspaket.

När åtgärderna som ska ingå i åtgärdspaketet har valts ut är det viktigt att göra en slutgiltig simulering då det uppstår en synergieffekt i energibesparingen. Det bidrar därför också till en högre internränta och högre total kostnadsbesparing.

Prioriteringsordningen som är redovisade i litteraturstudien, se tabell 2.1, är intressant men visar sig inte gälla för just detta projekt. Att genomföra de föreslagna åtgärdstyperna är positivt, men rangordningen stämmer inte alls överens med resultatet från detta examensarbete. Det beror mer på byggnaden och andra tillfälligheter vilken prioritering som är mest lönsam. Exempelvis prioriteras åtgärder som avser ändring av klimatskalet nästan uteslutande först, därefter åtgärder som avser optimering av teknik, och sedan antingen ”mjuka” åtgärder eller åtgärder som avser ändring av energikällor. Dock undersöks inte optimering av ”mjuka” åtgärder eller ändring av energikällor i detta examensarbete, men att klimatskalet skulle prioriteras först är missvisande.

9.3 Framtida utvecklingsmöjligheter

Lönsamhetsberäkningar inom energieffektivisering av byggnader sker endast i monetära termer och är definierad som vinst i kronor på grund av energibesparing per investerad krona. Det vore mer rimligt om även andra aspekter togs med i beräkningen. Enligt beräkningarna som gjorts visade sig solavskärmning inte vara en lönsam investering, då energibehovet för kylningen inte sänktes tillräckligt mycket som skulle kunna omvandlas till en monetär vinst. Det skulle dock finnas andra fördelar med att installera solavskärmning, som exempelvis att människor skulle känna välbehag i ett klimat där solen inte bländar eller skapar en alltför varm inomhusmiljö.

Sådana fördelar ingår inte i lönsamhetsberäkningar för energieffektivisering men det skulle kunna vara fullt rimligt att försöka uppskatta en sådan vinst i pengar och ta hänsyn till det. Ett försök skulle kunna vara till exempel att genom forskning uppskatta hur effektiviteten försämras på arbetsplatsen i förhållande till inomhusklimatet och översätta det till betalda timmar för företaget. Det psykiska välbefinnandet står i stark korrelation

med det fysiska välbefinnandet och det vore rimligt att i energieffektiviseringsåtgärder även ta hänsyn till sådana aspekter i framtiden.

En annan möjlig utvecklingsmöjlighet är att det är viktigt att sätta en systemgräns för ett projekt. Som i fallet av detta examensarbete sträcker sig systemgränsen till en enda byggnad. Så är fallet även i lönsamhetsberäkningar för många förvaltare. Det vore dock intressant att undersöka om denna systemgräns skulle kunna vidgas och fler faktorer skulle kunna räknas med. Sådana faktorer skulle kunna vara uppskattningen av samhällsnyttan av vissa åtgärder, såsom uppskattningen av koldioxidutsläppet för materialen som behövs till åtgärderna samt minskningen av utsläppen på grund av energibesparingarna. En annan aspekt som vore intressant är att kombinera energibehovet och energiförsörjningen av flera byggnader som ligger varandra nära. Det diskuteras av förvaltaren att eventuellt utforma den studerade byggnaden till ett spa. I ett sådant fall skulle byggnaden komma att ha ett stort värmebehov. Det finns många kontorslokaler i närheten, och som det är känt har kontorslokaler oftast större behov av kylenergi. Dessa olika byggnader och verksameters energibehov bör kunna kombineras inom stadsdelar.

10 Källhänvisning

Abel, E., Ekberg, L., Maripuu, M.L., Norbäck, M. & Nilsson, P.E. (2017). *Totalmetodiken – Handbok för genomförande och kvalitetssäkring*. Version 1.6. Belok.

Aerogel Applications. (2018). U-value and cost. <http://aerogelanwendungen.ch/en/u-value-and-cost/> [2021-11-15]

Andersson, A.C. (1976). *Tilläggsisolering: köldbryggor, fukt, rörelser och beständighet: programarbete*. (Rapport 80). Lund: Institutionen för Byggnadsteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Balksten, K. & Strandberg-de Bruijn, P. (2019). *Hampakalk – Tilläggsisolering på reviderade trähus och saltskadat tegelmurverk*. (Slutrapport 2019). Lund: Avdelningen för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola.

Basiri, F. & Forsling, P. (2006). *Energisparguiden – Erfarenheter av energieffektivisering i offentliga lokaler*. Stockholm: U.F.O.S & Sveriges Kommuner och Landsting.

Bauhaus. (u.å.) *Isolering*. <https://www.bauhaus.se/bygg/tak/isolering> [2021-11-16]

Becker, M. (2019). *Kompendium i MIOA12/MIOA01 – Industriell ekonomi AK*. [Internt material]. Institutionen för Teknisk Ekonomi & Logistik, Lunds Tekniska Högskola. Lund: Lunds Universitet.

Beijer Byggmaterial (2021). *Uni-Skiva 35*. <https://www.beijerbygg.se/privat/sv/produkter/byggmaterial/isolering/glasull/uni-skiva-35-651-120-560x1160-006605449> [2021-09-30]

Björk, C., Reppen, L. & Kallstenius, P. (2013). *Så byggdes husen 1880–2000: arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus*. [ny utg.]. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Boverket. (2011). *Boverkets byggregler (BFS 2011:6) – föreskrifter och allmänna råd*, BBR. Stockholm: Sveriges Riksdag.

Boverket. (2012). *Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler – utgåva två*. Karlskrona: Boverket.

Boverket. (2014). *Lufttäthet*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/om-fukt-i-byggnader/nyproduktion--fuktsakerhetsprojektering/lufttathet/> [2021-11-22]

Boverket. (2021). *Boverkets författningssamling (BFS2017:6 BEN 2)*. Stockholm: Sveriges Riksdag.

Boverket. (2021). *Varsamhetskravet*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/kulturvarden/kulturvarden-i-plan---och-bygglagen/krav-pa-byggnadsverk-och-tomter/varsamhetskravet/> [2021-10-10]

Brandfarlig vara. (2021). Brandfarlig vara 2021 – Konferensfakta. <http://www.brandfarligvara.se/fakta> [2021-11-01]

Broström, T. (2008). Energisparande förutsättning för bevarande. Gotland: Byggnadsvårsföreningen. <https://byggnadsvard.se/energisparande-forutsattning-for-bevarande/> [2021-10-10]

Bülow-Hübe, Helena. *Fönsterfysik och energitransport genom fönster*, 2011. Lund: *Avd. för energi och byggnadsdesign*, Lunds Tekniska Högskola.

Burström, P.G. (1999). *Livslängsbedömningar av byggnadsmaterial*. (TVBM-7147). Lund: Avdelning för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola.

Burström, P.G. (2007). *Byggnadsmaterial – Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. (Upplaga 2:14). Lund: Studentlitteratur AB.

Ekolution (2015). *Hampaisolering*. [Produktblad]. Malmö: Ekolution. https://www.ekolution.se/files/ugd/745fcc_1b465dd7707141f3abfdbd47d5bd1acb.pdf [2021-10-15]

Ekstrands Dörrar & Fönster (u.å.). *Välj rätt prestanda på ditt fönster*. <https://www.ekstrands.com/media/cqzmjido/valj-ratt-prestanda-pa-ditt-fonster-2014.pdf> [2021-11-19]

Energimarknadsbyrån. (2019). *Fjärrvärme – Pris och prognos*. <https://www.energi-marknadsbyran.se/fjarrvarme/fjarrvarmeavtal-och-kostnader/fjarrvarme-pris-och-kostnad/> [2021-11-29]

Energimarknadsbyrån. (2021). *Prognos och utveckling*. <https://www.energi-marknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elpriser-statistik/elpriser-prognos-och-utveckling/> [2021-11-29]

Energimyndigheten. (2010). *Energien i våra lokaler – Resultat från Energimyndighetens STIL2-projekt*. (Delrapport) Eskilstuna: Energimyndigheten

Energimyndigheten (2020). *Sveriges energi- och klimatmål*. <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/sveriges-energi--och-klimatmal/> [2021-09-25]

Energimyndigheten (2021). *Välj rätt lampa*. <https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/jag-vill-energieffektivisera-hemma/inkop-av-produkter/belysning/valj-ratt-lampa/> [2021-11-15]

EON. (2021). *Dagens elpris – vad ligger elpriset på idag?*. <https://www.eon.se/el/el-priser/aktuella> [2021-11-29]

EOTA. (2018). Insulation product made of expanded perlite. (EAD 040010-00-1201). https://www.eota.eu/download?file=/2013/13-04-0010/ead%20for%20jeu/ead%20040010-00-1201_ojeu2018.pdf

Eskola, L., Alev, U., Arumägi, E., Jokisalo, J., Donarelli, A., Sirén, K. & Kalamees, T. (2015). Airtightness, Air Exchange and Energy Performance in Historic Residential Buildings with Different Structures. *International Journal of Ventilation ISSN 1473-3315*, Volym 14 No 1, s. 15-16.

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/844 av den 30 maj 2018 om ändring av förordning 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda och förordning 2012/27/EU om energieffektivitet. (EUT L156/75, 30.5.2018). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ%3AL%3A2018%3A156%3ATOC&uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG

Fahlén, E., Karlsson, J., Johansson, N., Grill, E., Flodberg, K. & Heincke, C. (2016). *Solceller på svenska kontorsbyggnader – En helhetsbedömning*. (Rapport 2016:232). Göteborg: Energiforsk AB.

Fantucci, S., Isaia, F., Serra, V. & Dutto, M. (2017). Insulating coat to prevent mold growth in thermal bridges. *Energy Procedia*. Volym 134, s. 414–422.

Fenoglio, E., Fantucci, S., Serra, V., Carbonaro, C. & Pollo, R. (2018). Hygrothermal and environmental performance of a perlite-based insulating plaster for the energy retrofit of buildings. *Energy & Buildings*. Volym 179, s. 26–38.

Finken, G.R., Bjarløv, S.P. & Peuhkuri, R.H. (2016). Effect of façade impregnation on feasibility of capillary active thermal internal insulation for a historic dormitory – A hygrothermal simulation study. *Construction and Building Materials*. Volym 113, s. 202–214.

Fixit. (u.å.) *Experience the innovation! Learn about Aerogel high-performance insulating plaster*. <https://www.fixit-aerogel.com/en/the-innovation> [2021-11-10]

Folkhälsomyndigheten. (2020). Ventilation. [https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/kompletterande-vagledning-om-ventilation/#:~:text=in-går%20i%20uteluftsflödet.,Bostäder,\(1%2Fs%20person\)](https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/kompletterande-vagledning-om-ventilation/#:~:text=in-går%20i%20uteluftsflödet.,Bostäder,(1%2Fs%20person)). [2021-10-18]

Fönster fukt & inomhusmiljö. (2011). *Fakta om fönster*. https://energy.extweb.sp.se/ffi/fakta_fonster.asp [2021-11-29]

- Förenta nationerna. (2015). *Parisavtalet om klimatförändringar*. Signerat i Paris den 12 december 2015, trädde i kraft 4 november 2016. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- Ganobjak, M., Brunner, S. & Wernery, J. (2019). Aerogel materials for heritage buildings: Materials, properties and case studies. *Journal of Cultural Heritage*. Volym 42, s. 81–98.
- Grey, L. (2013). *Träfiberisolering – en livscykelanalys*. Slöjd & Byggnadsvård.
- H.Hedin. (u.å). Teknisk medellivslängd. <http://hhedin.se/teknisk-medellivslangd/> [2021-11-10]
- Herrera, D., Haas, F., Troi, A., Leijonhufvud, G., Broström, T., Rieser, A., Rose, J., Hüttler, W. & Kuchar, S. (2021). *Case Studies Assessment Report - Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy*. (Rapport D. A2). SHC – Solar Heating & Cooling Agency.
- Hluchan, S.E. & Pomerantz, K. (2012). Calcium and Calcium Alloys. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinsteint: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hunton. (u.å.). *Skivor – Nativo Träfiberisolering*. <https://hunton.se/produkter/vagg/hunton-nativo-trafiberisolering-skivor/> [2021-11-30]
- Ibrahim, M., Biwole, P.H., Achard, P., Wurtz, E. & Ansart, G. (2015). Building envelope with a new aerogel-based insulating rendering: Experimental and numerical study, cost analysis, and thickness optimization. *Applied Energy*. Volym 159, s. 490–501.
- Infrastrukturdepartementet. (2019). *Sveriges tredje nationella strategi för energieffektiverande renovering. Rapportering i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Insulation Info. (2021). *Hemp insulation: properties & advantages*. <https://www.insulation-info.co.uk/insulation-material/hemp> [2021-11-05]
- Insulation Superstore. (u.å.). *ProofTherm Insulating Wall Render/Plaster - 15kg*. <https://www.insulationsuperstore.co.uk/product/prooftherm-external-wall-insulating-render-15kg.html> [2021-10-28]
- Isover Saint-Gobain. (2021b). Isover UNI-skiva 35. <https://www.isover.se/products/isover-uni-skiva-35> [2021-10-18]
- Isover Saint-Gobain. (2021c). *Isover brand/lastskiva 140*. <https://www.isover.se/products/isover-brandlastskiva-140> [2021-10-18]

Isover Saint-Gobain. (2021a). Isolera mot värme och kyla. <https://www.isover.se/isolera-mot-varme-och-kyla#:~:text=Med%20isolering%20kan%20v%C3%A4rmetransmissionen%20genom,cellplast%20har%20d%C3%A4rf%C3%B6r%20god%20v%C3%A4rmeisolering%C3%B6r%C3%A5ga>. [2021-10-01]

Karim, A.N., Johansson, P. & Kalagasidis, A.S. (2020). Super insulation plasters in renovation of buildings in Sweden: energy efficiency and possibilities with new building materials. *IOP Science*. Volym 588, 1.11-1.14.

Karim, L., Johansson, P. & Kalagasidis, A.S. (2020). Aerogelbaserad puts – superisolerings för framtiden. *Husbyggaren*, Nr. 6.

Kemilärarnas resurscentrum. (u.å.) *Vilken sked är varmest?* <https://www.krc.su.se/utbildningsmaterial/laborationer/v-y/vilken-sked-%C3%A4r-varmast-1.354579> [2021-11-29]

Kraftringen. (u.å.) *Fjärrvärmepris*. <https://www.kraftringen.se/foretag/varme-kyla/fjarrvarme-kraftringen/fjarrvarmepris/> [2021-11-30]

Köldbryggor i byggnadskonstruktioner – Linjär värmegenomgångskoefficient – För- enkla metoder och schablonvärden (ISO 14683:2017)

Lampor Nu. (2021). *Philips CorePro LED bulb E27 A60 12.5W 840 Matt*. https://www.lampor.nu.se/philips-corepro-ledbulb-e27-a60-12-5w-840-matt-ersaettare-100w?channel=4048b6736b75003837313836393635313033303870&qcd=1&utm_gst=3872eb6db8512777f6f9b7264ee5086caca71d03&gclid=Cj0KCQiA-qGN-BhD3ARIsAO_o7yn7UFmMNov4ryiNUjN4-owFA-ApPIJNXN5sKC1AZPqVjqMxnFvIjNIaArgzEALw_wcB [2021-11-20]

Lundstedt, S. (2008). Tilläggsisolera – men inte för mycket!. *Byggnadsvårdsföreningen*. <https://byggnadsvard.se/tillaggsisolera-men-inte-for-mycket/> [2021-10-01]

Markisfakta. (u.å.). *Fakta om markiser och markisvävar – minimera risken att välja fel solskydd*. <https://www.markisfakta.se/service/markiser/> [2021-11-15]

Nationalencyklopedin. (u.å.) Aerogel. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/aerogel> [2021-10-30]

Nibe (2021). *Nibe ES, Varmvattenberedare*. <https://www.nibe.eu/sv-se/produkter/varmvattenberedare/es> [2021-10-15]

Nordpool. (2021). Day a-head prices. (Uppdaterad 29 november 2021). Nordpool Market Data. <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/#!/nordic/table> [2021-11-29]

Näringslivsdepartementet. (2009). *En sammanhållen klimat- och energipolitik - Energi*. (Regeringens proposition 2008/09:163) Stockholm: Regeringskansliet.

Offentliga fastigheter. (2015). *Bruka, bevara och energieffektivisera – energibesparande åtgärder*. Stockholm: LTAB.

Palmgren, R.O.B. (2019). *Värme- & fukttegenskaper hos biobaserade isoleringsmaterial*. (Rapport 5119). Lund: Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola.

Perlite. (u.å.). *Om perlite*. <https://perlite.nu/om-perlite/> [2021-10-18]

Pettersson, B.Å. (2018). *Tillämpad byggnadsfysik*. Upplaga 6. Lund: Studentlitteratur.

PFS (1980). *Svensk byggnorm, SBN 1980*. Statens planverks författningssamling 1980:1. (Andra tryckningen). Stockholm: LiberFörlag.

Pilkington. (2021). Pilkington Spectrum. [Programvara]. <https://www.pilkington.com/sv-se/se/architects/verktyg/pilkington-spectrum> [2021-11-29]

Promat (2014). *Promatect-L*. [Produktblad]. https://www.boandren.se/wp-content/uploads/2014/08/Brandskydd-av-st%C3%A5lkonstruktioner-Promatect-H-och-L_1802141.pdf [2021-10-01]

Rockwool. (u.å.). *Bra att veta – Fukt och vattenavvisande*. <https://info.rockwool.se/sv/isolera-ratt/bra-att-veta/fukt-och-vattenavvisande/> [2021-10-28]

SBUF. (2005). *SBUF Informerar – Krav på specifik fläkteffekt i nyare lokalbyggnader*. (Rapport 05:35). Stockholm: SBUF, Svenska Byggnadsbranschens Utvecklingsfond.

SCB. (2018). *Drygt 5 miljoner bostäder i landet*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/bostadsbestand/pong/statistiknyhet/bostadsbestandet-31-december-2020/> [2021-09-15]

Schurink, P. (2021). Renewable Trias Energetica: The path to emission free, renewable energy at your event. *Green Events*. <https://greenevents.nl/en/innovation/renewable-trias-energetica-the-path-to-emission-free-renewable-energy-at-your-event/>

SHC (2021). *Case Studies Assessment Report – Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy*. (IEA SHC TASK 59 - EBC Annex 76 - Report D.A2). SHC – Solar Heating & Cooling Programme International Energy Agency.

Sintef. (2004). *Fiin gammel aargang – Energisparing i verneverdige hus*. Trondheim: Sintef – Arkitektur & Byggteknikk.

SIS. (2017). SS-EN ISO 14683:2017. *Köldbryggor i byggnadskonstruktioner – Linjär värmegenomgångskoefficient – Förenklade metoder och schablonvärden*. (ISO 14683:2017). Stockholm: Svenska institutet för standarder.

Skärvad, P.H., Olsson, J. (2017). *Företagsekonomi 100, Faktabok*. Upplaga 18. Stockholm: Liber AB.

Slöjd & Byggnadsvård. (2017). *Hampaisolering*. <https://www.slojdochbyggnadsvard.se/kunskap-och-fakta/materialbiblioteket/isolering/hampaisolering/> [2021-10-30]

Ståhl, F., Lundh, M. & Ylmén, P. (2011). *Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader – en förstudie*. (SP rapport 2011:48). Borås: SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

SundaHus. (2015). Fiber/Kalciumsilikatskiva. [Miljödata]. Linköping: SundaHus. <http://wekla.com/wp/wp-content/uploads/2015/04/Wekla-Fiber-Kalciumsilikatskiva-Sunda-Hus1.pdf> [2021-11-16]

Sveby. (2013). *Brukarindata kontor*. (Version 1.1 2013-06-05). Stockholm: Sveby, branschstandard för energi i byggnader.

Termens, J. (2017). *Energieffektiva tappvarmvattensystem i lokaler och praktisk tillämpning i Oskarshamns nya psykiatrilokal*. (Februari 2017). Göteborg: Belok. <https://belok.se/download/Energieffektiva-tappvarmvattensystem.pdf>

Troi, A. & Bastian, Z. (2015). *Energy efficiency solutions for historic buildings. A Handbook*. Basel: Birkhäuser.

Wahlgren, P. (2010). *Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar*. (SP Rapport 2010:09). Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Warfvinge, C. & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. 1:3 uppl., Lund: Studentlitteratur AB

Werner, A. (2015). *Hur egenkonvektion mellan glasen påverkar ett fönsters U-värde*. (Rapportnummer 546238, version 3). Stockholm: ÅF-INFRASTRUKTUR AB.

Westlund, P., Armstrong-Darvik, C., Bergdahl, M., Elmroth, A., Hallén, T., Kåberger, T., Marckert, P., Nordling, J. & Petersson, P.E. (2012). *Energieffektivisering av Sveriges bebyggelse - Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050*. (IVA-M 433). Stockholm: Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien.

Wigenstad, T., Andresen, I., Stene, J. & Wolfnag, O. (2007). *Analysis of Concerto Energy concepts and guidelines for a whole building approach*. (D.2.3.1.1). Trondheim: Sintef – Arkitektur & Byggteknikk.

Wikells byggnadsberäkningar. (u.å.). *Tillsammans bygger vi affärer*. <https://wikells.se/> [2021-11-30]

11 Bilagor

Bilaga A - Ritningar av byggnaden

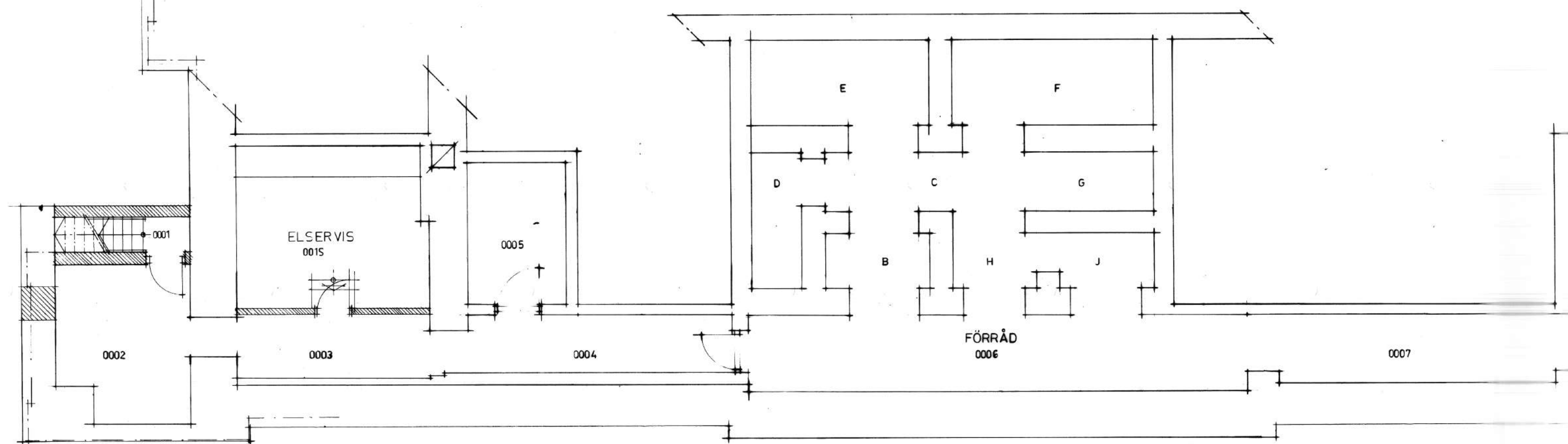
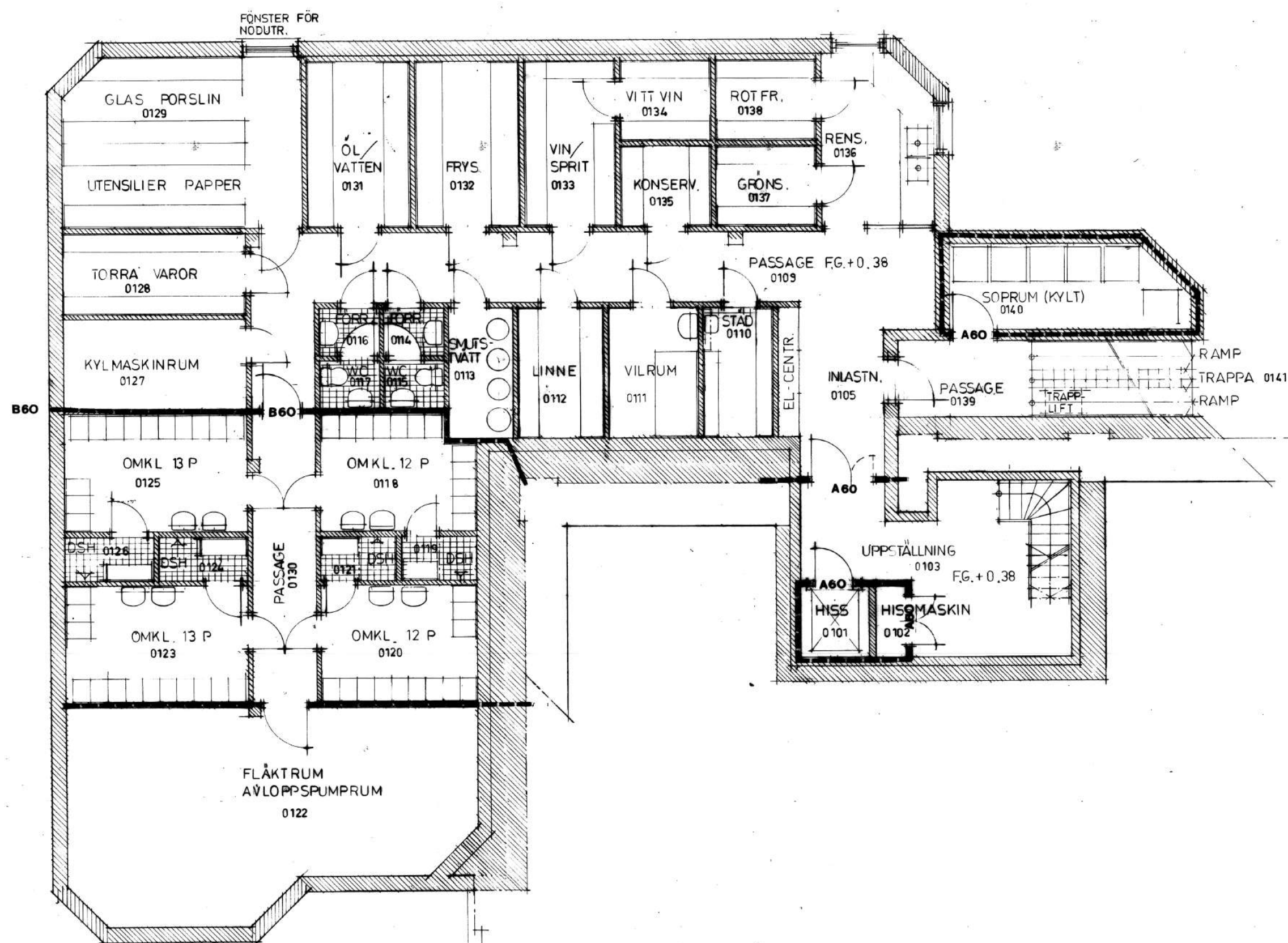
- A:1-A:5 Planritningar
- A:6-A:10 Sektionsritningar
- A:11-A:12 Detaljritningar
- A:13 Ventilationsschema
- A:14 Ventilationsschema med färgkodning

Bilaga B – Simuleringsrapporter från IDA ICE

- B:1 Delivered energy report av basfallet
- B:2 Energy for whole building av basfallet
- B:3 Systems energy av basfall
- B:4 Delivered energy report av åtgärds paketet
- B:5 Energy for whole building av åtgärds paketet
- B:6 Systems energy av åtgärds paketet

A:1

MALMÖ



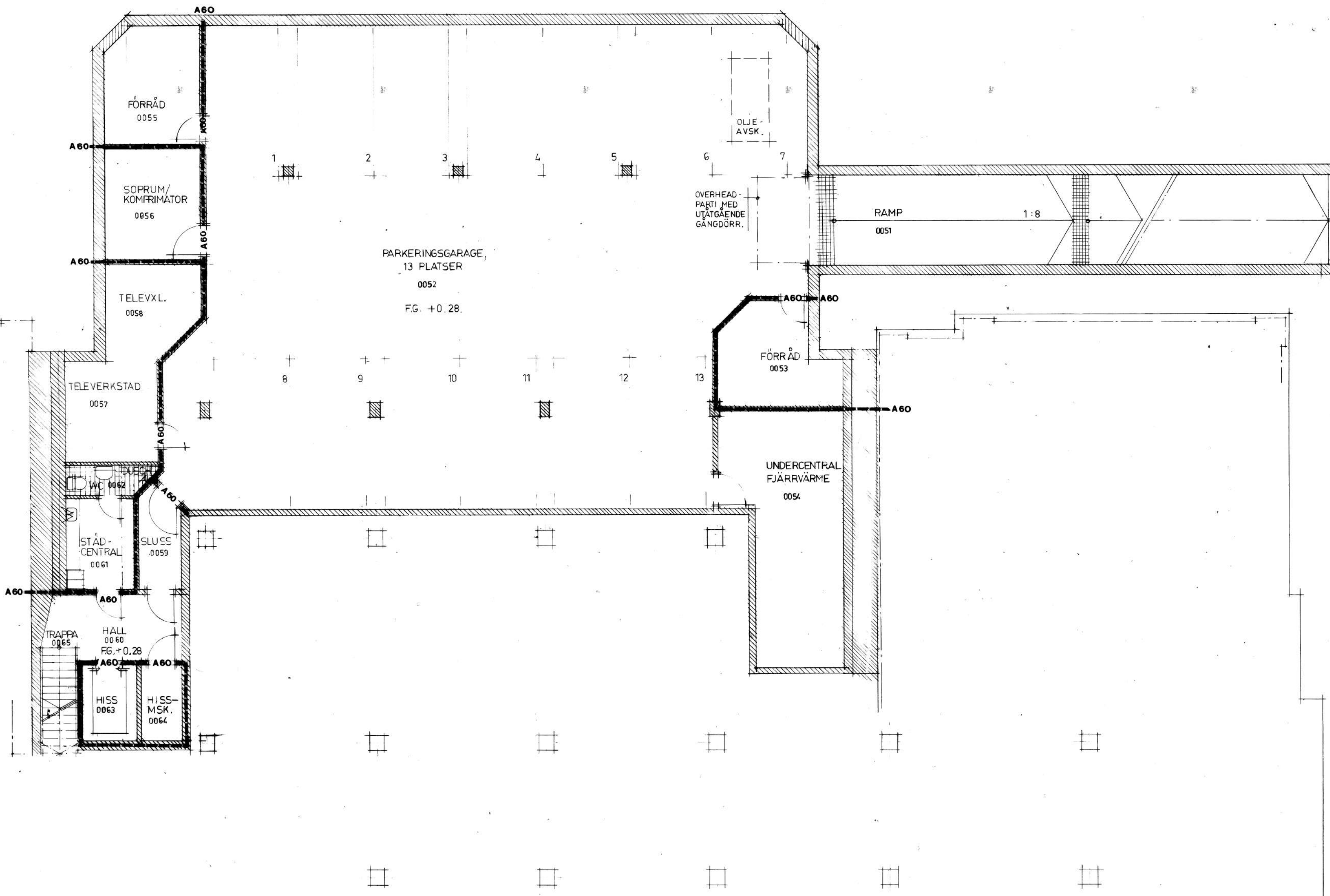
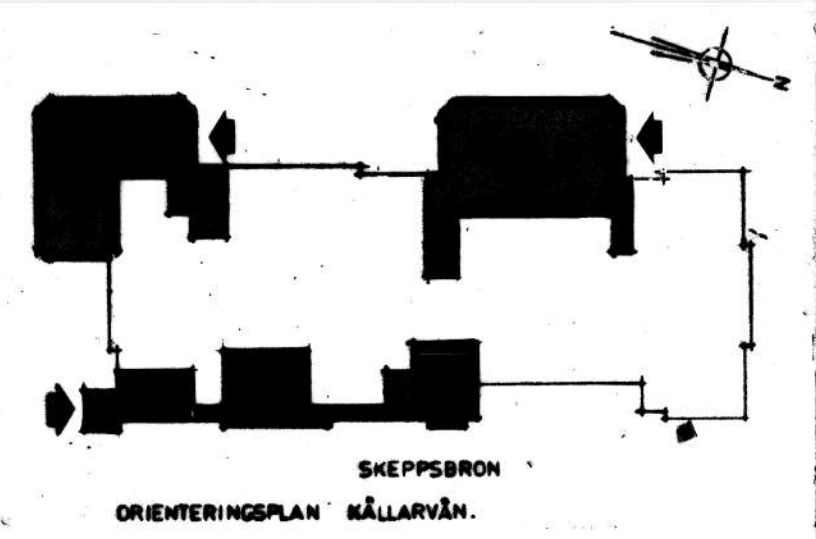
KÄLLARVÅNINGEN
SKALA 1:100

MALMÖ BYGGNADSNÄMND

prot. 92 litt. B

Fastställt 1985-02-06

JAE

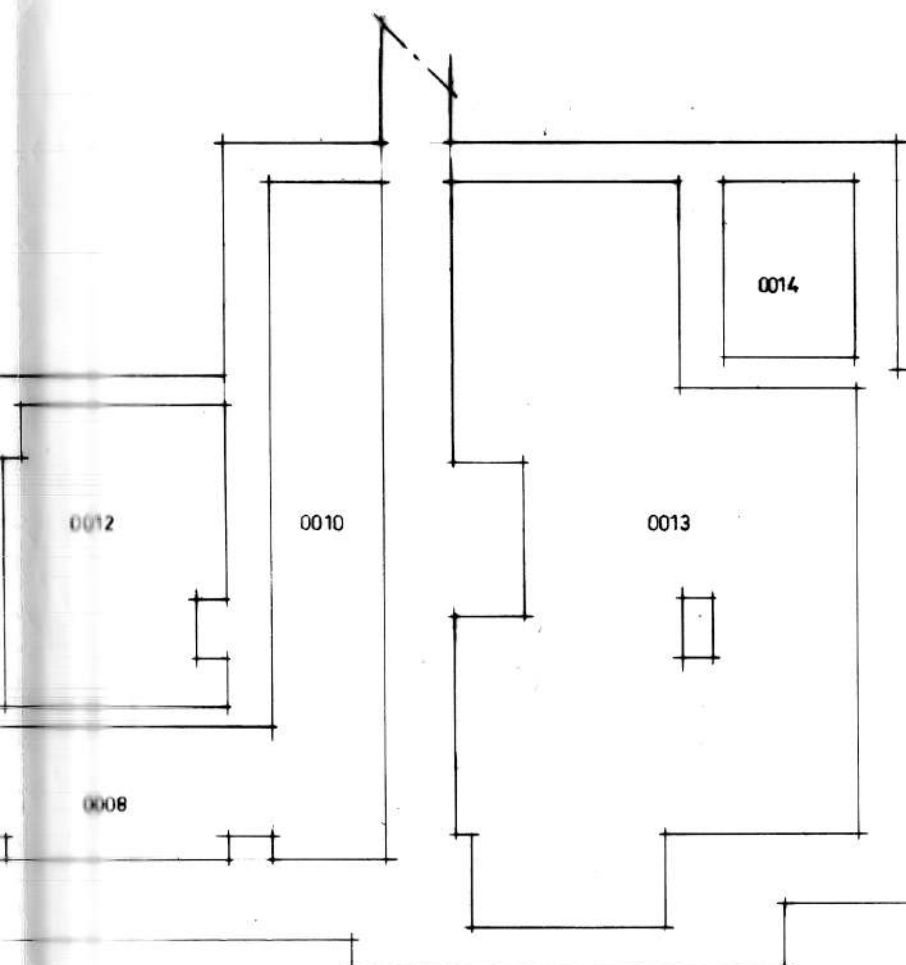


ALLM. UPPLYSN.

ALLA MÅTT 1 MM.
SÖPRUM: DÖRR MED KARMDAGMÅTT, B/H=1000/2000
FÖRES MED UPPSTÄLLINGSANORDNING,
TAPPSTÄLLE MIN. 1200 Ö. FG.
TRAPPLIFT: AV RENHÅLLN.VERKET GODK. TYP
FLÄKTRUM: BRANDAVSKILJNING ENL. VENT.RITN.
ÖVRIGA UPPLYSNINGAR ENL. RITNING P2802 30:21

HÄNVISNINGAR

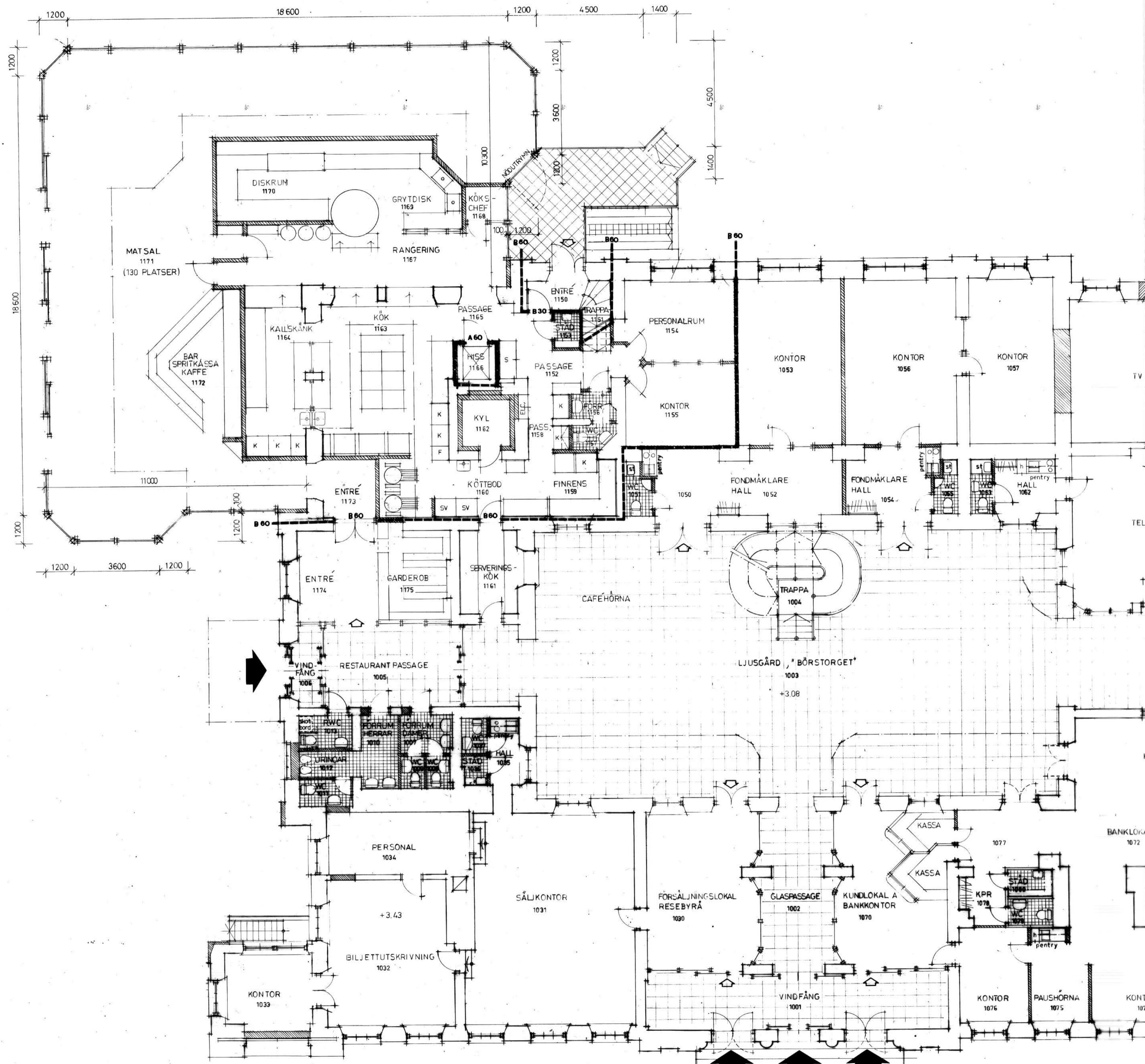
ALLMÄNNA UPPLYSNINGAR SE RITN. P2802 30:21



C	ENL. B-N GRANSKN.YTTR	FK	850205
B	KOMPL./JUST VAGGAR REST.KÄLL.	FK	850128
A	ALLMÄN KOMPL	KB	850124
REV.	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

A:2

MALMÖ



BOTTENVÅNING

SKALA 1:100

SKÄRTHAL EHL
SEPARAT ANÖKAN

MÄLMÖ BYGGNADSNÄMND

prot. 92

lit. C

Fastställd 1985-02-06

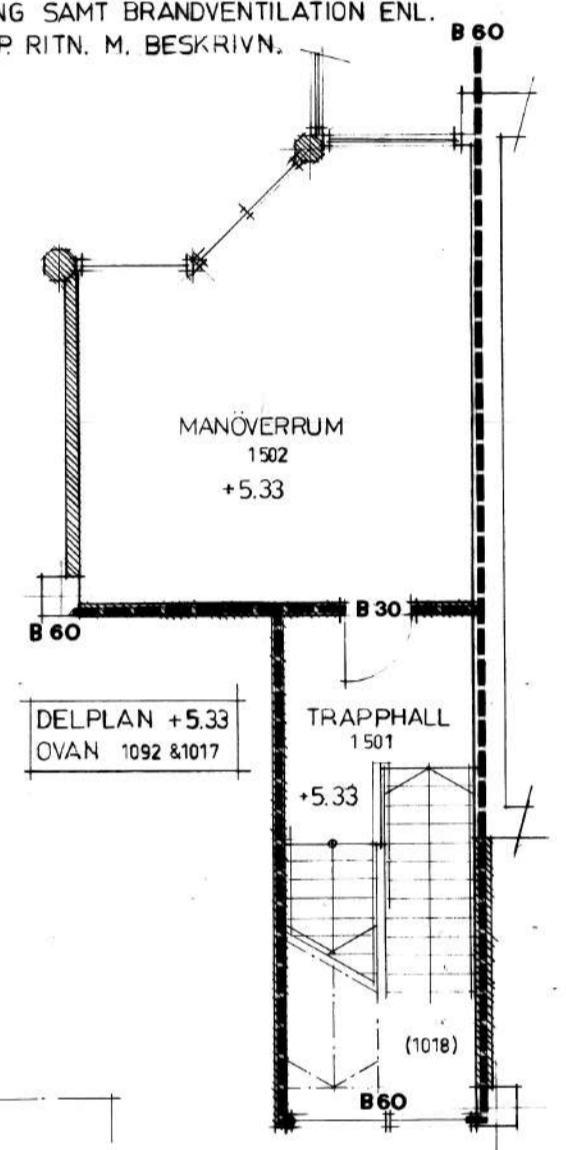
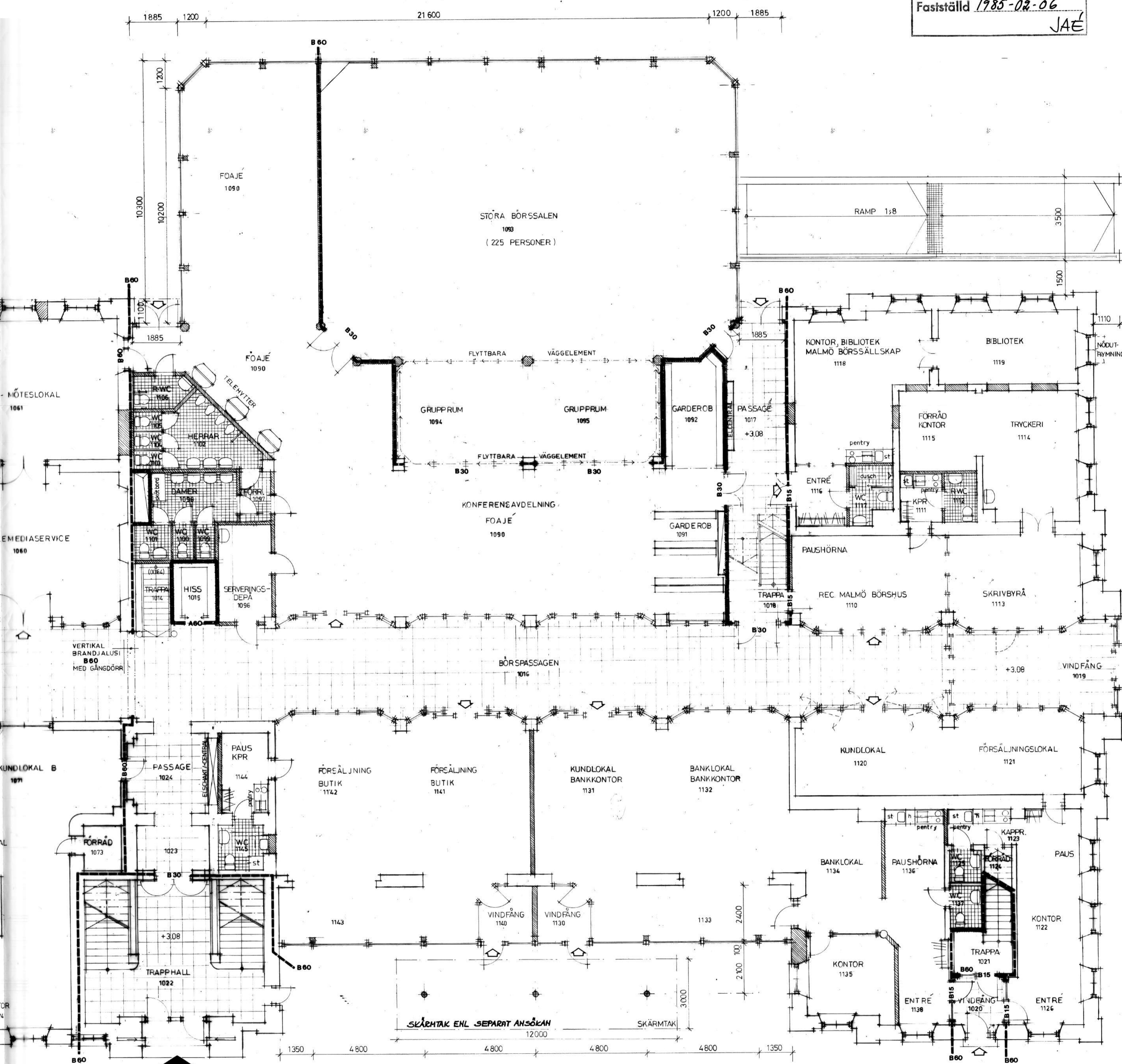
JAE



ORIENTERINGSPLAN B.V.

ALLM. UPPLYSN.:

ALLA MÅTT I MM
 FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER ÄR HÄNFÖRLIGA TILL
 NYBYGGNAD ENL 75 § PUNKT a B5
 75 § PUNKT b B5
 NYA VÄGGAR IGENSÄTTNINGAR.
 GRUNDLÄGGANDE BRANDSKYDDSKRAV:
 BRANDSÄKER BYGGNAD.
 BRANDCELLSAVSKILJANDE VÄGG
 SKJUTDÖRRAR I UTRYMNINGSVÄGAR UTFÖRES UTBYTT-
 BARA ENL. SBN80 37-2243
 VÄGLEDADE UTGÅNGSMARKERINGAR OCH NÖDBELYSNING
 SAMT BRANDVENTILATION ENL.
 SEP RITN. M. BESKRIVN.

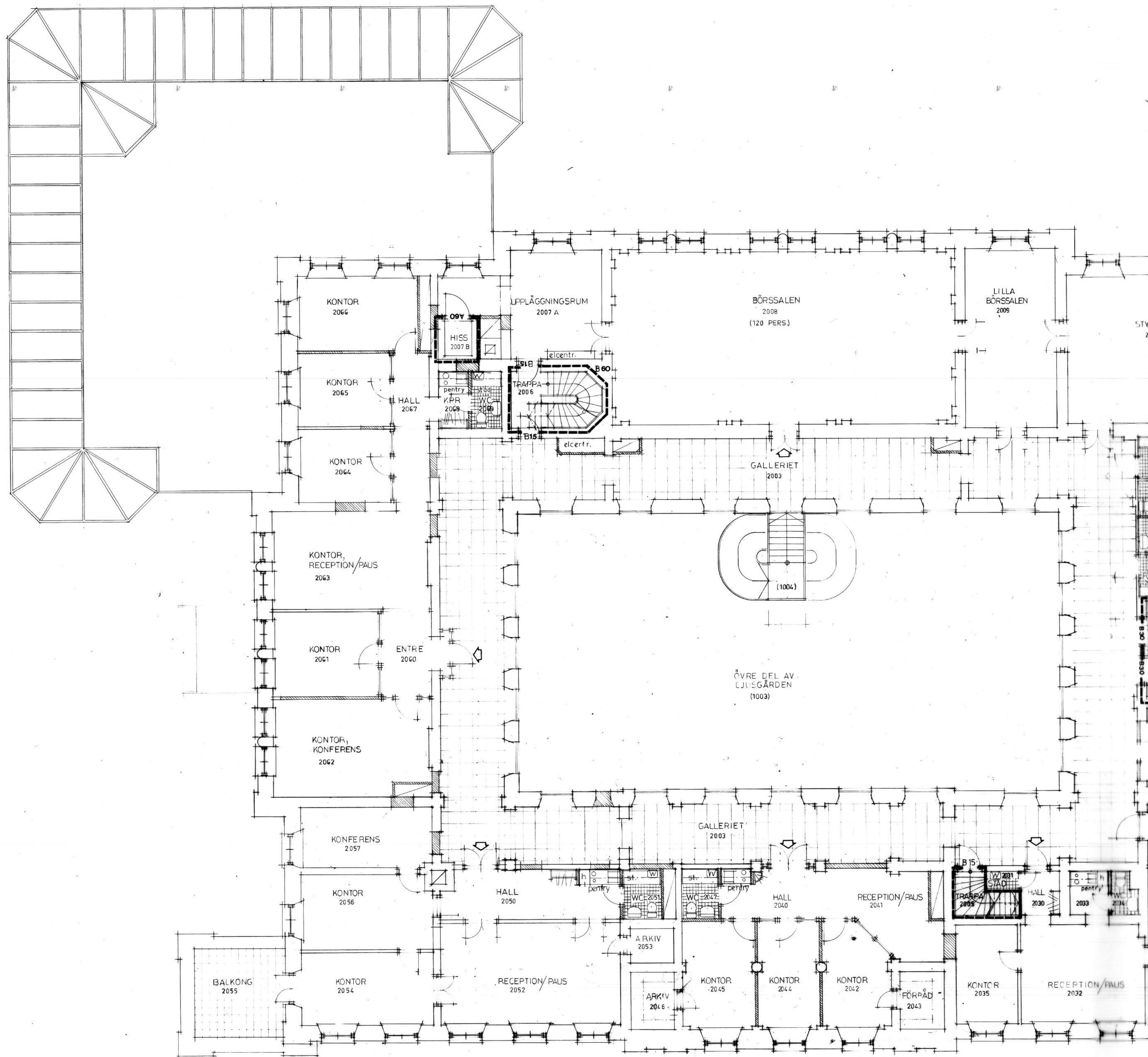


SKÄRMTAK ENL. SEPARAT ANSÖKAN

C	ENL. B-N GRANSKNYTT.	PK	85 02 05
B	ALLM. KOMPL.	PK	85 01 24
A	MÄTTSÄTTNING	PK	85 01 23
REG	ANT	AVSER	SIGN DATUM

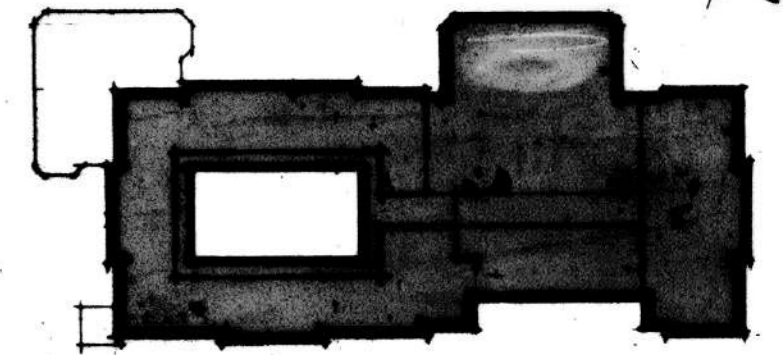
A:3

MALMÖ



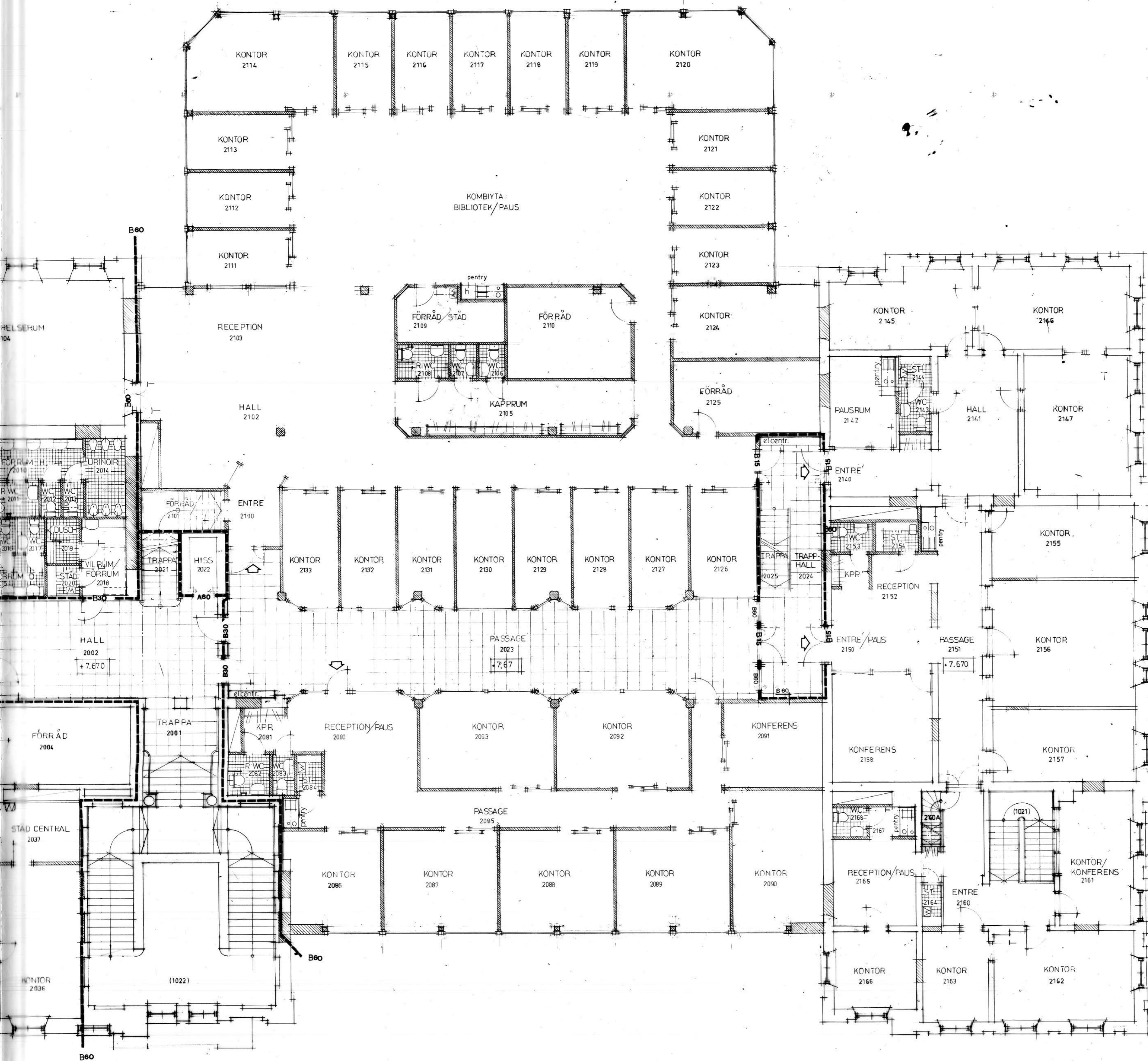
ANDRA VÅNINGEN

SKALA 1:100



SKEPPSBRON
ORIENTERINGSPLAN 2 VÅN.

MALMÖ BYGGNADSNÄMND
prot. 92 lilt. D
Fastställd 1985-02-06
JAE



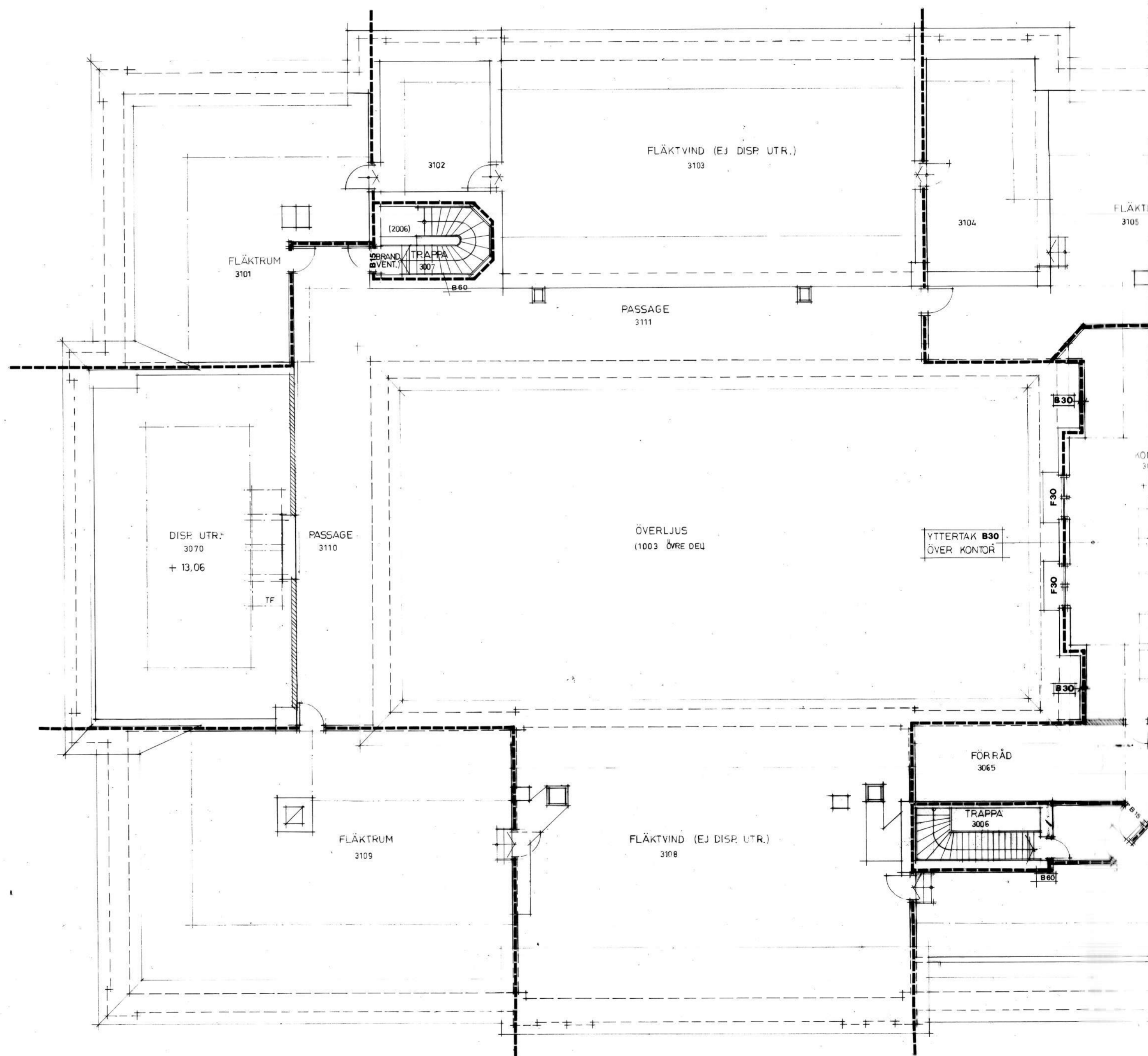
HÄNVISNINGAR:

ALLMÄNNA UPPLYSNINGAR SE RITN. P 2802 30;21

B	BN s. GRANSKNINGSYTR.	MBJ	850205
A	ALLMÄNT	MBJ	850124
reg		sign	datum

A:4

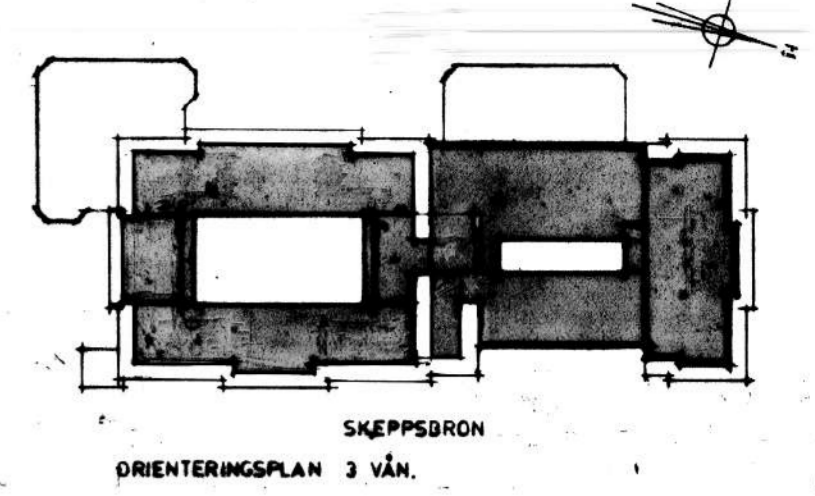
MALMÖ



TREDJE VÅNINGEN

SKALA 1:100

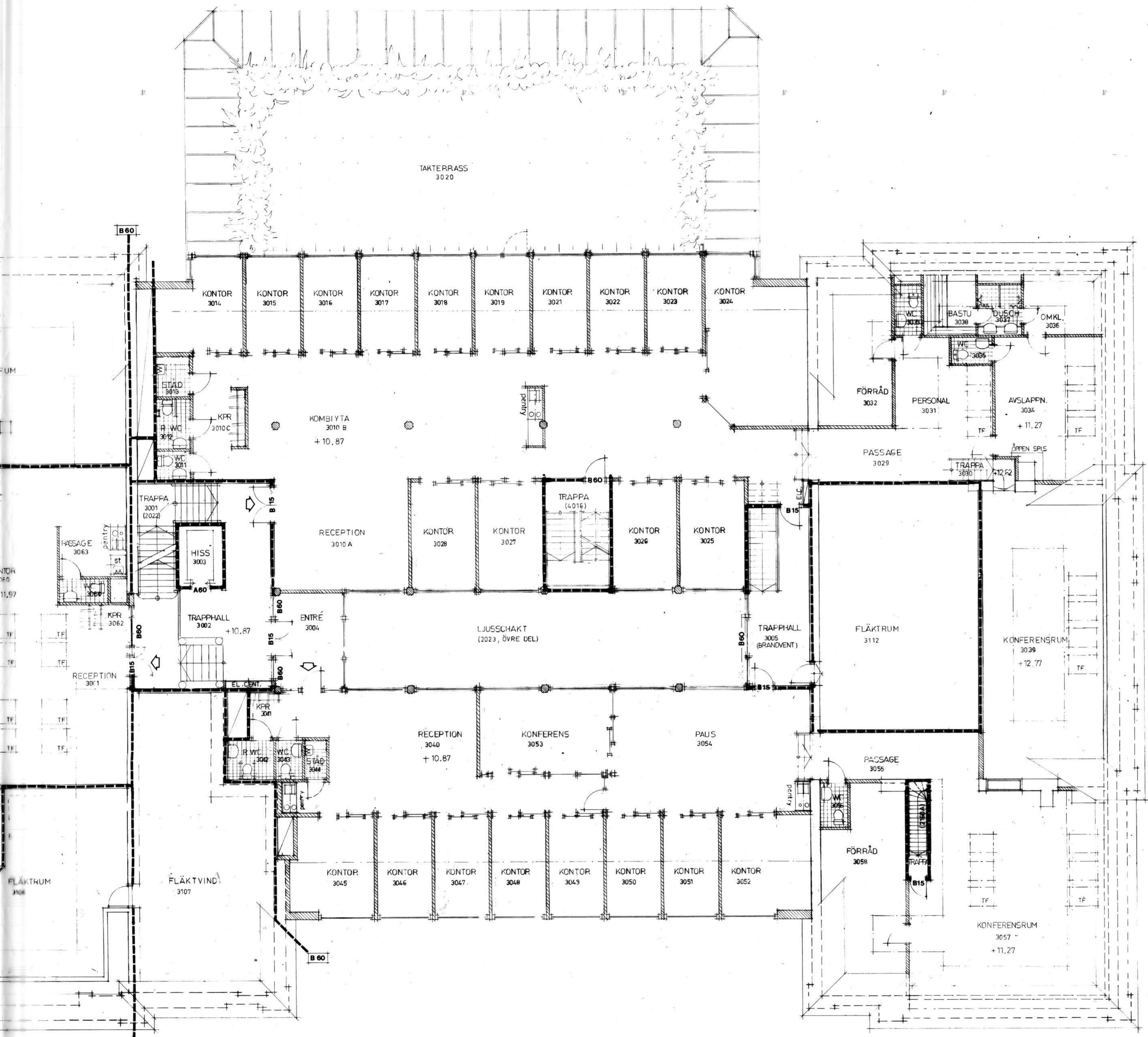
S



ALLM. UPPPL.
ALLMÄNNA UPPLYSNINGAR FÖ. ENLIGT
RITNING P 2802, 30-21.

FLÄKTUTRYMMEN AVGRÄNSAS I BRANDKLASS
ENL. VENTILATIONS-RITNING
LARMANORDNING INK. I 3036, 3034, 3039 SOM
VARNAR FÖR ROK I 3029

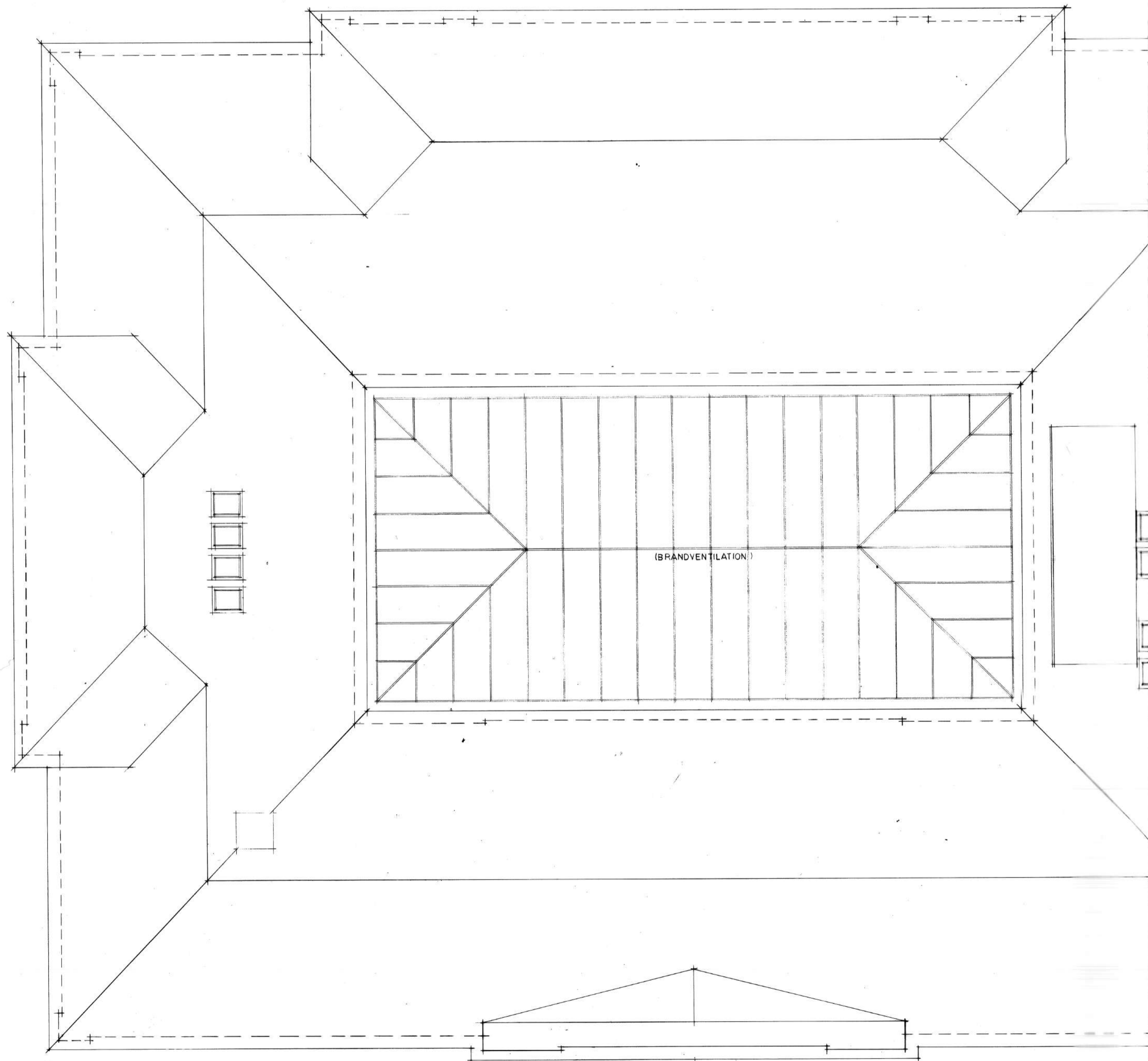
MALMÖ BYGGNADSNÄMND
prot. 92
Fastställt 1985-02-06
JAE



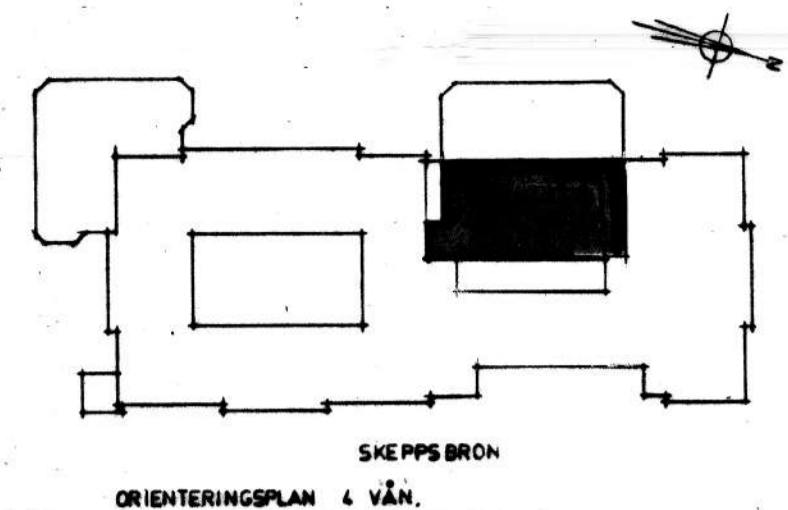
B	BNS GRANSKNI NGSYTTRANDE	MBJ	850205
A	ALLM. KOMPLETTERINGAR	KB	850174
REV	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

A:5

MALMÖ



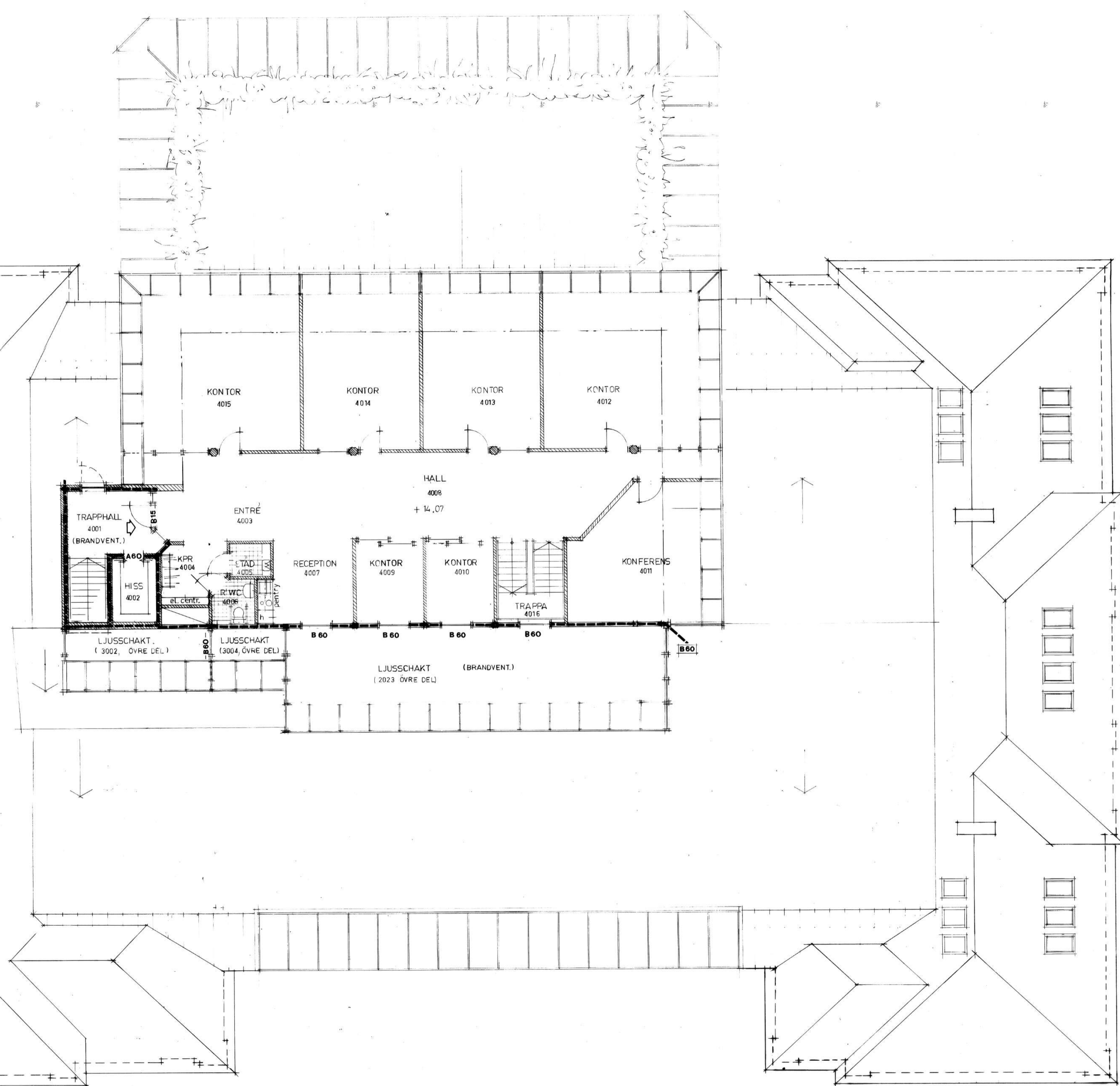
FJÄRDE VÅNINGEN
SKALA 1:100



ALLM. UPPLYSN.:

ALLA MÅTT I MM.
BRÄNDVENTILATION ÖVER LJUSSCHAKT UTF.
ENL. SÄRSKILD BESKRIVNING.
SKYDDSANORDNINGAR PÅ TAK ENL. SBN.

MALMÖ BYGGNADSNÄMND
prot. 92 III. F
Fastställt 1985-02-06
JAE



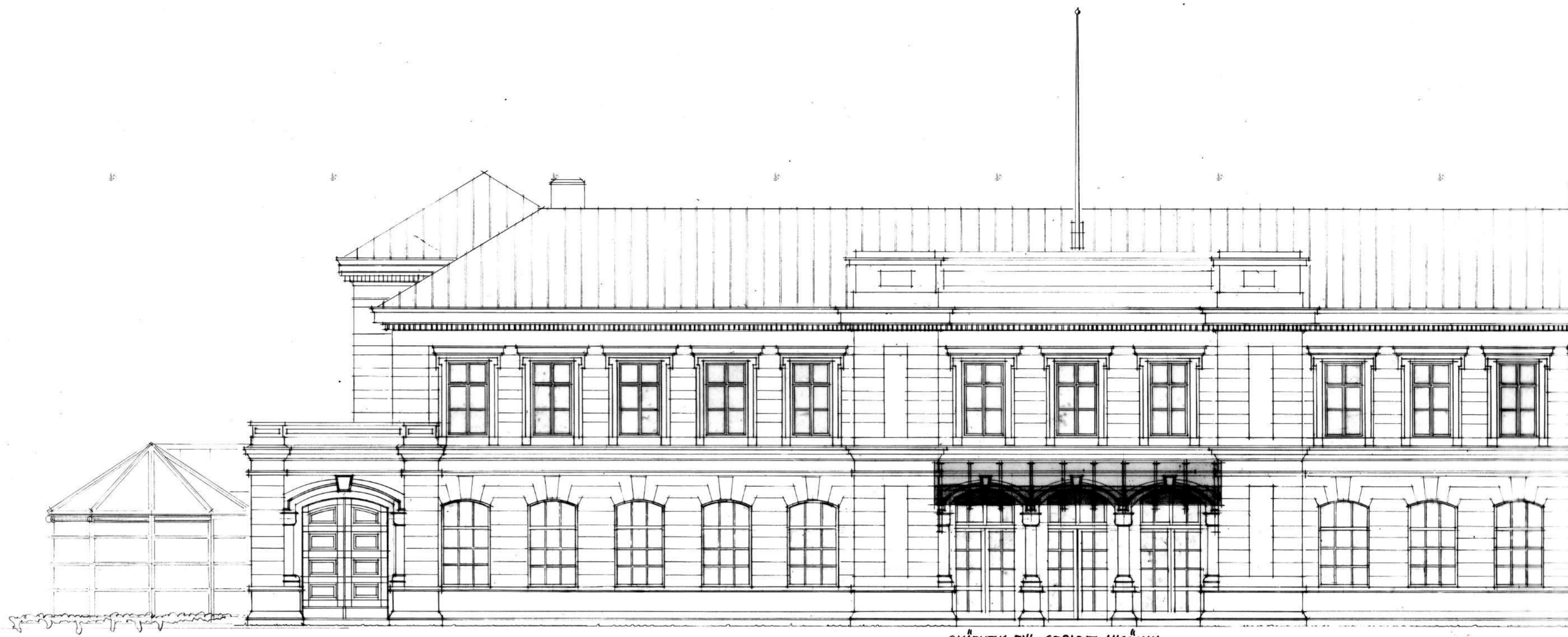
HÄNVISNINGAR

ALLMÄNNA UPPLYSNINGAR SE RITN. P 2802 30:21

B	ENL. B-N GRANSKNYTTR.	PK	850205
A	ALLM. KOMPLETTERINGAR	KB	850124
REV	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

A:6

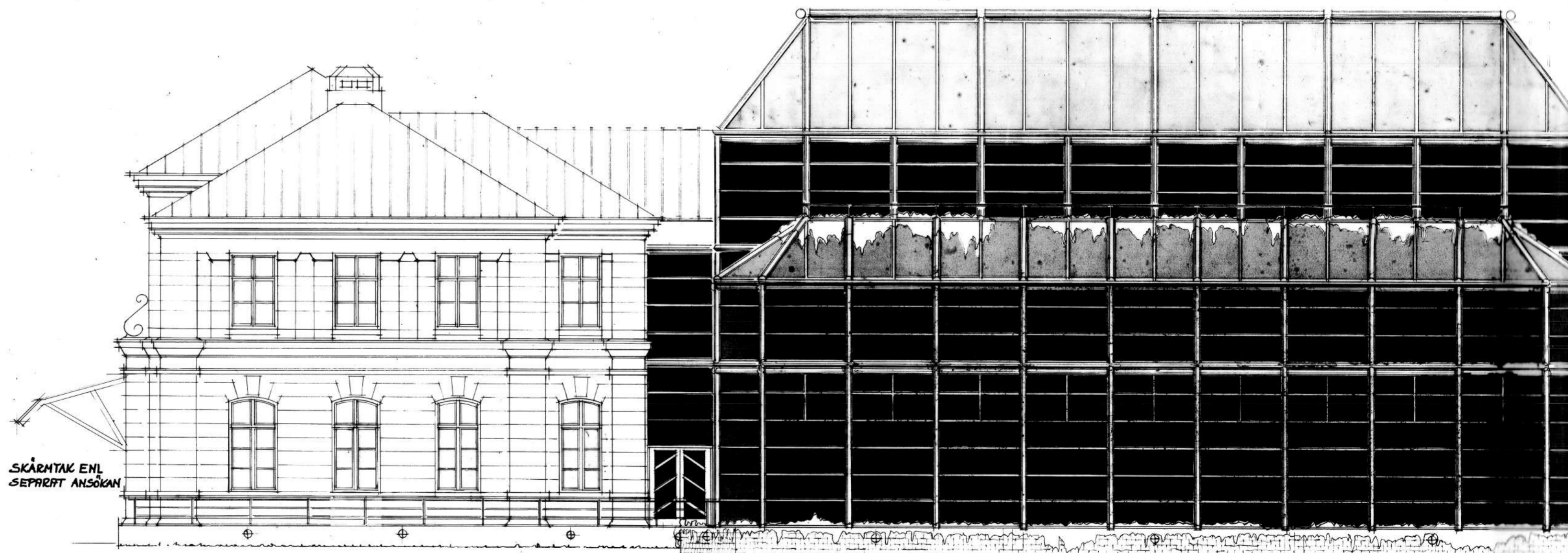
MALMÖ



SKÅRMTAK ENL. SEPARAT ANSÖKAN

ÖSTER

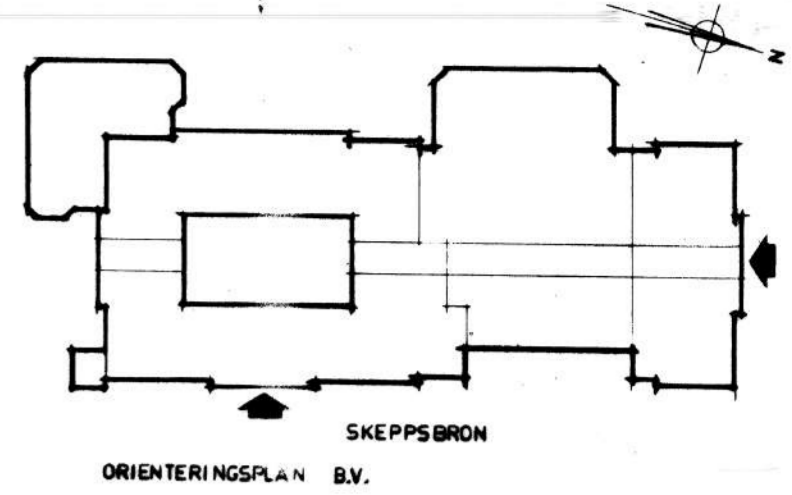
SKALA 1:100



SKÅRMTAK ENL.
SEPARAT ANSÖKAN

VÄSTER

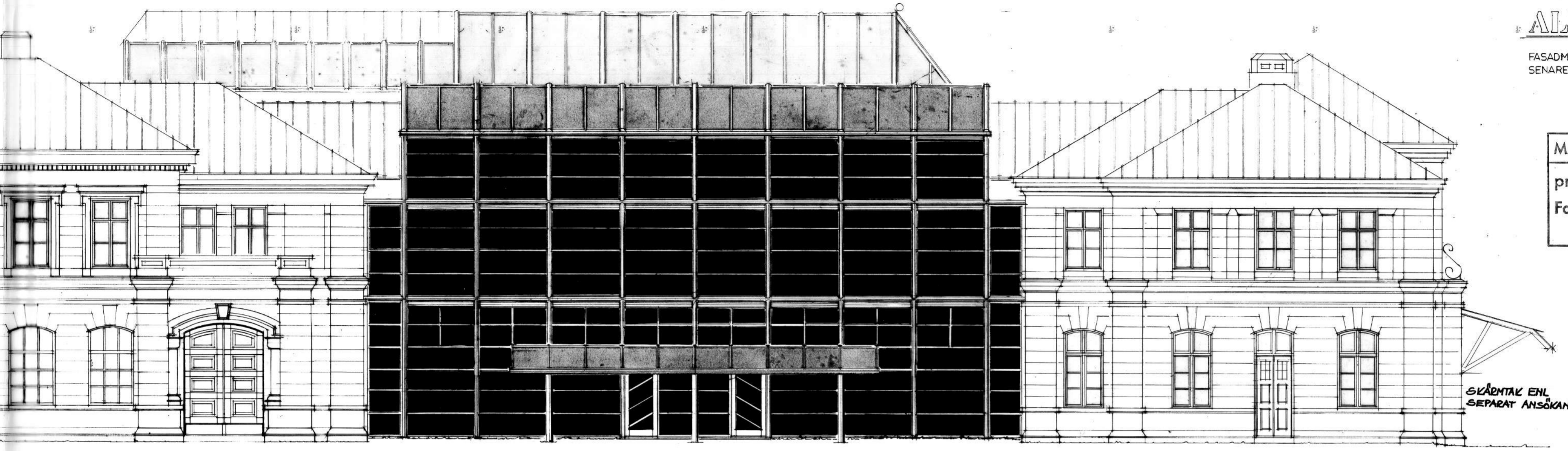
SKALA 1:100



ALLM. UPPLYSN.:

FASADMATERIAL OCH FÄRGER ENLIGT
SENARE ANSÖKAN OM BYGGNADSLÖV.

MALMÖ BYGGNADSNÄMND
 prot. 92 lin. G
 Fastställd 1985-02-06
 JAE



A	ENL. BN GRANSKN.YTTR	PK	85 02 05
REV	AVSER	SIGN	DATUM

A:7

MALMÖ



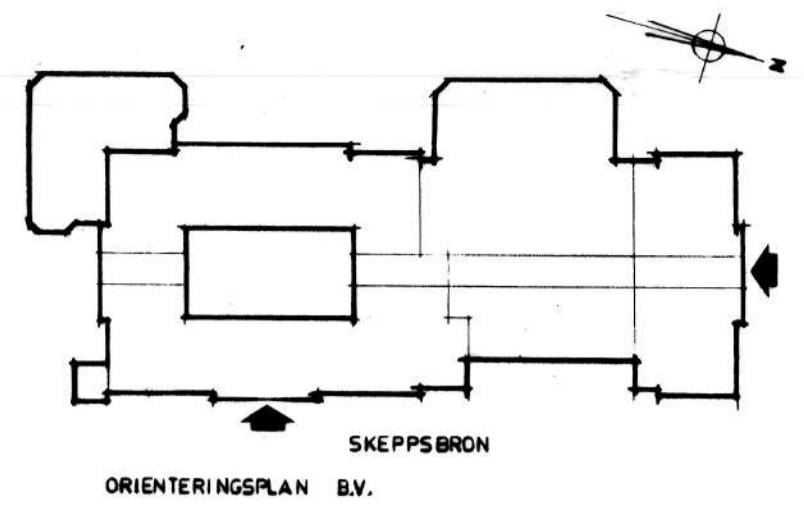
SÖDER



SKÄRMTAK ENL.
SEPARAT
ANSÖKAN

SKÄRMTAK ENL.
SEPARAT ANSÖKAN

NÖR
SKALA 1:100

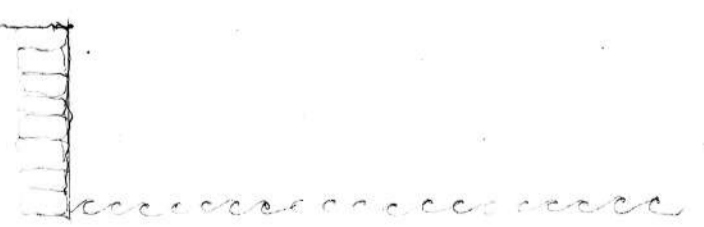


ALLM. UPPLYSN.:

FASADMATERIAL OCH FÄRGER ENLIGT
SENARE ANSÖKAN OM BYGGNADSLÖV.

MALMÖ BYGGNADSNÄMND	
prot. 92	lin. H
Fastställd 1985-02-06	JAE

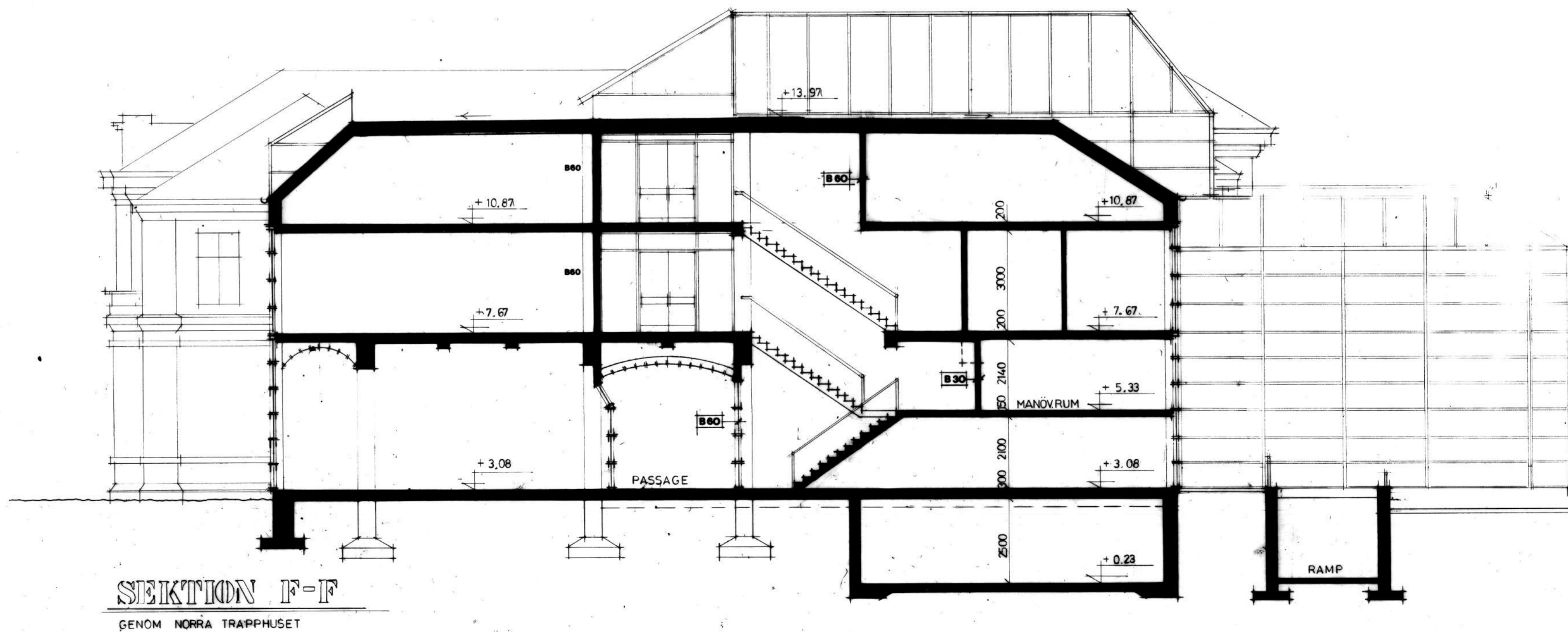
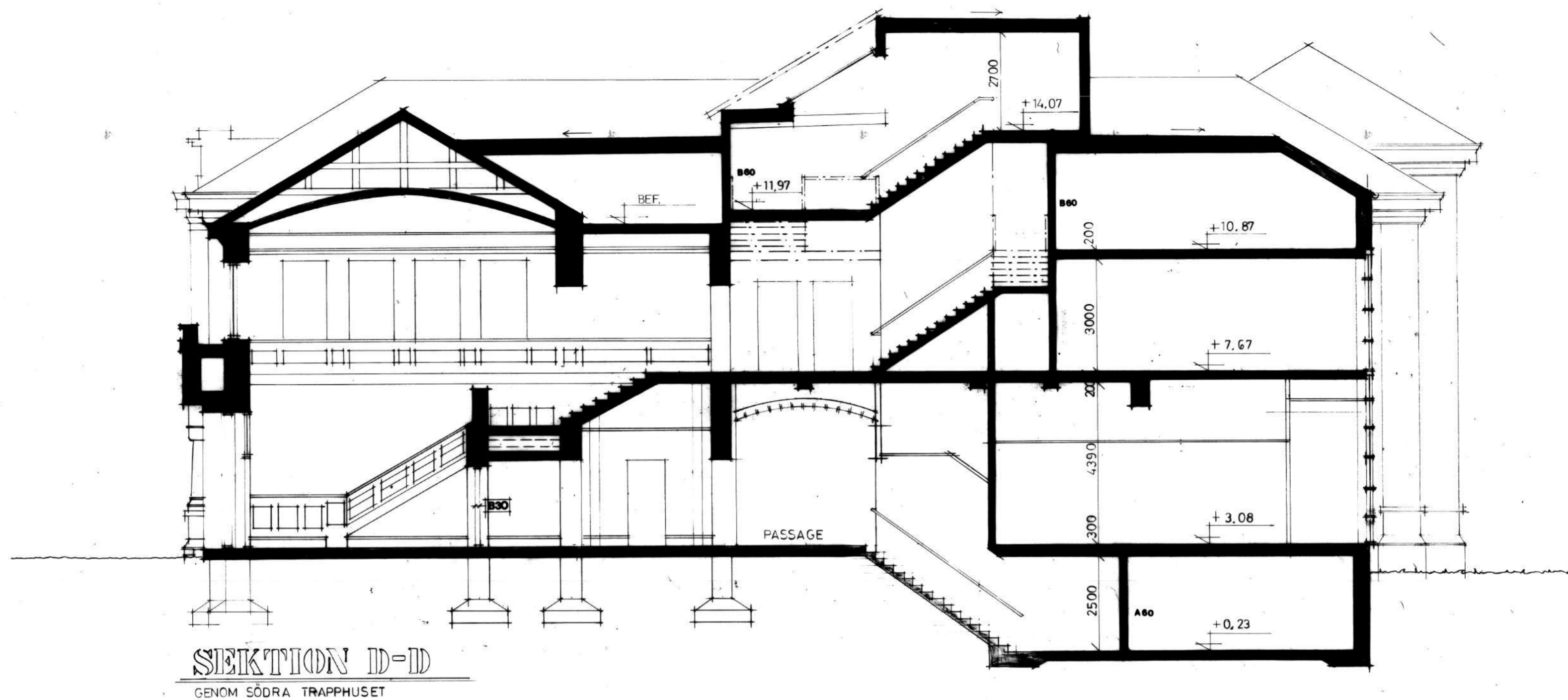
TAK ENL
ANSÖKAN

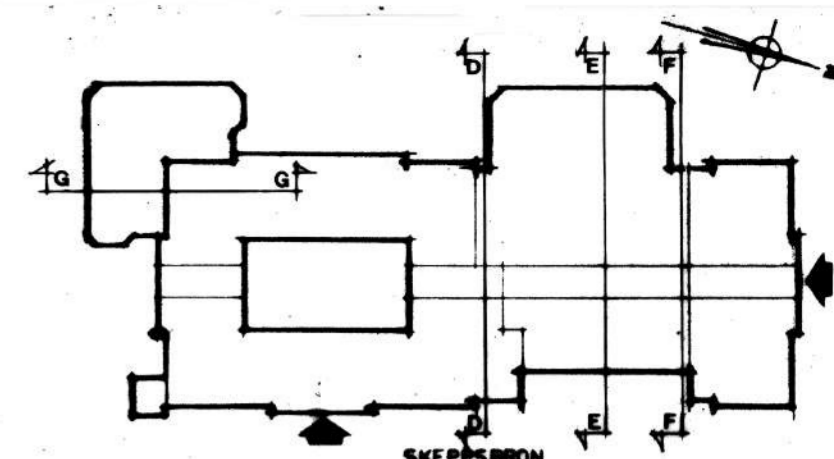


A	ENL. BN GRANSKN.YTTR	PK	85 02 05
REV.	ANSER	SGN.	DATUM

A:8

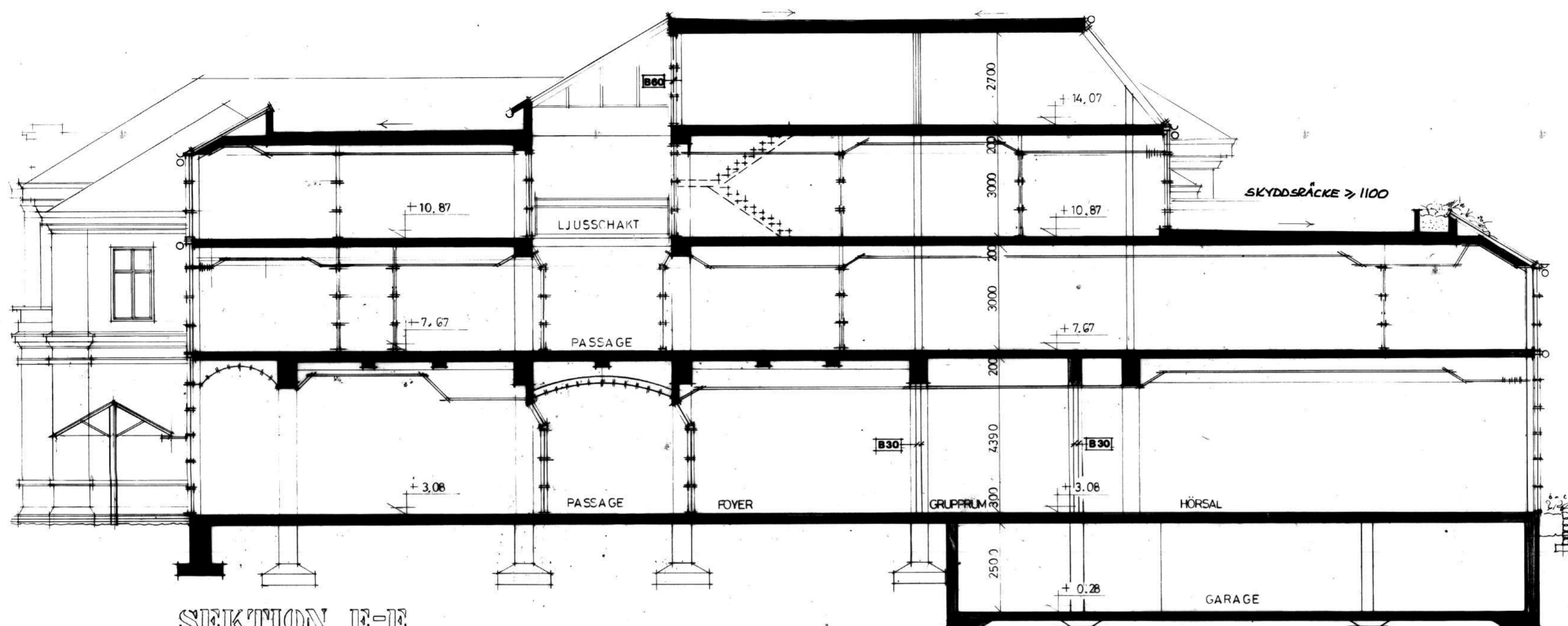
MALMÖ



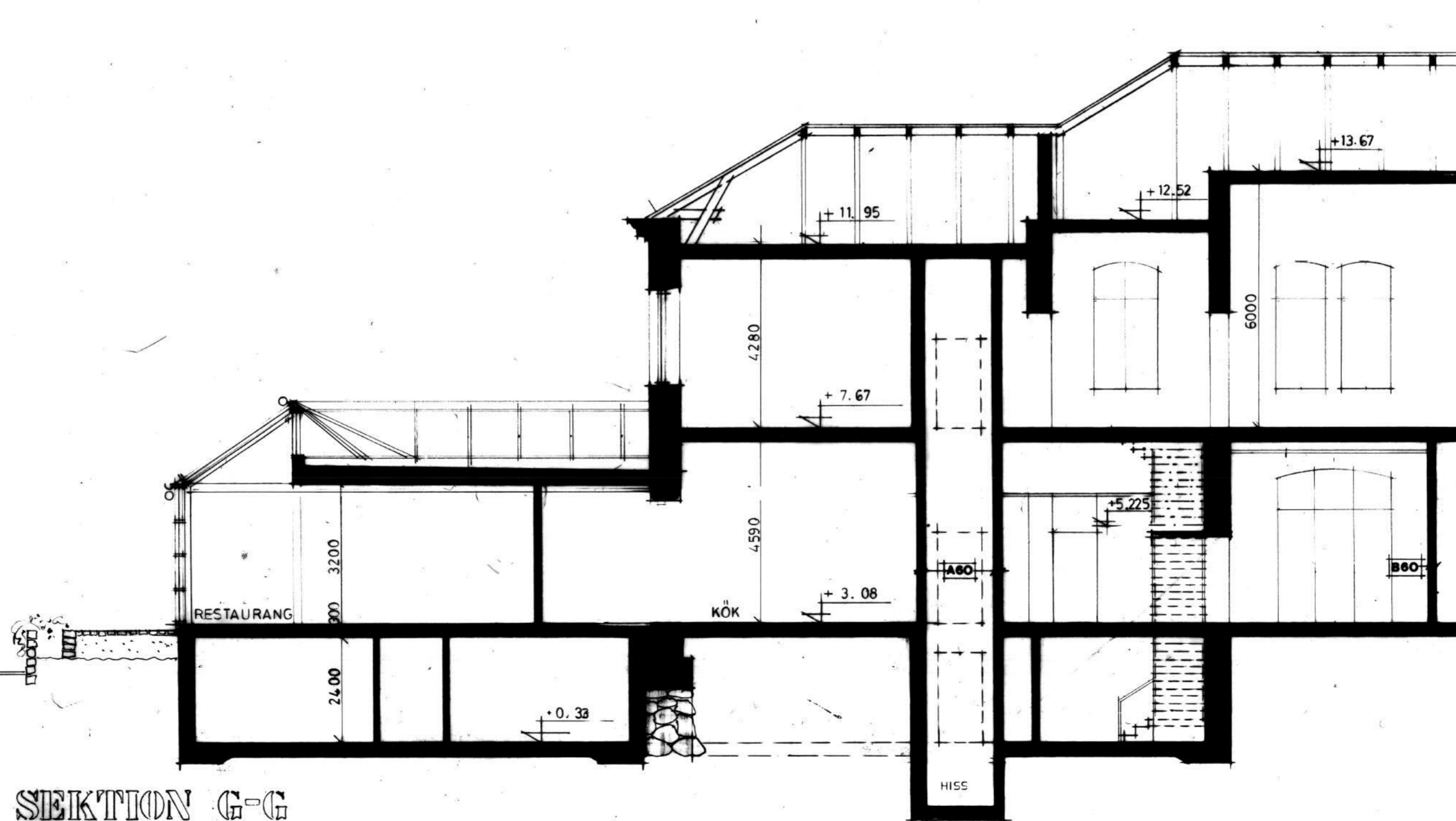


ORIENTERINGSPLAN B.V.

MALMÖ BYGGNADSNÄMND
 prot. 92 lit. J-
 Fastställd 1985-02-06
 JAE



SEKTION E-E
 GENOM MITTDEL

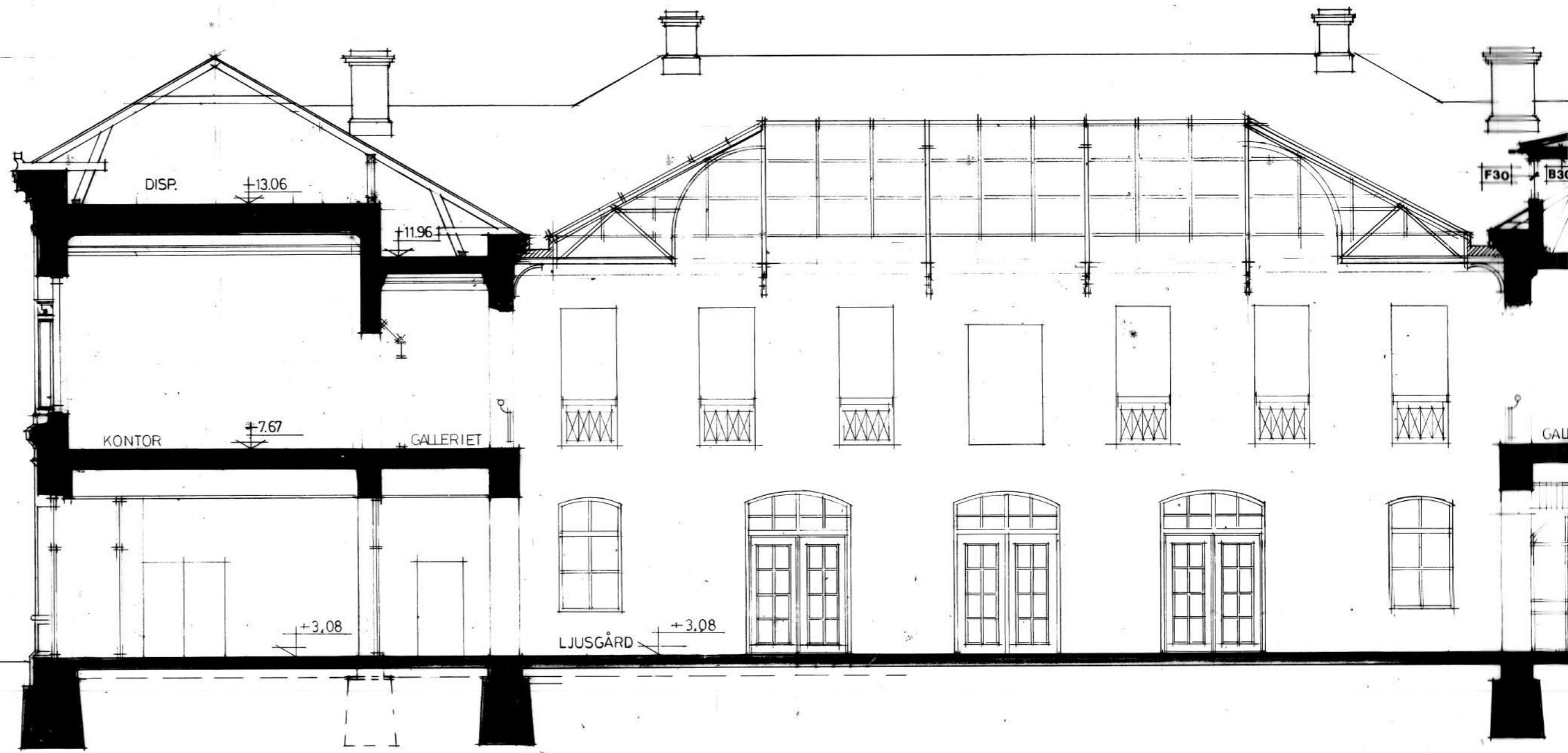


SEKTION G-G
 GENOM RESTAURANG OCH KÖKSDÄL

A	ENL. BN GRANSKN. YTTR.	PK	85.02.05
REV	AVSER	SIGN.	DATUM

A:9

MALMÖ

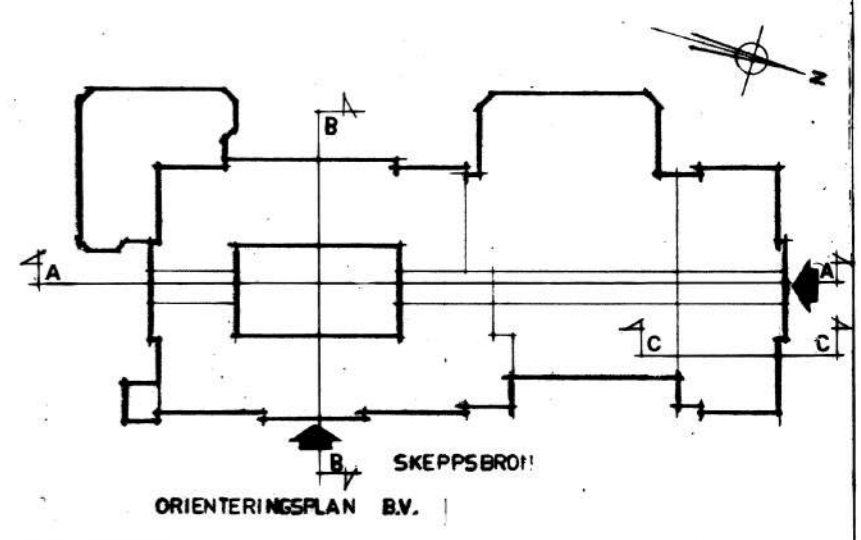


SEKTION A-A

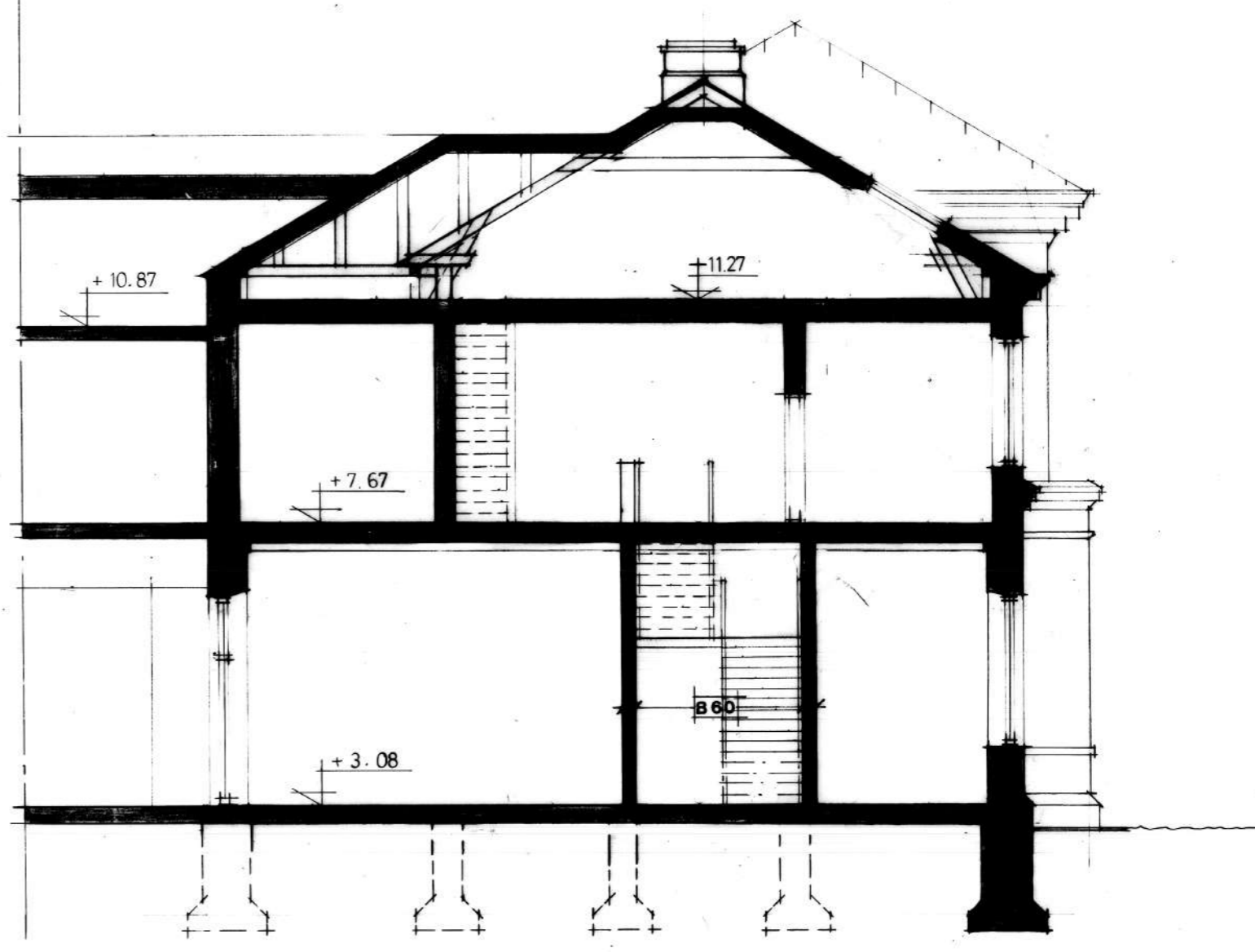
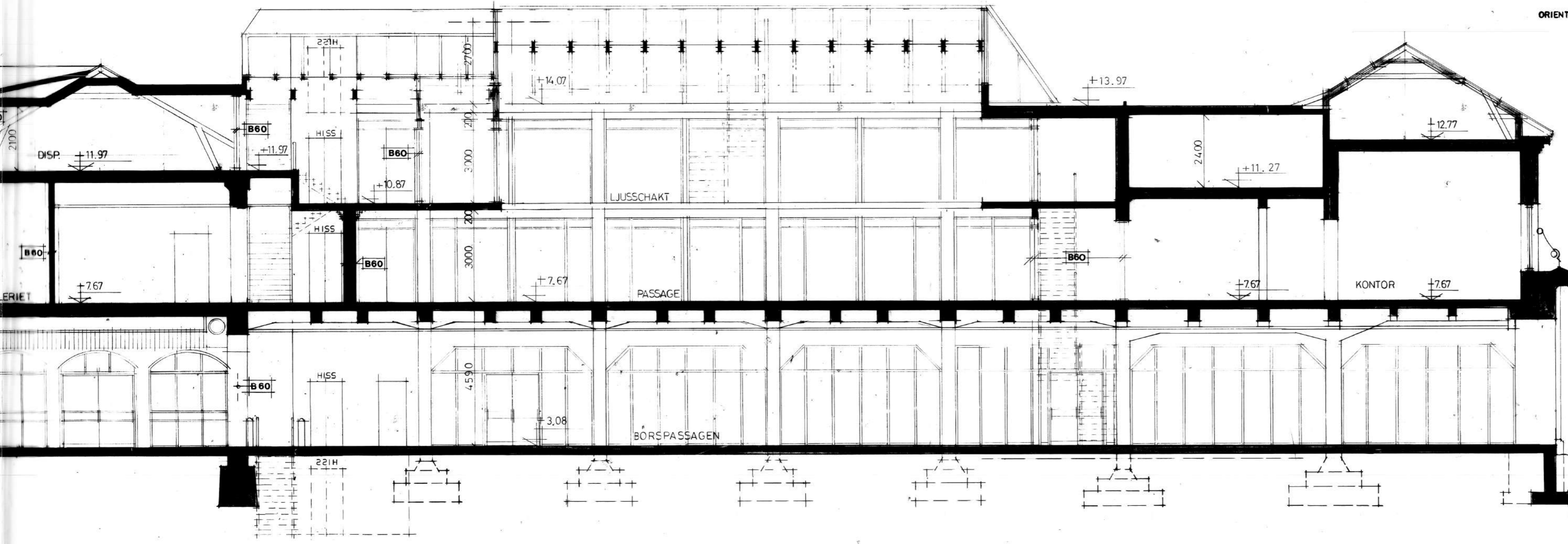


SEKTION B-B

MIUS

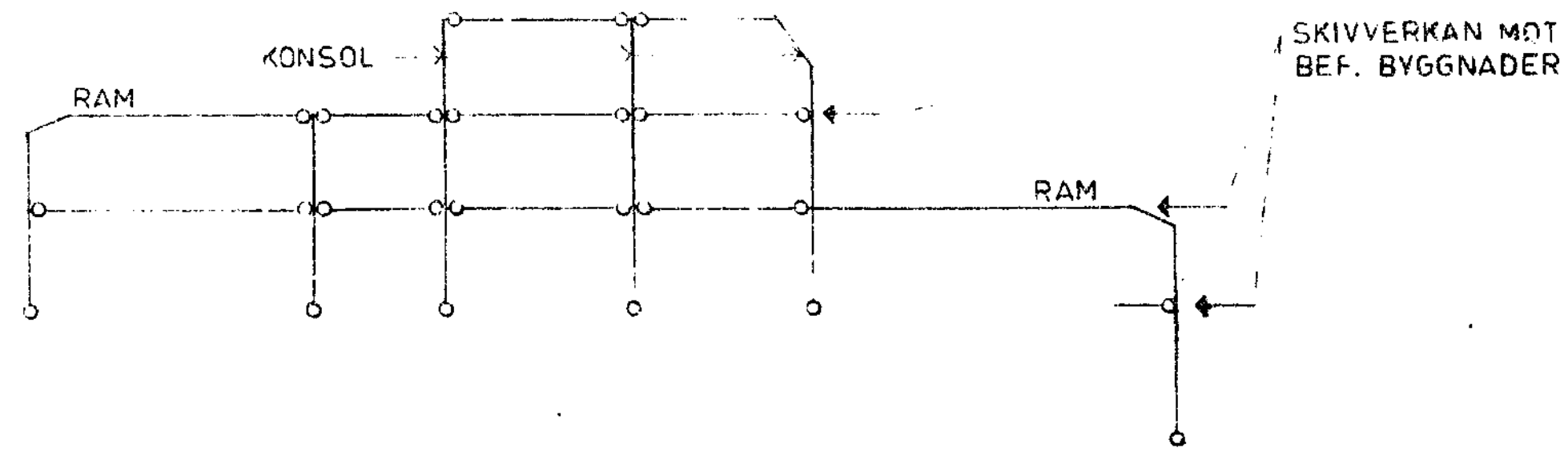
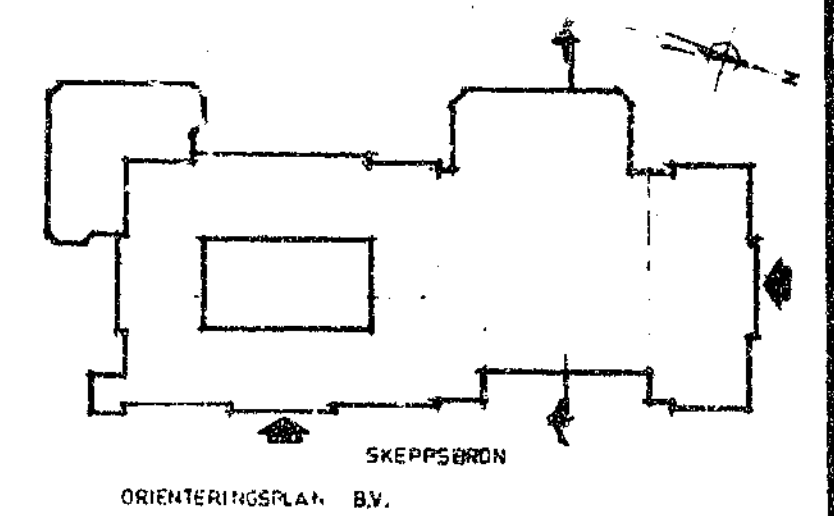


MALMÖ BYGGNADSNÄMND
 prot. 92 lit. I
 Fastställt 1985-02-06
 JAE



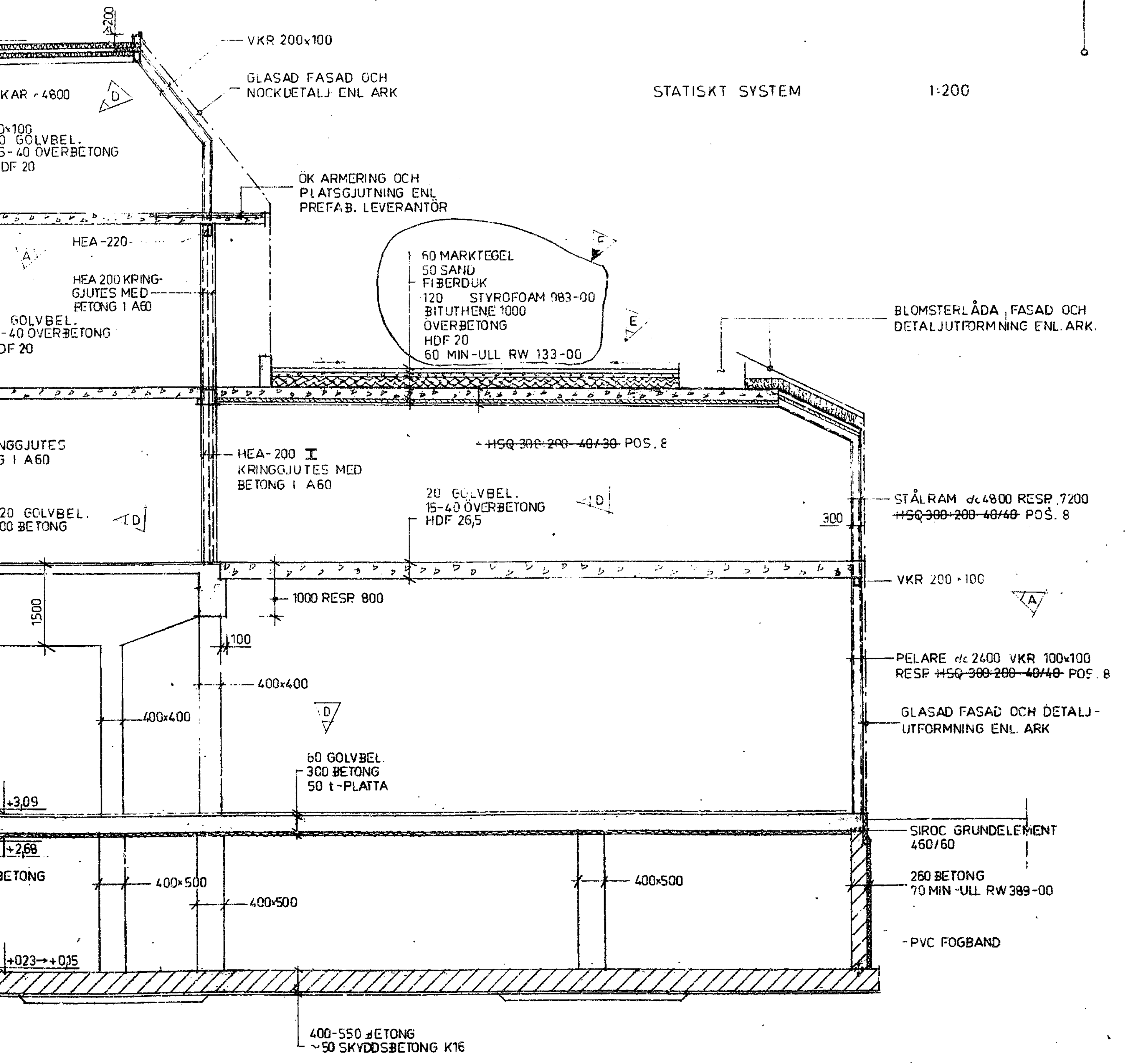
SEKTION C-C

A	ENL. BN GRANSK.N.YTTR	PK	8502 05
REV.	AVSER	SIGN	DATUM



SKIVVERKAN MÖT
BEF. BYGGNADER

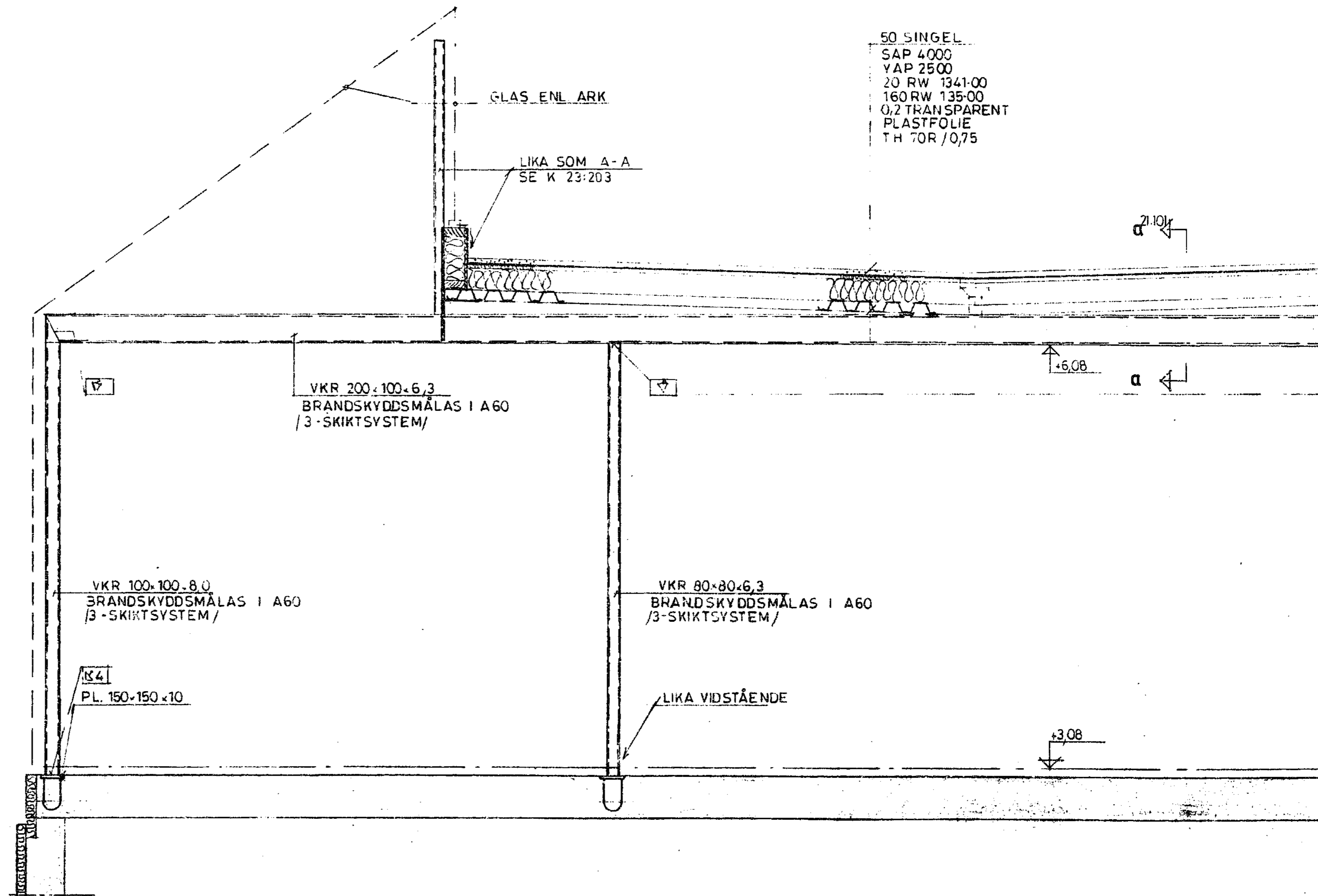
- BTG II - K30-T
- BTG II VATTENTÄT K40-T LUFTHALT 45%
- BTG III - K15
- PREFAB. BETONG



MALMÖ BYGGNADSNÄMND
Beslut ko 0290
1987-08-04 litt 90
godkänd i delegationen

F	1	TAKISOL.	TG	850814
E	2	PLUSH. MM	TG	850810
D	-	PLUSH. MM	TG	850603
C	T	DRÄNERING	IS	850520
B	-	RANK-BALKAR	TG	850430
A	-			

A:11



50 SINGEL
SAP 4000
YAP 2500
20 RW 1341-00
160 RW 135-00
0,2 TRANSPARENT
PLASTFOLIE
TH 70R /0,75

GLAS ENL. ARK

LIKA SOM A-A
SE K 23:203

VKR 200x100x6,3
BRANDSKYDDSMÅLAS I A60
/3-SKIKTSYSTEM/

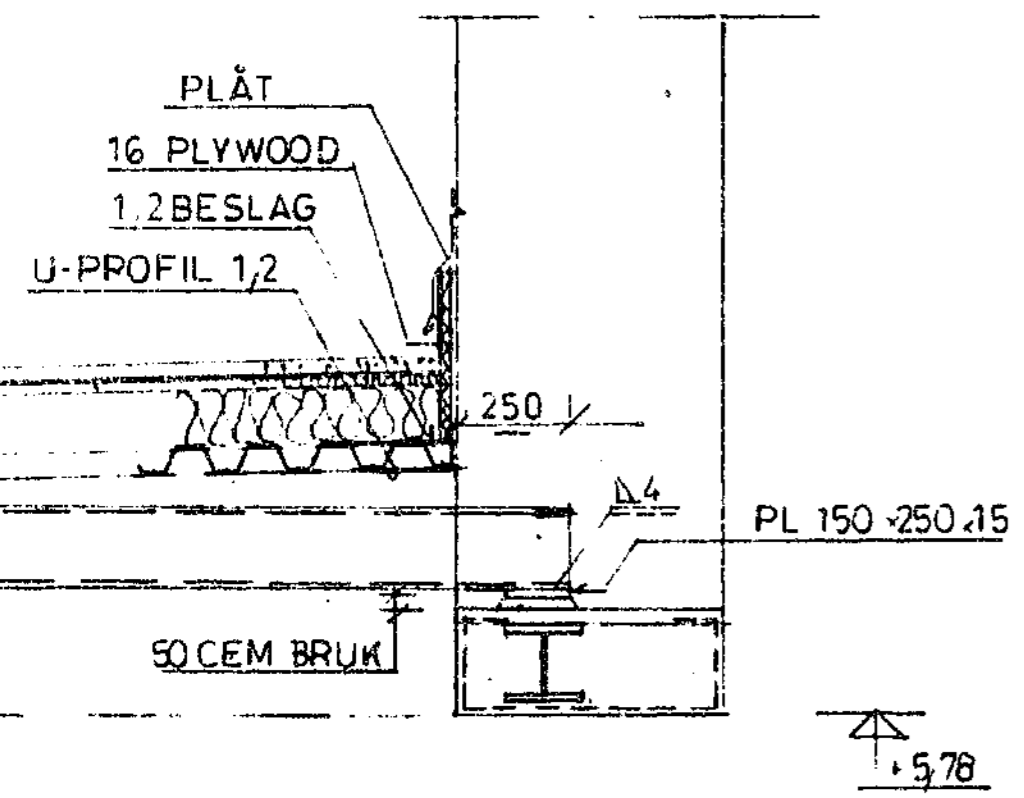
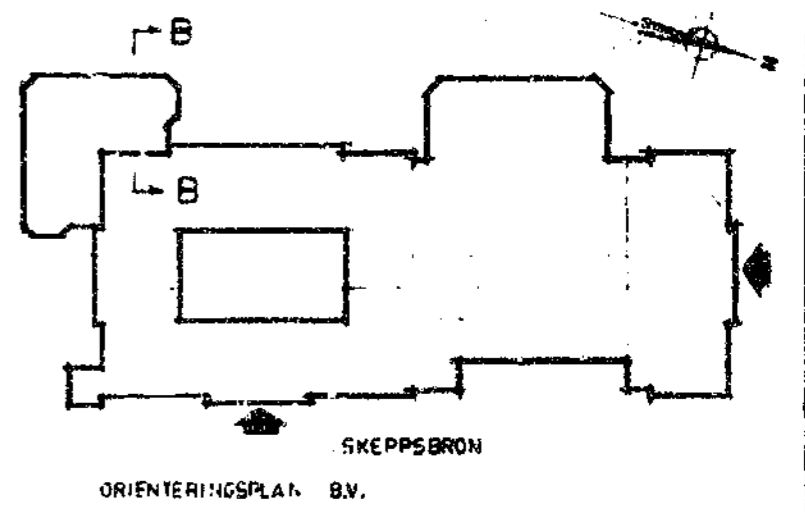
VKR 100x100x8,0
BRANDSKYDDSMÅLAS I A60
/3-SKIKTSYSTEM/

PL. 150x150x10

VKR 80x80x6,3
BRANDSKYDDSMÅLAS I A60
/3-SKIKTSYSTEM/

LIKA VIDSTÅENDE

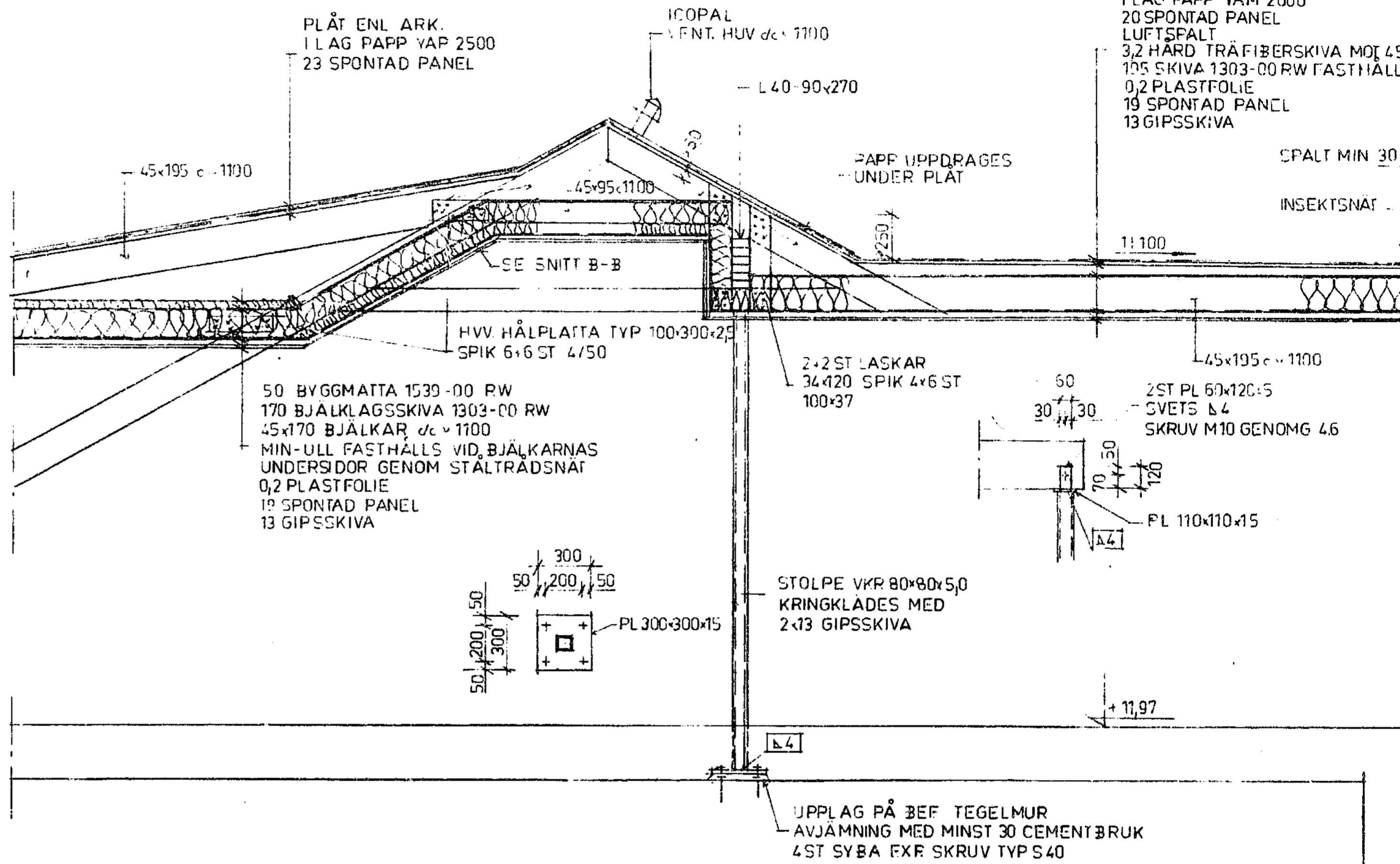
SEKTION B-B 1:20
I ÖVRIGT LIKA SOM A-A; SE K 23:203



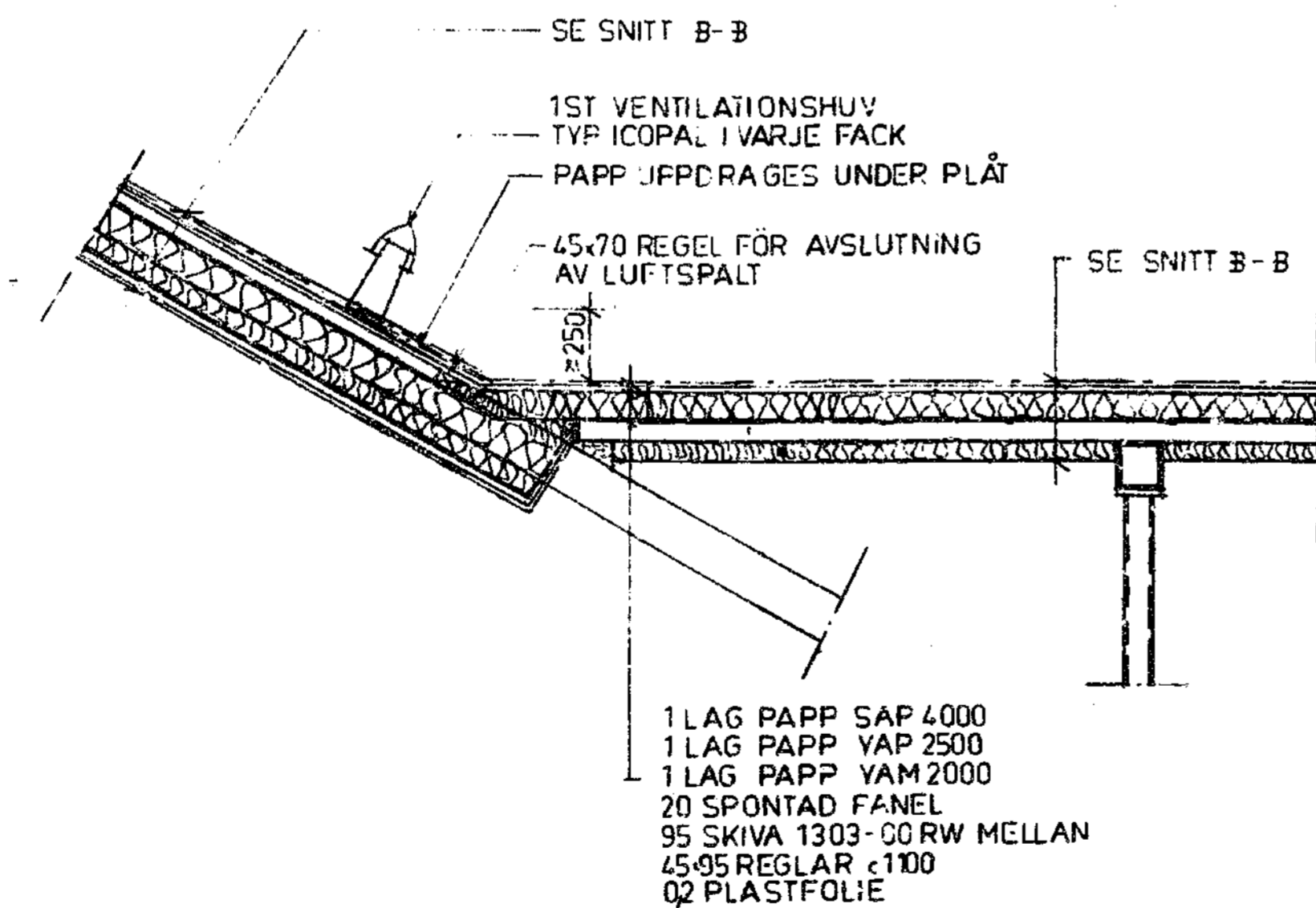
MALMÖ BYGGNADSNÄMND
Beslut ko 0290
1987-08-04 litt V
godkänd i delegation

A:12

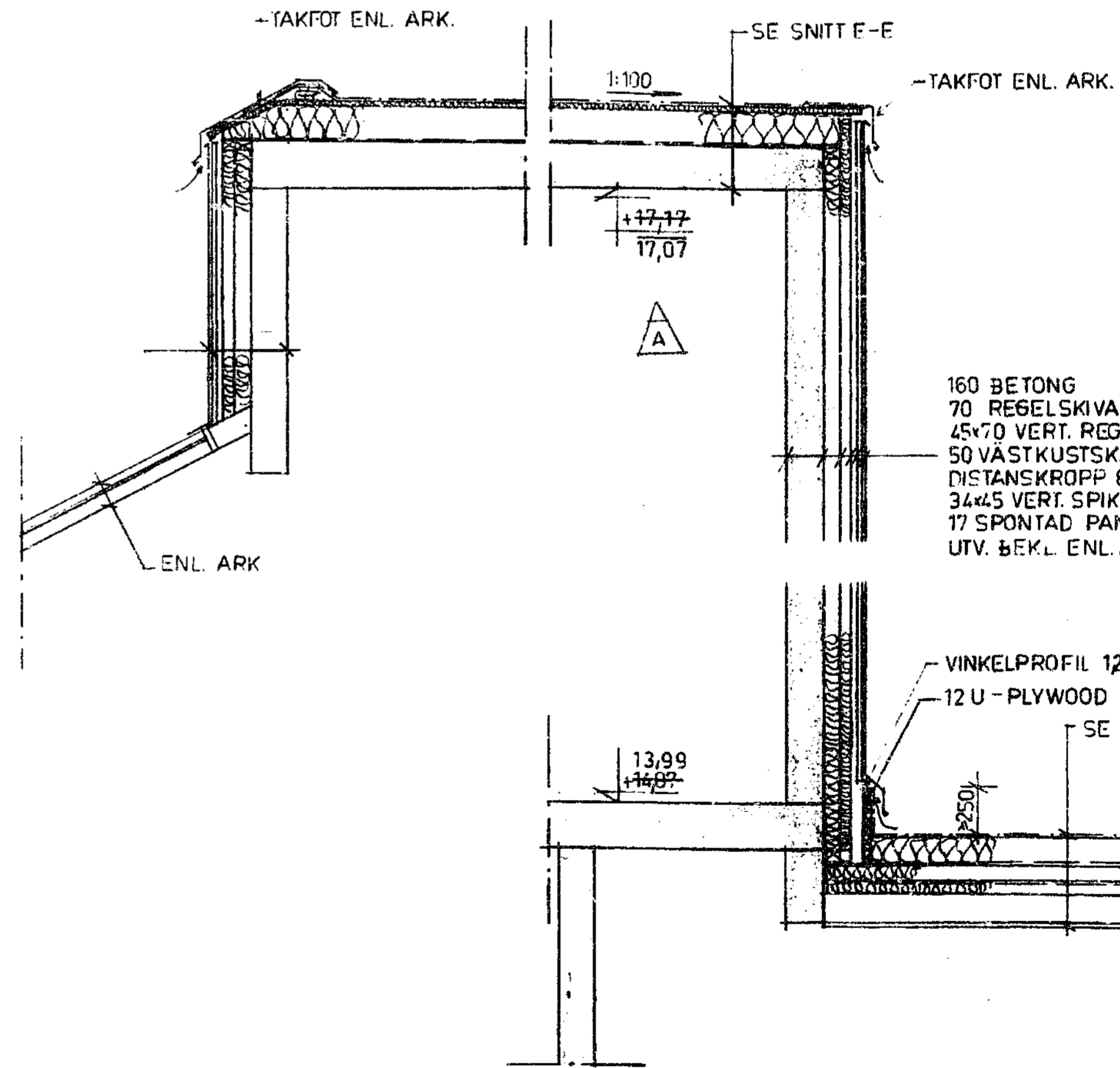
TAKFOT ENL. ARK
OBS TAKFOT SKALL FÖR-
SES MED MINST 30MM
LÅNGSG. LUFTSPALT



SNITT A-A
-1:20-

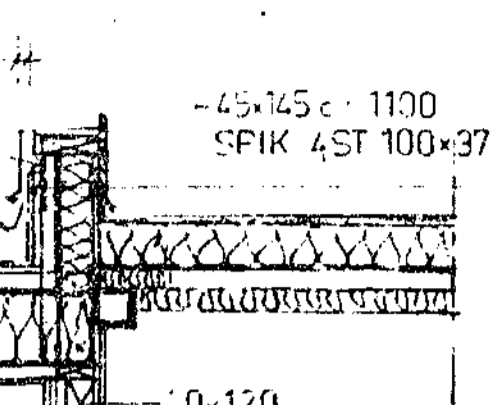


SNITT C-C
-1:20-



SNITT D-D
-1:20-

45 SPIKLÄKT
MED STÅLTRÄDSNÄT



12 U-PLYWOOD
45 LUFTSPALT
3,2 HÅRD TRAFIBERSKIVA PÅ
45 SPIKLÄKT
95 SKIVA RW1331-00
12 U-PLYWOOD

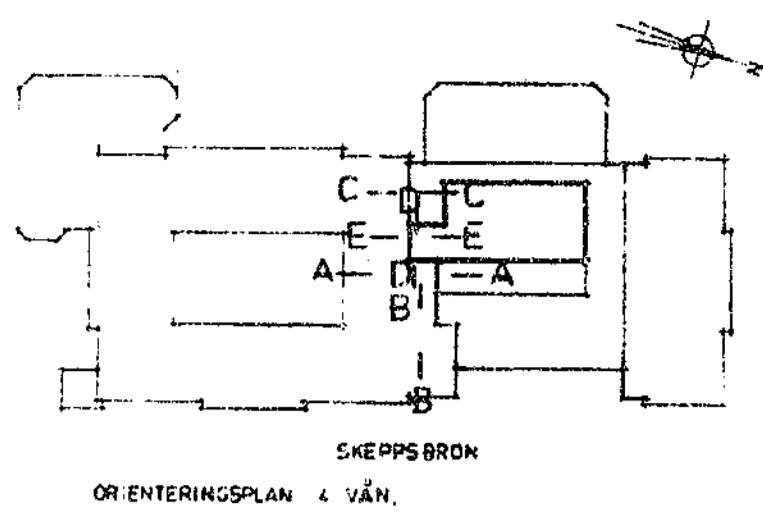
PLÅT ENL. ARK
BEF PAPP
BEF PANEL
40 50 LUFTSPALT
3,2 HÅRD TRAFIBERSKIVA PÅ 45 SPIKLÄKT
95 SKIVA 1303-00 RW
70 SKIVA 1331-00 RW MELLAN
45/70 REGLAR c600
MIN-ULL FASTHÅLLS MED STÅLTRÄDSNÄT
0,2 PLASTFOLIE
13 SPONTAD PANEL
13 GIPSSKIVA

1ST VENTILATIONSHUV
TYP ICOPAL I VARJE
FACK

PAPP UPPFAGES
UNDER PLÅT

1 LAG PAPP SAP4000
1 LAG PAPP YAP2500
12 U-PLYWOOD
120 SKIVA 1331-00 MELLAN
GYPROC REGEL R120 c600 VERT.
0,2 PLASTFOLIE

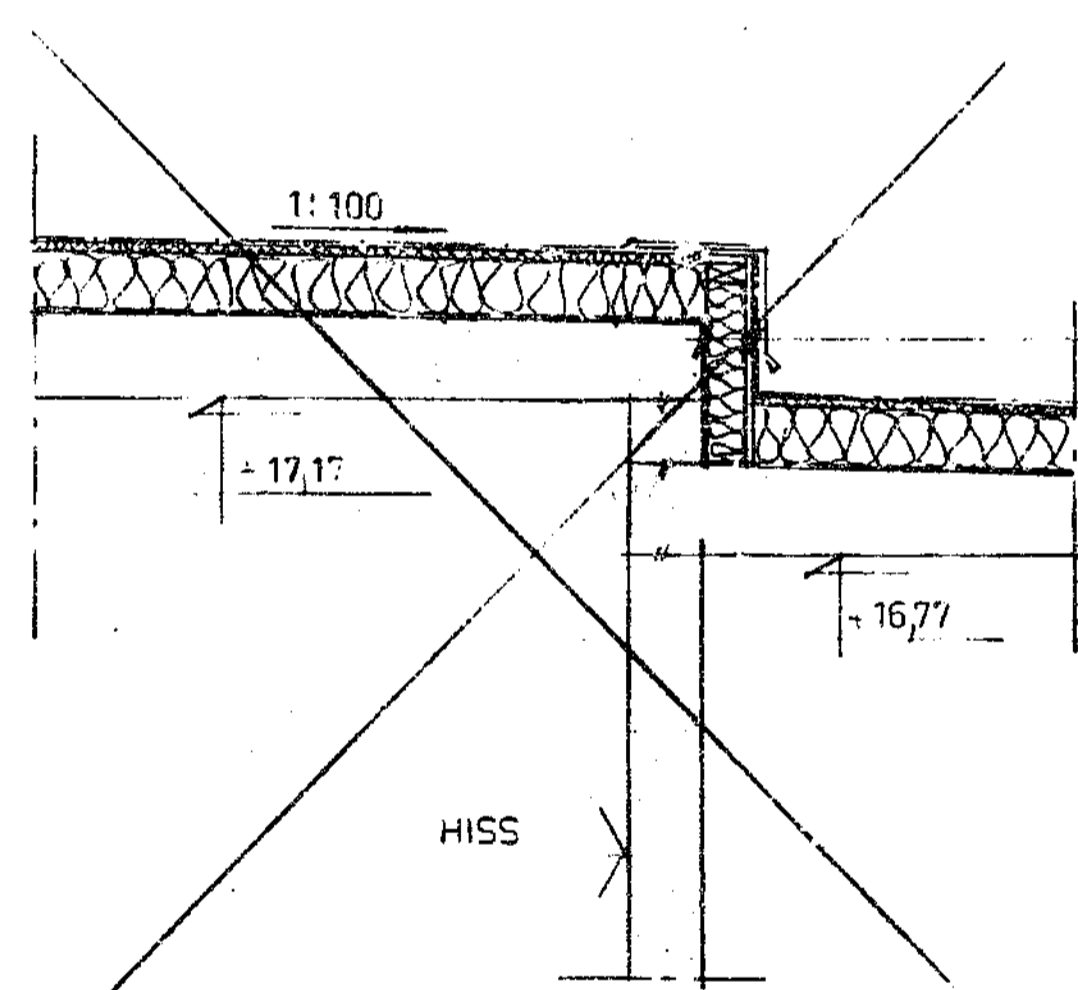
PLÅT ENL. ARK
1 LAG PAPP YAP2500
20 TAKBOARD RW1343-00
100 SKIVA RW131-00
0,2 PLASTFOLIE
TH 70 R/0,75
60 SKIVA RW131-00



SKEPPSBRON
ORIENTERINGSPÅN 4 VÅN.

SNITT B-B
-1:20-

1 LAG PAPP SAP4000
1 LAG PAPP YAP2500
20 TAKBOARD 1341-00 RW
160 SKIVA 142-00 RW
0,20 PLASTFOLIE
250-200 BETONG



SNITT E-E
-1:20-

0,2 PLASTFOLIE
120 SKIVA RW1331-00 MELLAN
45/70 VERT. REGLAR c600
12 U-PLYWOOD

1 LAG PAPP SAP4000
1 LAG PAPP YAP2500
20 TAKBOARD RW1343-00
100 SKIVA RW131-00
0,2 PLASTFOLIE
TH 70 R/0,75
60 SKIVA RW131-00

FÖRESKRIFTER

KONSTRUKTIONSVIRKE: Ö-VIRKE,
DÅR EJ ANNAT ANGES
LIMTRÄ: HÅLLFASTHETSKLASS L40
SPIK: RÄFFLAD TRÄDSPIK SMS 1302
STÅL: ENL. RITN. NR

FÖR ATT TAKKONSTRUKTIONEN EJ SKALL SKEDAS
AV FUKTKONVEKTION KR OBT AV STÖRSTA VIKT
ATT LUFTSPALT OCH LUFTINTAG UTFÖRES ENLIGT
RITNINGARNA.
VIDARE MÅSTE PLASTFOLIEN VARA KONTINUERLIGT
FRAMÅGEN ÖVER ALLA KONSTRUKTIONSEDLAR
(NYA TAK - GAMLA TAK - VÄGGAR). ALLA SKAR-
VARI PLASTFOLIEN SKALL SÖRAS MED REGJLA
ÖVERLAPP OCH KLIMMAS MOT REGLAR ELLER HÖR-
SVARANDE.

BRANDSKYDD: STÅLBALKAR OCH STÅL-
PELARE KRINGKLÄDES MED 2x13 GIPS-
SKIVA ALT. BRANDSKYDDSMÅLAS I A60

MALMÖ BYGGNADSNÄMND
Beslut ko 0290
1987-08-04 litt AG
godkänd i delegation

B	PLUSH.	TG	850303
A	HJUD	TG	850303

SNITT E-E
-1:20-

L70 70x7
SKRUV TILL BETONG: M12 EXP SKRUV c1000
SKRUV TAKPLÅT- L PROFIL 1ST STAPS 663
TYP B I VARANNAN VÄGDAL

RESTAURANG
ÖVR.UTR.
FF2A

RESTAURANG
KÖK
FF2B

RESTAURANG
TA2

BÖRSSAL MM.
(GAMLA DELEN)
TA4 FF4

FÖRSÄLJNINGLOKALER
BV, SÖDRA DELEN
TA3 FF3

KONTOR (GAMLA DELEN)
TA5 FF5

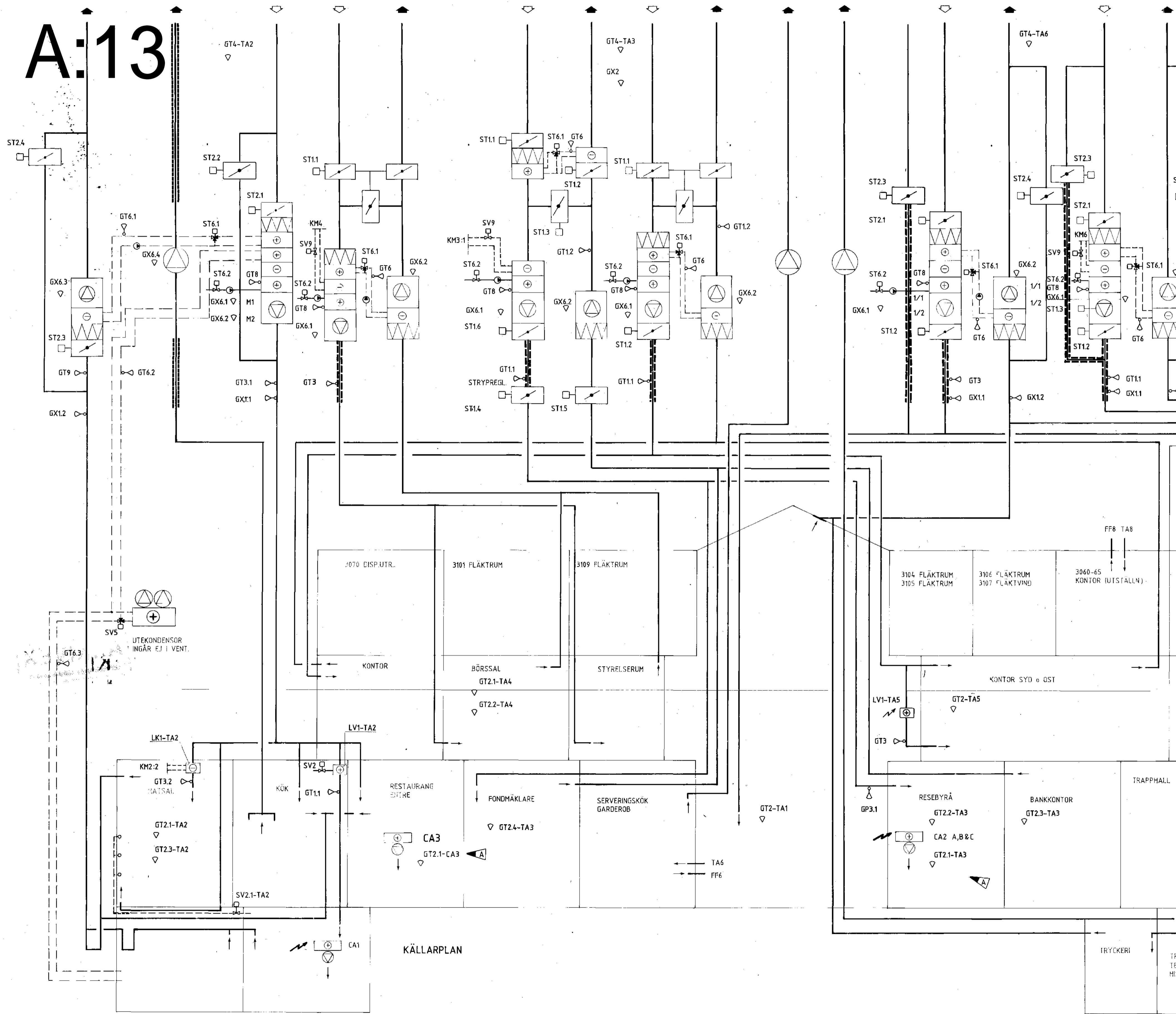
SERVE-
RINGSKÖK
FF10

GARAGE
FF11

LJUSGÅRD MM.
TA1 FF1

STORA BÖRSSAL
TA6 FF6

A:13



UTEKONDENSOR
INGÅR EJ I VENT.

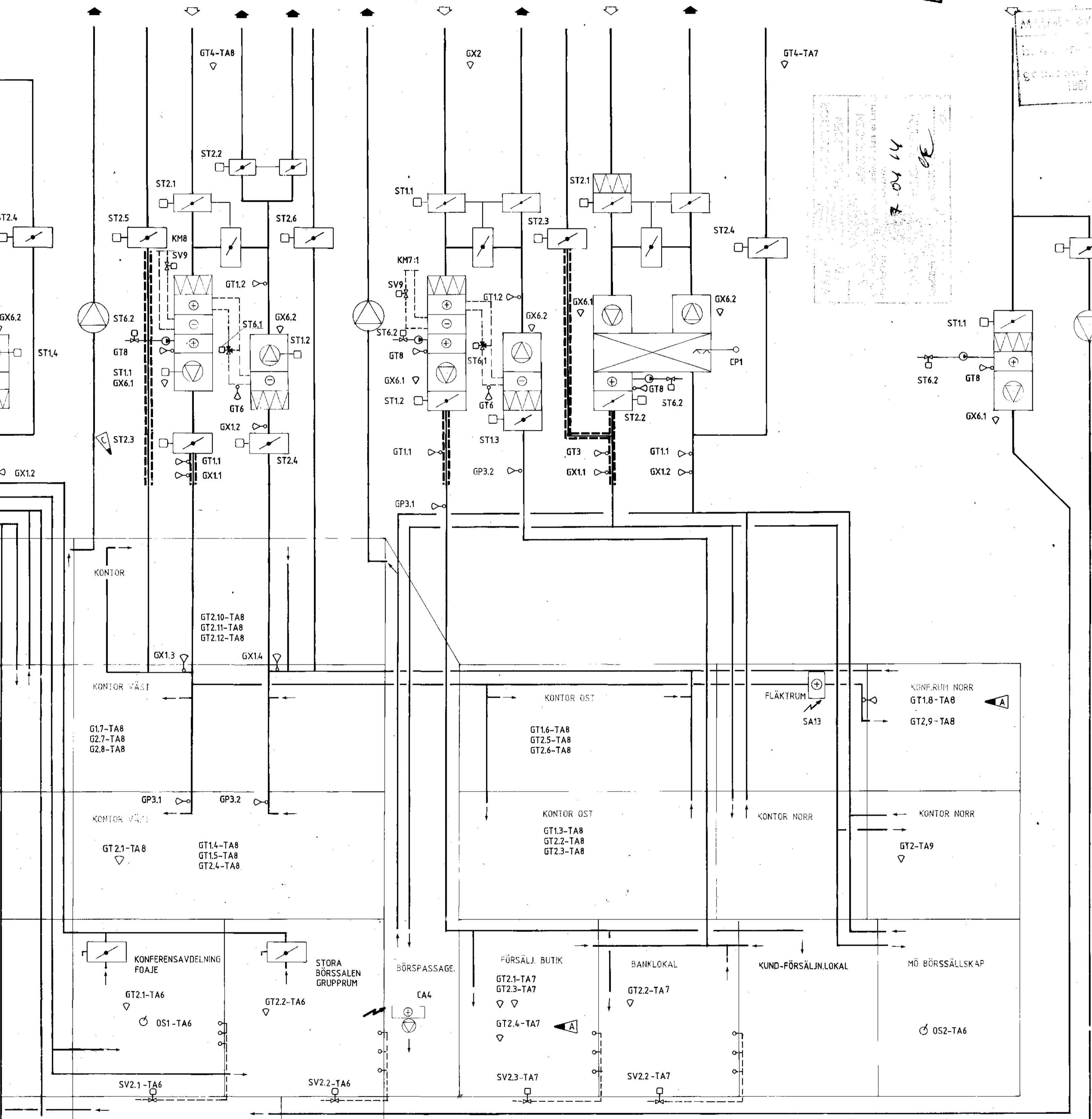
LK1-TA2

KÄLLARPLAN

TRYCKERI

HISS 4002 LJUSSHAKT FF12
 KONTOR (NYA DELEN) TA8 FF8
 LJUS-SCHAKT FF13
 FÖRSÄLJNINGSLOKALER BV, NORRA DELEN TA7 FF7
 KONTOR (NORRA DELEN) TA9 FF9
 GARAGE TA11
 UNDERCENTRAL TF1

ARKIVEX
 04 14



FÖRKLARINGAR STYR

- GT1 TEMPERATURGIVARE, KANAL
- GT2 TEMPERATURGIVARE, LOKAL
- GT3 TEMPERATURGIVARE, MIN BEGRÄNSN.
- GT4 TEMPERATURGIVARE, UTETEMP.
- GT6 TEMPERATURGIVARE, BEGRÄNSN. I RÖR
- GT8 TEMPERATURGIVARE, FRYSSKYDD
- GT9 VARMEDETEKTOR 70°C
- GP3 TRYCKGIVARE I KANAL
- GX1 RÖKDETEKTOR I KANAL
- GX2 RÖKDETEKTOR I RUM
- GX6 FASVINKELVAKT, FLÄKTMOTOR
- M MOTOR (INGÅR I LE)
- O OMSTÄLLARE
- ST1 SPJÄLLSTÄLLDON
- ST2 SPJÄLLSTÄLLDON MED FJÄDERÅTERGÅNG
- ST6 VENTILSTÄLLDON
- SV2 STYRVENTIL, TVÄVÄGS KONTINUERLIG
- SV5 STYRVENTIL, TREVÄGS TVÄLÄGES
- SV9 MAGNETISK STYRVENTIL 40-100 %

BRANDAUTOMATIK FUNKTION:

TA1/FF1
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA1, STÄNGER SPJÄLL ST1.2 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.3. OM GX2.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FE1 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.4 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 RESP GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.3 OCH ST2.4. ST2.3 OCH ST2.4 SKALL ÄVEN ÖPPNAS VID STRÖM-
 AVBROTT.

TA2
 FLÄKTRUM 3101A OCH 3101B:
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA2 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.2.

AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.2. ST2.2 ÖPPNAR ÄVEN VID STRÖM-
 AVBROTT.

PLAN 4
 FE2A FLÄKTRUM 0122:
 FLÄKT I DRIFT
 OM TEMPERATUREN PÅ GIVARE GT9 FÖR FF2A ÖVER-
 STIGER 70°C URKOPPLAR FLÄKTMOTOR OCH STÄNGER SPJÄLL ST2.3.
 OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FE2A OCH SPJÄLL ST2.4 ÖPPNAR
 AVSTÄNGD FLÄKT
 OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FE2A OCH ST2.4 ÖPPNAR.
 VID STRÖM-
 AVBROTT SKALL ST2.3 STÄNGA OCH ST2.4 ÖPPNA.

PLAN 3
 TA3/FF3, TA5/FF5
 OM GX2 INDIKERAR BRANDRÖK I FLÄKTRUM 3109 UR-
 KOPPLAS FLÄKTMOTORENA SAMT STÄNGER ST1.6-TA3 OCH ST1.2-TA5.
 GX2 GEMENSAM FÖR TA3 OCH TA5.

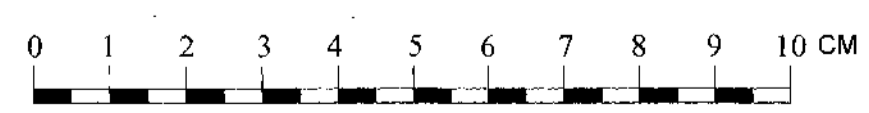
PLAN 2
 TA6/FF6
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA6 OCH STÄNGER ST1.2 SAMT ÖPPNAR ST2.3. OM GX1.2 IND. BRANDRÖK STOPPAR FF6 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.4 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 RESP GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.3 OCH ST2.4. ST2.3 OCH ST2.4 SKALL ÄVEN ÖPPNAS VID STRÖM-
 AVBROTT.

TA7/FF7
 OM GX2 INDIKERAR BRANDRÖK I FLÄKTRUM 3112 STOPPAR TA7, FF7, TA9, FF9 SAMT STÄNGER STÄLLDON ST1.2-TA7 SAMT ST2.2-TA9.
 GX2 GEMENSAM FÖR TA7 OCH TA9.

BOTTENPLAN
 TA8/FF8
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA8 SAMT STÄNGER ST2.3. OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FF8, STÄNGER ST2.4 OCH ÖPPNAR ST2.6
 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.3 RESP GX1.4 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.5 OCH ST2.6.
 VID STRÖM-
 AVBROTT STÄNGER ST2.3 OCH ST2.4 SAMT ÖPPNAR ST2.5 OCH ST2.6. OM GX1.1 RESP GX1.2 IND. BRANDRÖK STOPPAR FLÄKTAR SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.5 OCH ST2.6. ST2.1 STÄNGER FÖR ÅTERLUFT

D	3	BRANDFUNKTION KOMPL	B.H	86-06-09
C	5	BRANDFUNKTION KOMPL	B.H	86-03-12
B		BRANDFUNKTION INFÖRD	B.H	86-01-28
A	4	REV. NR 1	SF	85-10-02
REV.	ANT	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

RELATIONSRTNING



F		RELATIONSRTN	SF	87-01-12
E	1	BRANDFUNKTION FF8 KOMPL	B.H	86-06-13
REV.	ANT	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

TA9/FF9
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA9 OCH STÄNGER ST2.2 SAMT ÖPPNAR ST2.3.
 OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FF9, ST2.1 STÄNGER FÖR ÅTERLUFT OCH ST2.4 ÖPPNAR
 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 RESP GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.1, ST2.3 OCH ST2.4. VID STRÖM-
 AVBROTT ÖPPNAR ST2.1, ST2.3 OCH ST2.4.
 ST2.1 STÄNGER FÖR ÅTERLUFT.

NYA DELEN

A:14

RESTAURANG
ÖVR. STR.
FF2A

RESTAURANG
KÖK
FF2B

RESTAURANG
TA2

BÖRSSAL MM.
(GAMLA DELEN)
TA4 FF4

FÖRSÄLJNINGLOKALER
BV, SÖDRA DELEN
TA3 FF3

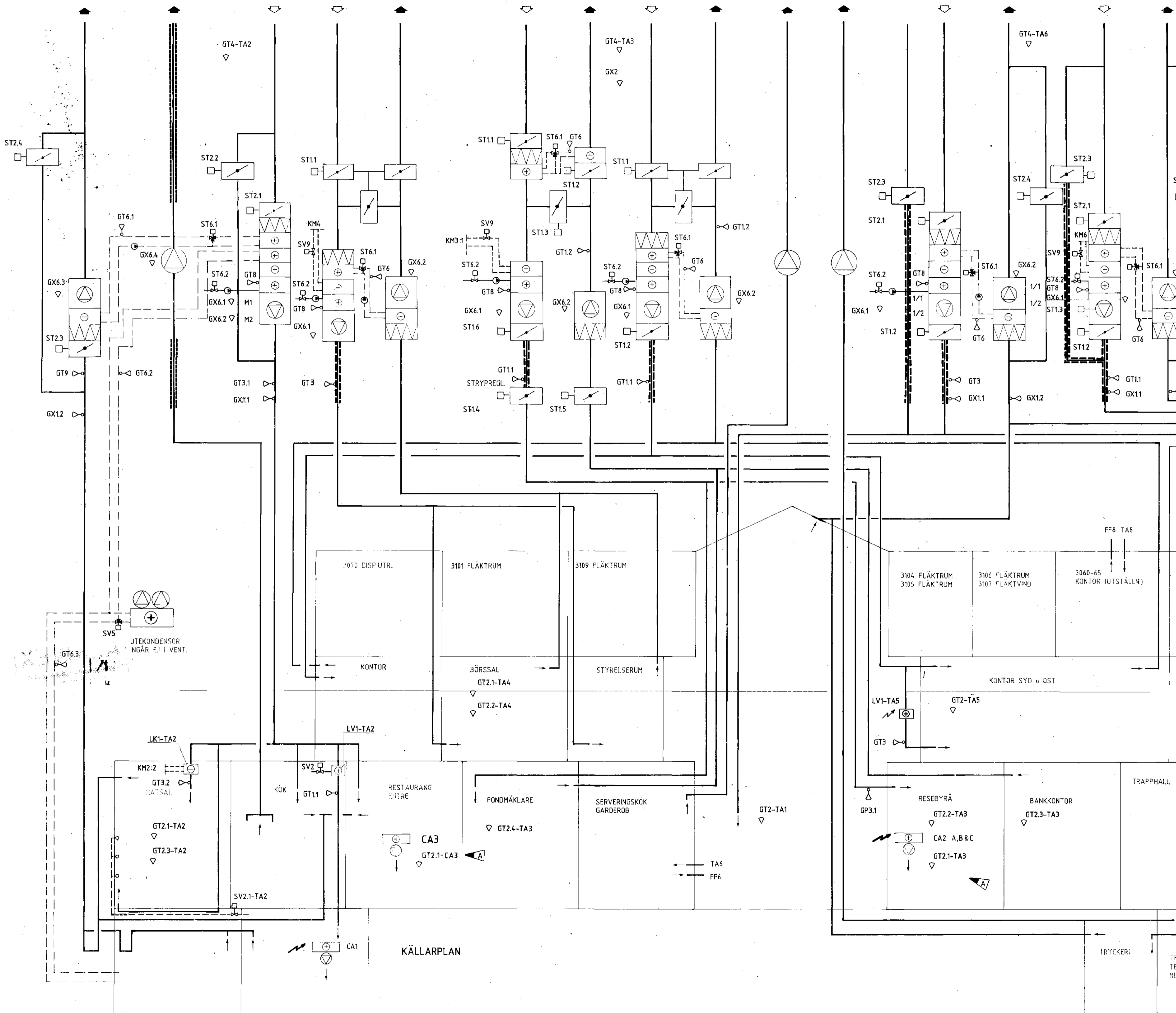
KONTOR (GAMLA DELEN)
TA5 FF5

SERVE-
RINGSKÖK
FF10

GARAGE
FF11

LJUSGÅRD MM.
TA1 FF1

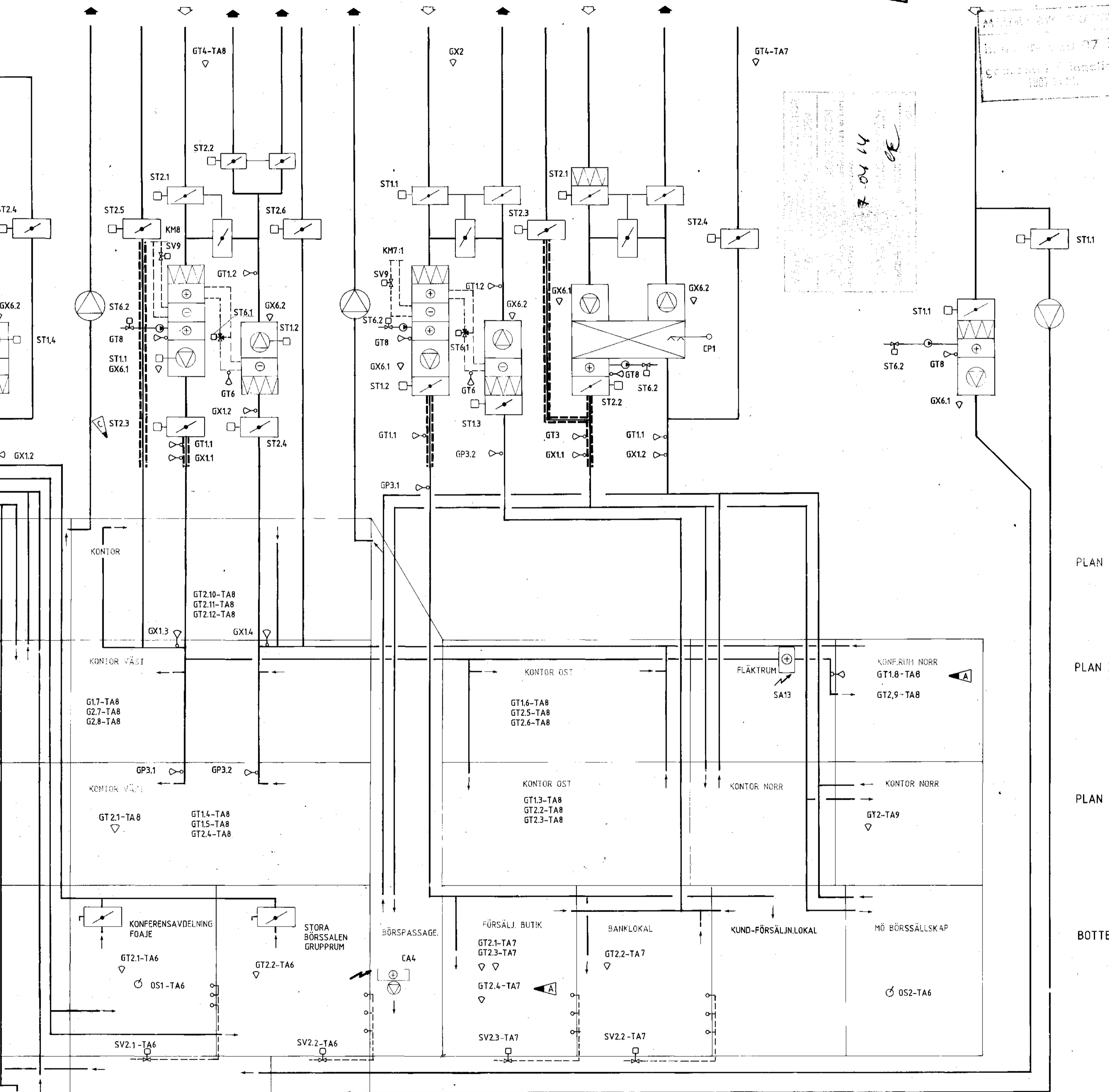
STORA BÖRSSAL
TA6 FF6



KÄLLARPLAN

HISS 4002 LJUSSHAKT FF12
 KONTOR (NYA DELEN) TA8 FF8
 LJUS-SCHAKT FF13
 FÖRSÄLJNINGSLOKALER BV, NORRA DELEN TA7 FF7
 KONTOR (NORRA DELEN) TA9 FF9
 GARAGE TA11
 UNDERCENTRAL TF1

ARKIVEX
 BYGGNADENS BEHÖRIGHET



FÖRKLARINGAR STYR

- GT1 TEMPERATURGIVARE, KANAL
- GT2 TEMPERATURGIVARE, LOKAL
- GT3 TEMPERATURGIVARE, MIN BEGRÄNSN.
- GT4 TEMPERATURGIVARE, UTETEMP.
- GT6 TEMPERATURGIVARE, BEGRÄNSN. I RÖR
- GT8 TEMPERATURGIVARE, FRYSSKYDD
- GT9 VARMEDETEKTOR 70°C
- GP3 TRYCKGIVARE I KANAL
- GX1 RÖKDETEKTOR I KANAL
- GX2 RÖKDETEKTOR I RUM
- GX6 FASVINKELVAKT, FLÄKTMOTOR
- M MOTOR (INGÅR I LE)
- O OMSTÄLLARE
- ST1 SPJÄLLSTÄLLDON
- ST2 SPJÄLLSTÄLLDON MED FJÄDERÅTERGÅNG
- ST6 VENTILSTÄLLDON
- SV2 STYRVENTIL, TVÄVÄGS KONTINUERLIG
- SV5 STYRVENTIL, TREVÄGS TVÄLÄGES
- SV9 MAGNETISK STYRVENTIL 40-100 %

BRANDAUTOMATIK FUNKTION:

TA1/FF1
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA1, STÄNGER SPJÄLL ST1.2 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.3. OM GX2.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FE1 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.4 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 RESP GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.3 OCH ST2.4. ST2.3 OCH ST2.4 SKALL ÄVEN ÖPPNAS VID STRÖM-
 AVBROTT.

TA2
 FLÄKTRUM 3101A OCH 3101B:
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA2 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.2.

AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.2. ST2.2 ÖPPNAR ÄVEN VID STRÖM-
 AVBROTT.

PLAN 4
 FE2A FLÄKTRUM 0122:
 FLÄKT I DRIFT
 OM TEMPERATUREN PÅ GIVARE GT9 FÖR FF2A ÖVER-
 STIGER 70°C URKOPPLAR FLÄKTMOTOR OCH STÄNGER SPJÄLL ST2.3.
 OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FE2A OCH SPJÄLL ST2.4 ÖPPNAR
 AVSTÄNGD FLÄKT
 OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FE2A OCH ST2.4 ÖPPNAR.
 VID STRÖM-
 AVBROTT SKALL ST2.3 STÄNGA OCH ST2.4 ÖPPNA.

PLAN 3
 TA3/FF3, TA5/FF5
 OM GX2 INDIKERAR BRANDRÖK I FLÄKTRUM 3109 UR-
 KOPPLAS FLÄKTMOTORENA SAMT STÄNGER ST1.6-TA3 OCH ST1.2-TA5.
 GX2 GEMENSAM FÖR TA3 OCH TA5.

PLAN 2
 TA6/FF6
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA6 OCH STÄNGER ST1.2 SAMT ÖPPNAR ST2.3. OM GX1.2 IND. BRANDRÖK STOPPAR FF6 SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.4 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 RESP GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.3 OCH ST2.4. ST2.3 OCH ST2.4 SKALL ÄVEN ÖPPNAS VID STRÖM-
 AVBROTT.

TA7/FF7
 OM GX2 INDIKERAR BRANDRÖK I FLÄKTRUM 3112 STOPPAR TA7, FF7, TA9, FF9 SAMT STÄNGER STÄLLDON ST1.2-TA7 SAMT ST2.2-TA9.
 GX2 GEMENSAM FÖR TA7 OCH TA9.

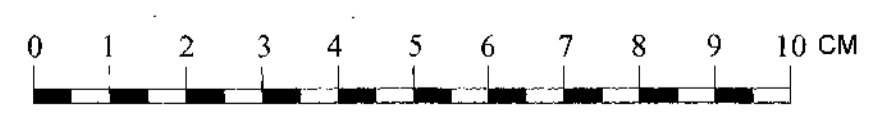
BOTTENPLAN
 TA8/FF8
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA8 SAMT STÄNGER ST2.3. OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FF8, STÄNGER ST2.4 OCH ÖPPNAR ST2.6
 AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.3 RESP GX1.4 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.5 OCH ST2.6.
 VID STRÖM-
 AVBROTT STÄNGER ST2.3 OCH ST2.4 SAMT ÖPPNAR ST2.5 OCH ST2.6. OM GX1.1 RESP GX1.2 IND. BRANDRÖK STOPPAR FLÄKTAR SAMT ÖPPNAR SPJÄLL ST2.5 OCH ST2.6. ST2.1 STÄNGER FÖR ÅTERLUFT

D	3	BRANDFUNKTION KOMPL	B.H	86-06-09
C	5	BRANDFUNKTION KOMPL	B.H	86-03-12
B		BRANDFUNKTION INFÖRD	B.H	86-01-28
A	4	REV. NR 1	SF	85-10-02
REV.	ANT	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

RELATIONSRTNING

TA9/FF9
 FLÄKTAR I DRIFT
 OM GX1.1 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR TA9 OCH STÄNGER ST2.2 SAMT ÖPPNAR ST2.3.
 OM GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK STOPPAR FF9, ST21 STÄNGER FÖR ÅTERLUFT OCH ST2.4 ÖPPNAR


AVSTÄNGDA FLÄKTAR
 OM GX1.1 RESP GX1.2 INDIKERAR BRANDRÖK ÖPPNAR ST2.1, ST2.3 OCH ST2.4.
 VID STRÖM-
 AVBROTT ÖPPNAR ST2.1, ST2.3 OCH ST2.4.
 ST2.1 STÄNGER FÖR ÅTERLUFT.



F		RELATIONSRTN	SF	87-01-12
E	1	BRANDFUNKTION FF8 KOMPL	B.H	86-06-13
REV.	ANT	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

NYA DELEN

B:1

		<h2 style="text-align: center;">Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	7776.8 m ²
Customer		Model volume	32717.5 m ³
Created by	Elin Mattsson Hedenborg	Model ground area	3029.5 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)1	Model envelope area	9200.3 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	25.1 %
Case	BASFALL	Average U-value	1.061 W/(m ² K)
Simulated	2021-12-02 16:39:21	Envelope area per Volume	0.2812 m ² /m ³

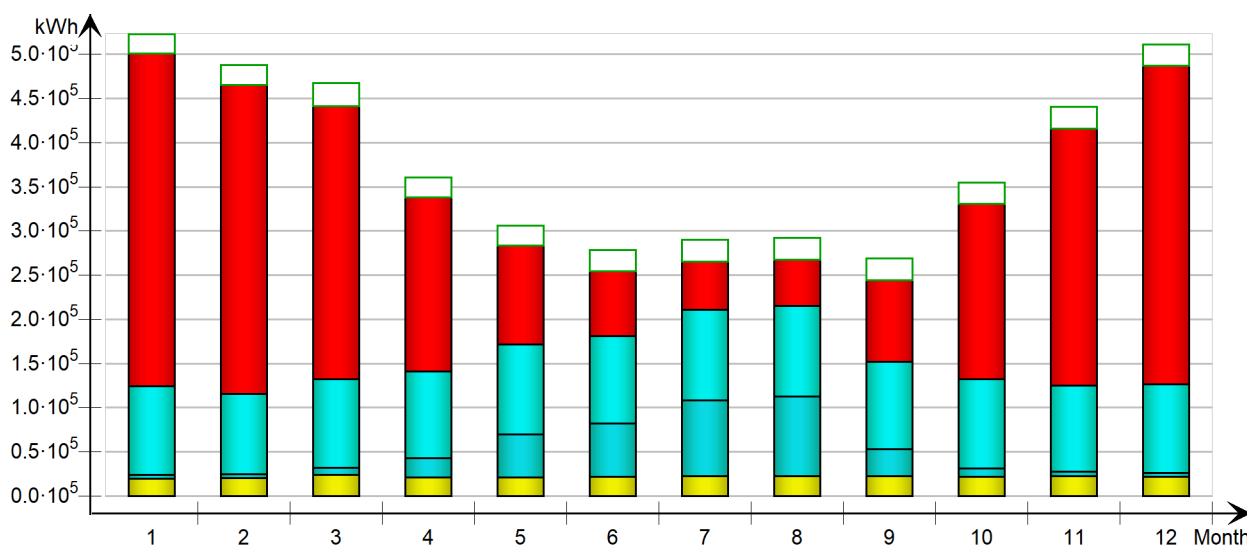
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	7 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	1 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	8 %

Delivered Energy Overview

		Purchased energy		Peak demand
		kWh	kWh/m ²	kW
■	Lighting, facility	261997	33.7	88.57
■	Electric cooling	374548	48.2	731.6
■	HVAC aux	1192857	153.4	139.5
	Total, Facility electric	1829402	235.2	
■	District heating	2466604	317.2	1019.0
	Total, Facility district	2466604	317.2	
	Total	4296006	552.4	
□	Equipment, tenant	286791	36.9	95.06
	Total, Tenant electric	286791	36.9	
	Grand total	4582797	589.3	

Monthly Purchased/Sold Energy




Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	19912.0	4584.0	100491.0	376703.0	21875.0
2	20681.0	4622.0	90620.0	349763.0	22627.0
3	23701.0	8117.0	100626.0	309007.0	25903.0
4	20776.0	21455.0	97874.0	196819.0	22764.0
5	20825.0	48770.0	101696.0	111874.0	22833.0
6	21685.0	60557.0	98723.0	73470.0	23719.0
7	22783.0	86035.0	102397.0	54352.0	24939.0
8	22735.0	90318.0	102521.0	52353.0	24872.0
9	22686.0	30233.0	98585.0	92234.0	24802.0
10	21827.0	9768.0	101268.0	198389.0	23918.0
11	22647.0	5406.0	97530.0	290833.0	24745.0
12	21739.0	4683.0	100526.0	360807.0	23794.0
Total	261997.0	374548.0	1192857.0	2466604.0	286791.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

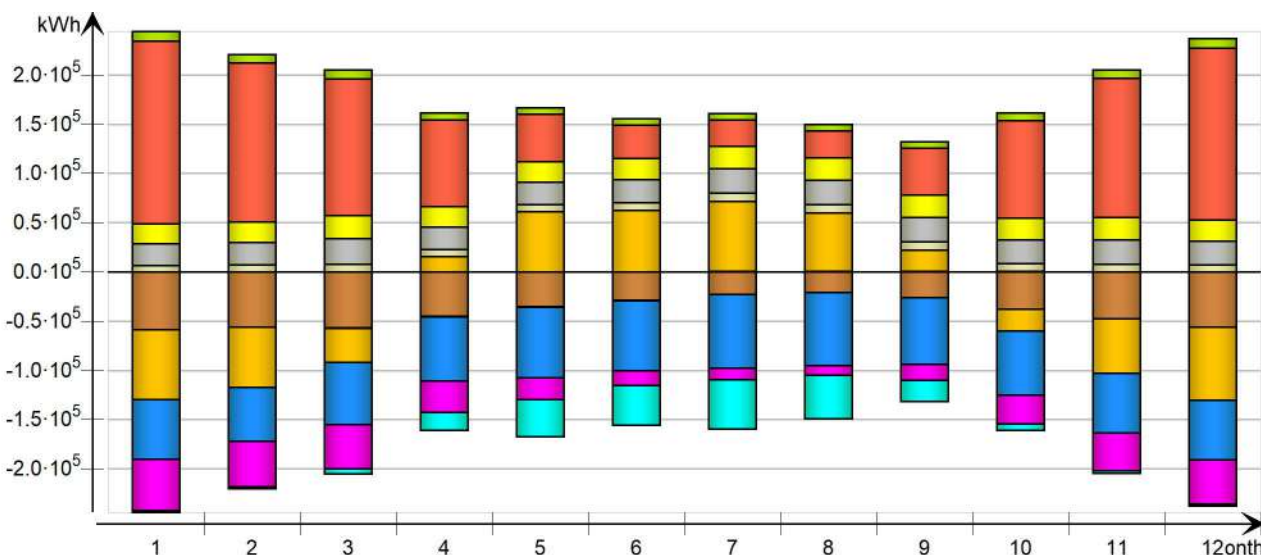
B:2

		<h2>Energy for whole building</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	7776.8 m ²
Customer		Model volume	32717.5 m ³
Created by	Elin Mattsson Hedenborg	Model ground area	3029.5 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)1	Model envelope area	9200.3 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	25.1 %
Case	BASFALL	Average U-value	1.061 W/(m ² K)
Simulated	2021-12-02 16:39:21	Envelope area per Volume	0.2812 m ² /m ³

All zones

kWh (sensible only)

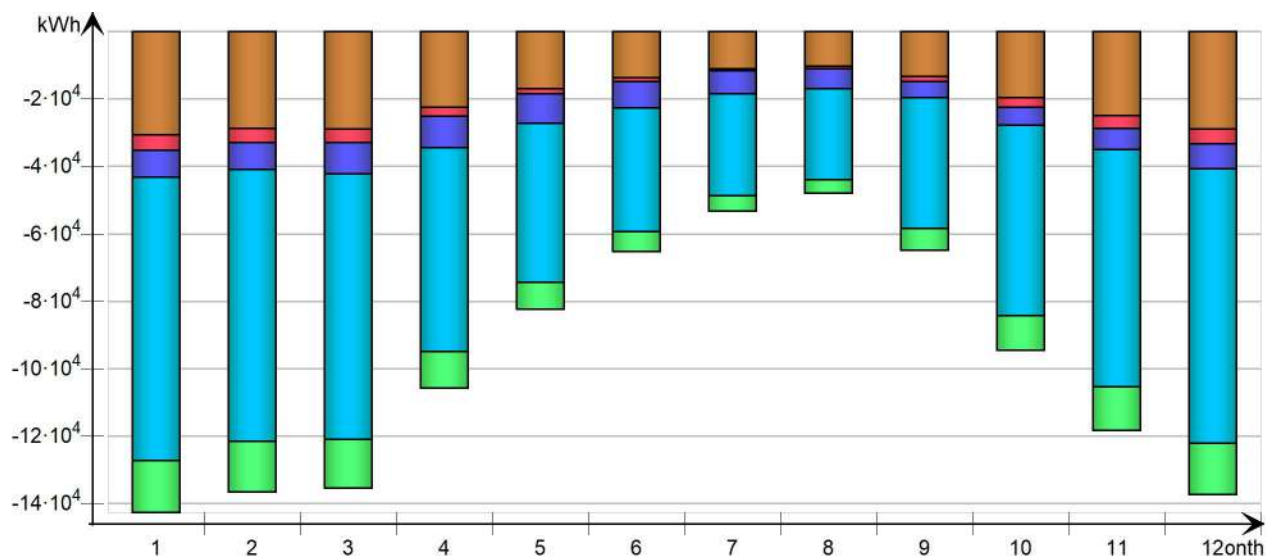
Month	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occupants	Equipment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
1	-58611.9	-105.7	-70722.3	-60694.9	-52342.8	6811.5	21875.8	19910.5	185706.9	-1690.9	9819.5
2	-55780.7	-87.2	-60985.2	-54861.3	-46536.0	7003.0	22628.0	20682.4	161181.8	-2009.3	8722.4
3	-56576.3	-664.2	-34619.9	-63335.9	-44668.1	8045.6	25901.0	23701.6	138616.9	-5223.3	8775.7
4	-45157.4	-358.5	15705.8	-65364.8	-32214.2	7236.0	22762.7	20775.3	87602.6	-18454.2	7430.9
5	-35169.6	-638.6	61046.4	-71450.9	-21872.7	7449.3	22832.8	20826.2	48349.5	-38058.7	6703.6
6	-28436.7	-574.3	62213.1	-70712.9	-15234.7	7842.7	23718.4	21685.4	33715.8	-40324.6	6169.2
7	-22986.6	409.7	70781.8	-74993.4	-12059.6	8279.5	24938.7	22782.1	26967.8	-50275.1	6162.9
8	-20992.1	374.9	59076.2	-74229.7	-9975.2	8381.0	24871.2	22736.7	27511.2	-43973.7	6192.0
9	-26277.4	485.7	21450.3	-67764.7	-16599.6	8177.2	24801.7	22686.7	47720.6	-21253.3	6536.2
10	-37944.7	486.4	-22270.3	-65021.0	-29367.1	7743.3	23919.1	21828.2	99217.4	-6538.7	7909.7
11	-47868.4	-78.5	-55577.7	-60370.0	-38756.1	7795.9	24744.1	22647.3	141380.9	-2605.5	8656.0
12	-55950.9	175.7	-73948.7	-60887.7	-44888.6	7419.8	23793.3	21740.4	174723.5	-1789.7	9581.6
Total	-491752.7	-574.7	-27850.5	-789687.2	-364514.7	92184.8	286786.8	262002.8	1172695.0	-232196.9	92659.7
During heating (MIXED h)	-370542.2	143626.0	-396355.7	-557591.5	-321933.5	37203.4	120528.9	104132.2	1172683.3	0.0	67650.8
During cooling (MIXED h)	-79784.4	-152214.9	339902.8	-131216.2	-24283.9	38832.6	114935.8	111946.3	0.0	-232198.3	14512.3
Rest of time	-41426.1	8014.2	28602.4	-100879.5	-18297.3	16148.8	51322.1	45924.3	11.7	1.4	10496.6



Envelope transmission


kWh

Month	Walls	Roof	Floor	Windows	Doors	Thermal bridges
1	-30660.6	-4503.3	-7985.2	-83988.0	0.0	-15459.9
2	-28634.2	-4240.7	-7906.3	-80657.1	0.0	-15001.3
3	-28924.8	-3950.3	-9227.7	-78699.9	0.0	-14471.1
4	-22357.6	-2648.0	-9355.9	-60529.8	0.0	-10796.9
5	-16911.1	-1564.0	-8800.5	-47119.8	0.0	-7894.1
6	-13603.2	-1051.4	-7828.1	-36743.9	0.0	-5951.2
7	-11063.0	-620.4	-6771.7	-30149.3	0.0	-4532.8
8	-10333.9	-712.8	-5987.9	-27067.8	0.0	-3957.1
9	-13374.0	-1583.0	-4786.1	-38742.9	0.0	-6534.2
10	-19596.8	-2835.0	-5334.6	-56407.5	0.0	-10179.6
11	-24967.0	-3738.6	-6180.6	-70283.8	0.0	-12982.2
12	-28971.1	-4381.7	-7386.9	-81396.3	0.0	-15212.3
Total	-249397.2	-31829.1	-87551.4	-691786.1	0.0	-122972.7
During heating	-195777.4	-19534.3	-52378.7	-552142.3	0.0	-102867.6
During cooling	-33682.8	-8117.1	-26536.8	-95638.4	0.0	-11443.4
Rest of time	-19937.0	-4177.7	-8635.9	-44005.4	0.0	-8661.7



IDA Indoor Climate and Energy
 Version: 4.802
 License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

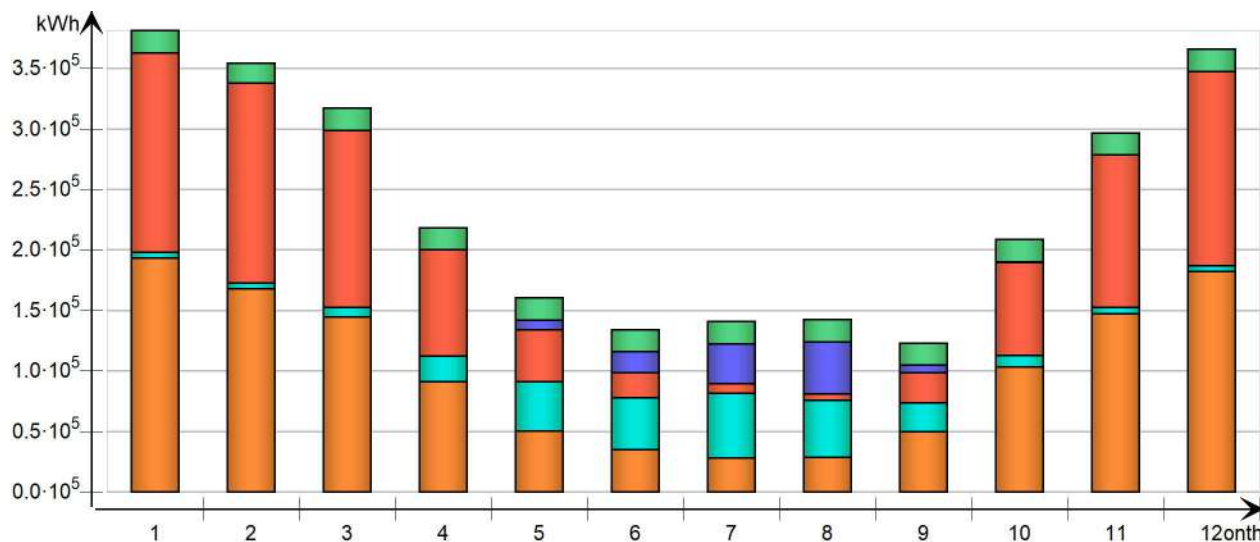
B:3

		Systems Energy	
Project		Building	
		Model floor area	7776.8 m ²
Customer		Model volume	32717.5 m ³
Created by	Elin Mattsson Hedenborg	Model ground area	3029.5 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)1	Model envelope area	9200.3 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	25.1 %
Case	BASFALL	Average U-value	1.061 W/(m ² K)
Simulated	2021-12-02 16:39:21	Envelope area per Volume	0.2812 m ² /m ³

Used energy

kWh (sensible and latent)

Month	Zone heating	Zone cooling	AHU heating	AHU cooling	Dom. hot water
1	193507.0	4584.0	164898.0	0.0	18360.0
2	167952.0	4622.0	165282.0	0.0	16583.0
3	144438.0	8116.0	146255.0	0.0	18360.0
4	91280.0	21254.0	87800.0	200.1	17767.0
5	50379.0	40952.0	43151.0	7814.0	18360.0
6	35130.0	43164.0	20584.0	17387.0	17767.0
7	28101.0	53276.0	7901.0	32757.0	18360.0
8	28666.0	47371.0	5336.0	42942.0	18360.0
9	49724.0	24085.0	24759.0	6147.0	17767.0
10	103385.0	9432.0	76678.0	334.8	18360.0
11	147319.0	5405.0	125794.0	0.0	17767.0
12	182061.0	4683.0	160445.0	0.0	18360.0
Total	1221942.0	266944.0	1028883.0	107581.9	216171.0

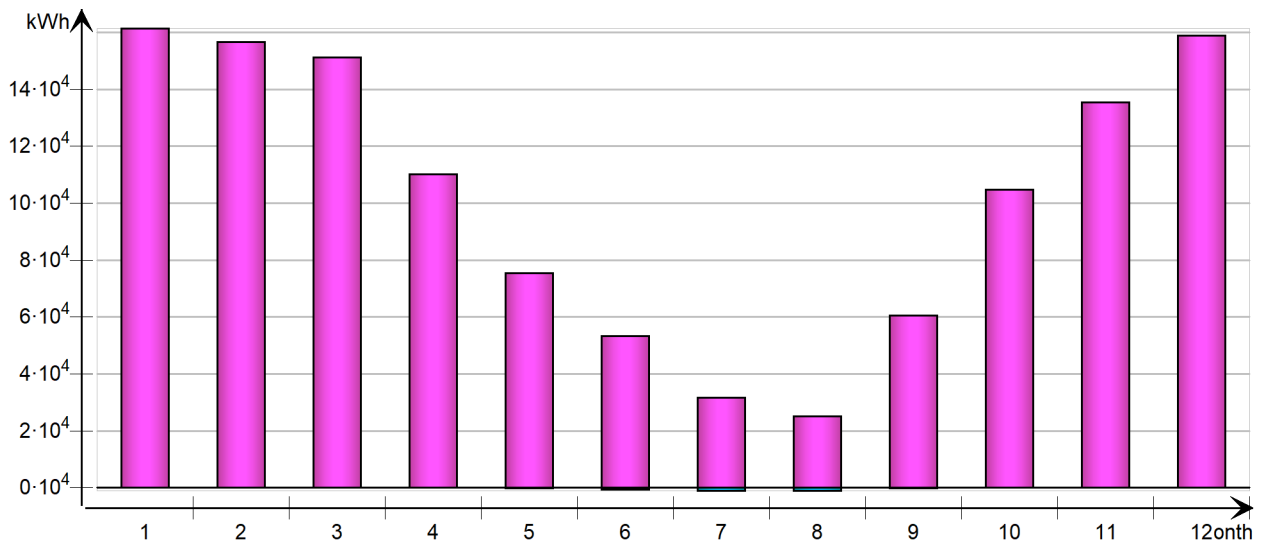


Utilized free energy

kWh (sensible and latent)

Month	AHU heat recovery	AHU cold recovery	Plant heat recovery	Plant cold recovery	Solar heat	Ground heat	Ground cold	Ambient heat	Ambient cold
1	161364.0	0.0							
2	156570.0	0.0							
3	151113.0	0.0							
4	110140.0	-0.1							
5	75312.0	-64.4							
6	53349.0	-520.8							

7	31644.0	-1052.6						
8	25158.0	-1051.9						
9	60502.0	-64.2						
10	104633.0	-0.0						
11	135448.0	0.0						
12	158870.0	0.0						
Total	1224103.0	-2753.9						



Generated electric energy

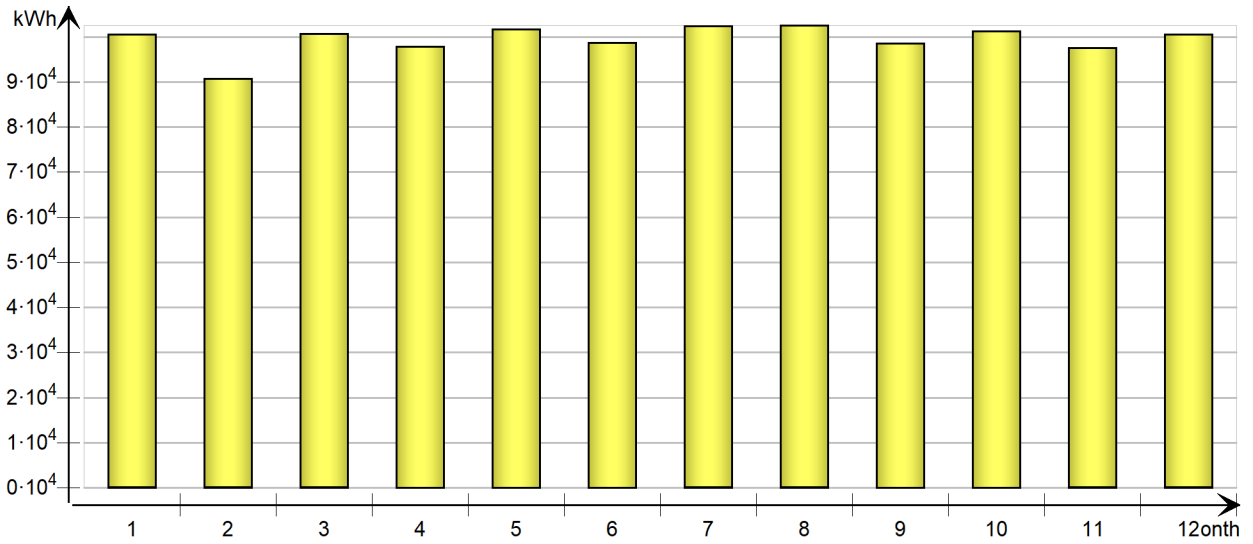
kWh

Month	Solar (PV)	Wind turbine	CHP
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
Total			

Auxiliary energy

kWh

Month	Humidification	Fans	Pumps
1		100373.0	118.2
2		90502.0	118.4
3		100521.0	105.0
4		97809.0	65.1
5		101639.0	57.4
6		98654.0	69.2
7		102295.0	102.1
8		102393.0	128.8
9		98545.0	40.0
10		101207.0	60.1
11		97439.0	90.8
12		100411.0	115.0
Total		1191788.0	1070.1



Distribution Losses

kWh

Month	Domestic hot water circuit	Heating	Cooling*	Air ducts*
1	17358.0	7738.0	2893.0	2569.0
2	15678.0	6716.0	2613.0	2340.0
3	17358.0	5776.0	2893.0	2699.0
4	16798.0	3650.0	2800.0	2794.0
5	17358.0	2015.0	2893.0	3073.0
6	16798.0	1405.0	2800.0	3066.0
7	17358.0	1124.0	2893.0	3265.0
8	17358.0	1146.0	2893.0	3228.0
9	16798.0	1988.0	2800.0	2916.0
10	17358.0	4134.0	2893.0	2784.0
11	16798.0	5891.0	2800.0	2581.0
12	17358.0	7280.0	2893.0	2592.0
Total	204376.0	48863.0	34064.0	33907.0


*positive loss when conduit is cooler than building

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

B:4

		<h2 style="text-align: center;">Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	7776.8 m ²
Customer		Model volume	32717.5 m ³
Created by	Elin Mattsson Hedenborg	Model ground area	3029.5 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)1	Model envelope area	9200.3 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	25.1 %
Case	ÅTGÅRDSPAKET	Average U-value	0.6938 W/(m ² K)
Simulated	2021-12-07 17:52:04	Envelope area per Volume	0.2812 m ² /m ³

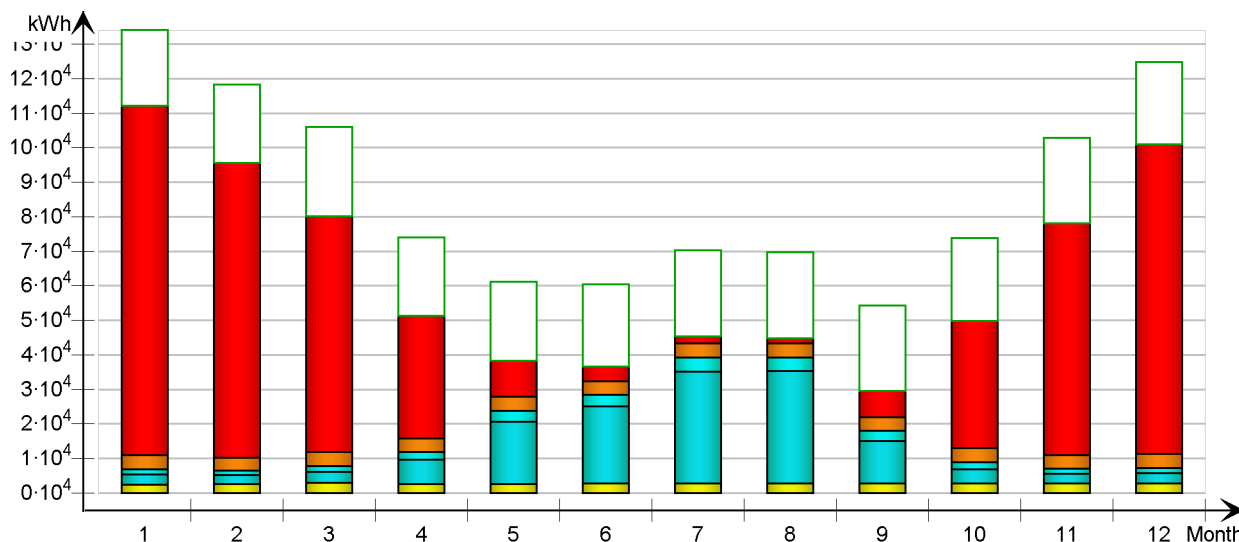
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	5 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	0 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	8 %

Delivered Energy Overview

		Purchased energy		Peak demand
		kWh	kWh/m ²	kW
■	Lighting, facility	32751	4.2	11.07
■	Electric cooling	143049	18.4	297.9
■	HVAC aux	29147	3.7	7.91
■	Electric heating	47910	6.2	5.47
	Total, Facility electric	252857	32.5	
■	District heating	509998	65.6	364.9
	Total, Facility district	509998	65.6	
	Total	762855	98.1	
□	Equipment, tenant	286824	36.9	95.06
	Total, Tenant electric	286824	36.9	
	Grand total	1049679	135.0	

Monthly Purchased/Sold Energy




Month	Facility electric				Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	Electric heating	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	2489.0	2903.0	1439.0	4069.0	101152.0	21877.0
2	2585.0	2643.0	1363.0	3675.0	85402.0	22630.0
3	2963.0	3148.0	1714.0	4069.0	68338.0	25906.0
4	2597.0	7106.0	2244.0	3938.0	35523.0	22765.0
5	2603.0	17987.0	3086.0	4069.0	10478.0	22833.0
6	2711.0	22404.0	3359.0	3938.0	4261.0	23725.0
7	2847.0	32318.0	4082.0	4069.0	1977.0	24935.0
8	2842.0	32473.0	3985.0	4069.0	1482.0	24873.0
9	2836.0	12210.0	2897.0	3938.0	7631.0	24808.0
10	2728.0	4101.0	1974.0	4069.0	36871.0	23920.0
11	2832.0	2855.0	1550.0	3938.0	67212.0	24753.0
12	2718.0	2901.0	1454.0	4069.0	89671.0	23799.0
Total	32751.0	143049.0	29147.0	47910.0	509998.0	286824.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802












License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

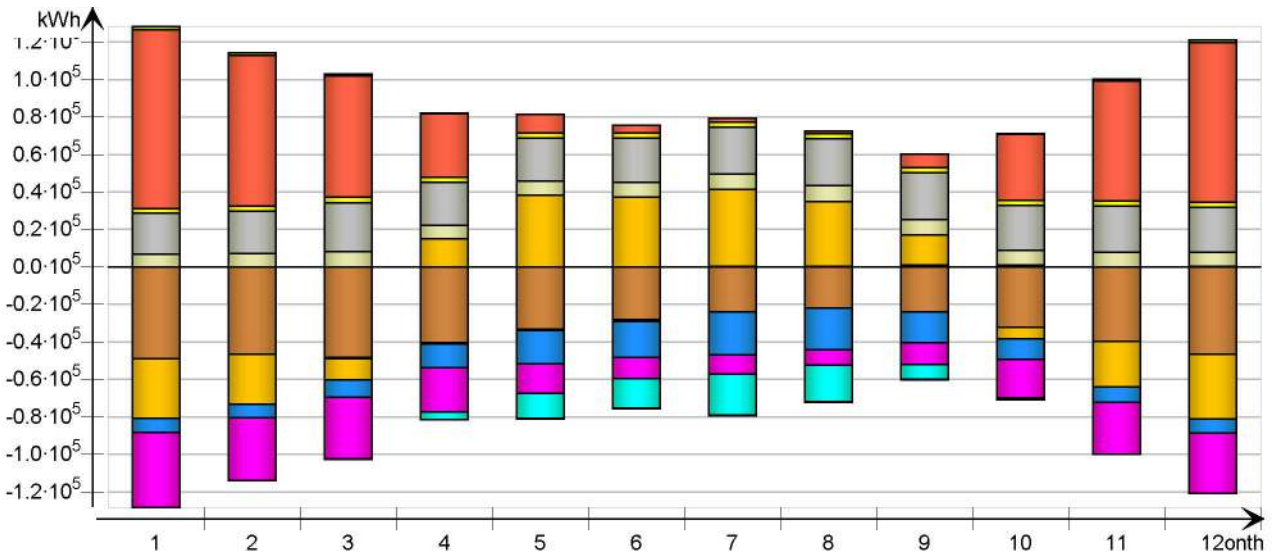
B:5

		<h2 style="text-align: center;">Energy for whole building</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	7776.8 m ²
Customer		Model volume	32717.5 m ³
Created by	Elin Mattsson Hedenborg	Model ground area	3029.5 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)1	Model envelope area	9200.3 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	25.1 %
Case	ÅTGÅRDSPAKET	Average U-value	0.6938 W/(m ² K)
Simulated	2021-12-07 17:52:04	Envelope area per Volume	0.2812 m ² /m ³

All zones

kWh (sensible only)

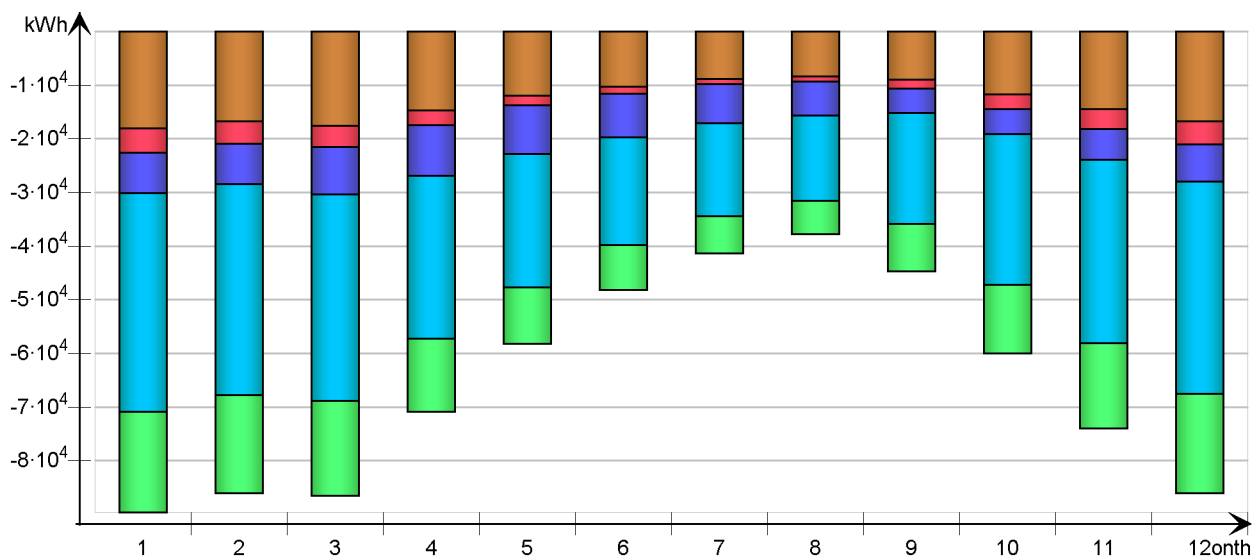
Month	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occupants	Equipment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
											
1	-48892.7	-107.9	-31685.3	-7429.1	-40222.0	6877.5	21876.7	2489.4	95341.8	-9.9	1717.5
2	-46704.2	23.6	-26686.8	-7191.7	-33517.0	7071.5	22631.6	2585.5	80358.6	-30.4	1421.9
3	-48178.9	-866.4	-11369.4	-9297.4	-32777.6	8113.8	25907.7	2962.9	64678.2	-254.9	1044.7
4	-40521.2	-731.4	14970.4	-12650.6	-23588.4	7284.1	22765.5	2597.0	33773.7	-4267.7	345.8
5	-33371.7	-649.2	38275.3	-17730.4	-15751.6	7486.4	22832.7	2602.9	9961.9	-13403.9	-242.4
6	-28016.3	-1005.6	37239.8	-19204.6	-11305.6	7886.1	23724.0	2711.3	4075.1	-15678.9	-376.4
7	-23960.8	290.2	41002.1	-22821.2	-10216.0	8327.7	24932.5	2847.3	1896.3	-21838.3	-466.9
8	-21851.0	186.9	34672.5	-22146.7	-8380.5	8425.3	24871.3	2841.8	1422.2	-19606.5	-468.2
9	-23972.8	930.6	16124.5	-16300.0	-11763.1	8220.3	24807.5	2836.5	7296.4	-7954.8	-264.2
10	-32025.7	892.5	-6141.4	-10938.1	-20658.1	7800.7	23920.0	2728.7	35133.4	-1138.7	394.9
11	-39797.4	33.7	-24408.7	-8294.0	-27885.7	7868.7	24754.4	2831.6	63870.9	-55.3	1045.8
12	-46584.7	158.8	-34475.9	-7563.5	-32229.0	7498.3	23799.5	2718.0	85143.7	-7.5	1503.9
Total	-433877.4	-844.2	47517.3	-161567.2	-268294.7	92860.4	286823.4	32752.9	482952.1	-84246.6	5656.4
During heating (MIXED h)	-266571.6	92843.2	-166242.9	-32129.2	-209696.2	20961.5	63661.3	6943.2	482973.7	0.0	6930.8
During cooling (MIXED h)	-125457.6	-120366.7	216461.6	-118509.9	-40476.7	61759.5	190569.3	21914.4	0.0	-84245.0	-1502.7
Rest of time	-41848.2	26679.3	-2701.4	-10928.1	-18121.8	10139.4	32592.8	3895.3	-21.6	-1.6	228.3



Envelope transmission


kWh

Month	Walls	Roof	Floor	Windows	Doors	Thermal bridges
1	-18063.1	-4482.2	-7546.7	-40739.6	0.0	-18801.2
2	-16691.2	-4189.9	-7548.9	-39333.2	0.0	-18275.5
3	-17562.3	-3995.4	-8883.9	-38481.6	0.0	-17735.6
4	-14685.4	-2759.4	-9474.7	-30392.6	0.0	-13602.8
5	-11967.4	-1779.9	-9095.0	-24911.2	0.0	-10531.1
6	-10236.1	-1351.5	-8091.5	-20126.2	0.0	-8336.6
7	-8847.0	-910.9	-7302.0	-17365.9	0.0	-6901.1
8	-8334.7	-983.3	-6352.9	-15841.3	0.0	-6181.6
9	-8995.3	-1654.4	-4502.8	-20648.0	0.0	-8820.5
10	-11759.6	-2806.1	-4719.3	-28059.7	0.0	-12741.1
11	-14467.5	-3700.6	-5734.0	-34198.5	0.0	-15896.7
12	-16746.6	-4329.9	-6989.5	-39534.9	0.0	-18517.9
Total	-158356.2	-32943.5	-86241.2	-349632.8	0.0	-156341.8
During heating	-105234.1	-16593.1	-41885.1	-222418.4	0.0	-102868.1
During cooling	-34728.7	-16045.6	-37137.2	-97273.2	0.0	-37539.6
Rest of time	-18393.4	-304.8	-7218.9	-29941.2	0.0	-15934.1



IDA Indoor Climate and Energy
 Version: 4.802
 License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

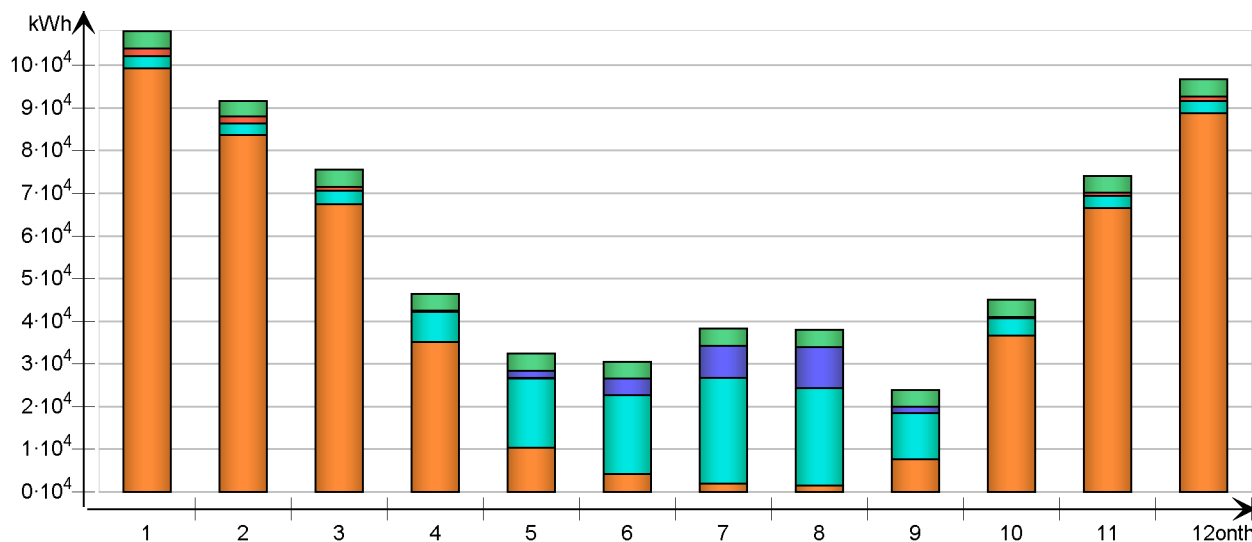
B:6

		<h2>Systems Energy</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	7776.8 m ²
Customer		Model volume	32717.5 m ³
Created by	Elin Mattsson Hedenborg	Model ground area	3029.5 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)1	Model envelope area	9200.3 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	25.1 %
Case	ÅTGÅRDSPAKET	Average U-value	0.6938 W/(m ² K)
Simulated	2021-12-07 17:52:04	Envelope area per Volume	0.2812 m ² /m ³

Used energy

kWh (sensible and latent)

Month	Zone heating	Zone cooling	AHU heating	AHU cooling	Dom. hot water
1	99347.0	2903.0	1837.0	0.0	4069.0
2	83732.0	2643.0	1696.0	0.0	3675.0
3	67392.0	3148.0	967.7	0.0	4069.0
4	35192.0	7067.0	341.9	38.9	3938.0
5	10380.0	16296.0	102.0	1691.0	4069.0
6	4246.0	18507.0	15.7	3896.0	3938.0
7	1976.0	24814.0	1.7	7503.0	4069.0
8	1482.0	22809.0	0.5	9664.0	4069.0
9	7602.0	10780.0	31.2	1430.0	3938.0
10	36609.0	4032.0	274.2	69.5	4069.0
11	66554.0	2855.0	679.3	0.0	3938.0
12	88721.0	2901.0	977.8	0.0	4069.0
Total	503233.0	118755.0	6925.0	24292.4	47910.0

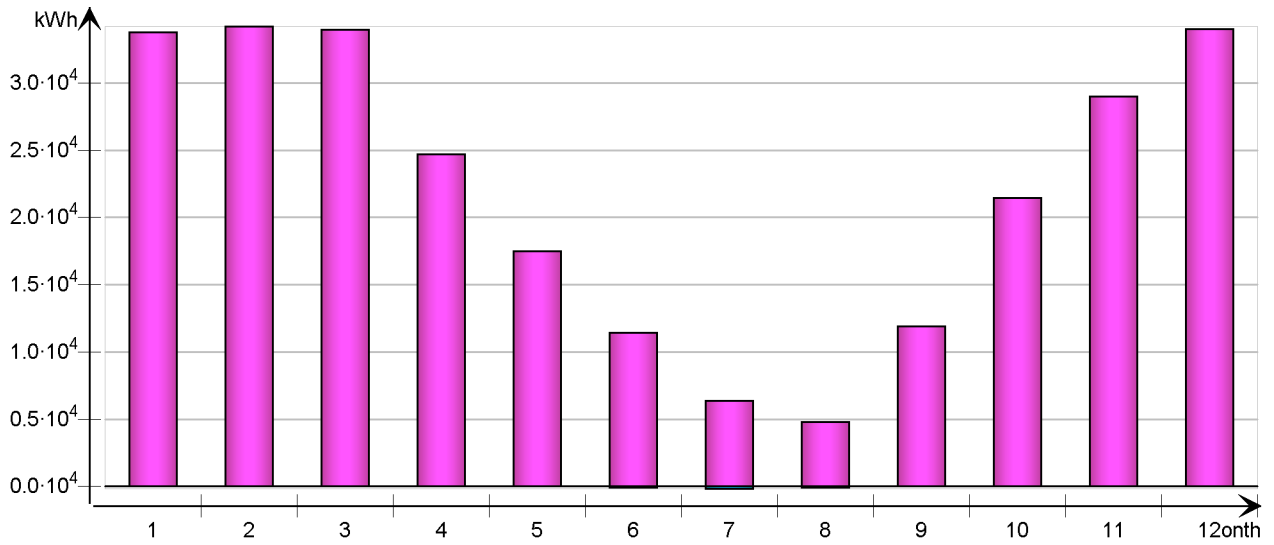


Utilized free energy

kWh (sensible and latent)

Month	AHU heat recovery	AHU cold recovery	Plant heat recovery	Plant cold recovery	Solar heat	Ground heat	Ground cold	Ambient heat	Ambient cold
1	33762.0	0.0							
2	34185.0	0.0							
3	33928.0	0.0							
4	24704.0	-0.0							
5	17508.0	-0.0							
6	11446.0	-55.5							

7	6386.1	-167.4							
8	4799.3	-87.2							
9	11920.0	-0.0							
10	21460.0	-0.0							
11	28963.0	0.0							
12	33995.0	0.0							
Total	263056.4	-310.1							



Generated electric energy

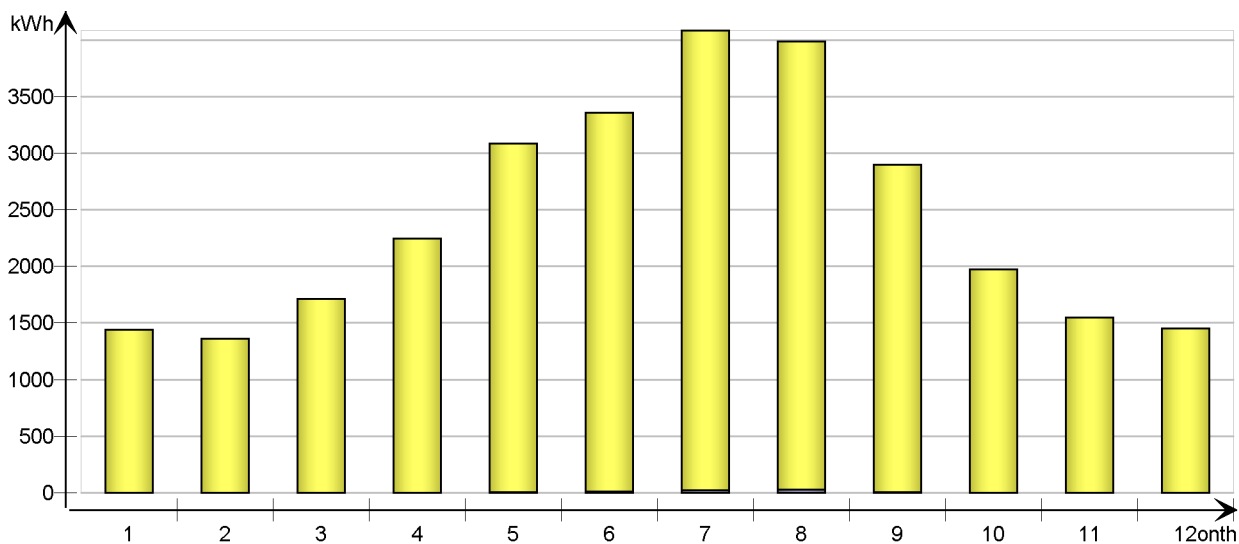
kWh

Month	Solar (PV)	Wind turbine	CHP
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
Total			

Auxiliary energy

kWh

Month	Humidification	Fans	Pumps
1		1438.2	1.3
2		1361.6	1.2
3		1713.6	0.7
4		2243.4	0.4
5		3080.8	4.9
6		3347.5	11.2
7		4061.5	21.5
8		3957.6	27.7
9		2893.7	4.1
10		1973.1	0.4
11		1549.3	0.5
12		1453.3	0.7
Total		29073.6	74.6



Distribution Losses

kWh

Month	Domestic hot water circuit	Heating	Cooling*	Air ducts*
1	3067.0	3973.0	2893.0	713.9
2	2770.0	3348.0	2613.0	666.5
3	3067.0	2695.0	2893.0	788.4
4	2968.0	1407.0	2800.0	886.9
5	3067.0	415.1	2893.0	1073.0
6	2968.0	169.8	2800.0	1091.0
7	3067.0	79.0	2893.0	1185.0
8	3067.0	59.3	2893.0	1168.0
9	2968.0	304.0	2800.0	999.6
10	3067.0	1464.0	2893.0	850.5
11	2968.0	2661.0	2800.0	738.7
12	3067.0	3548.0	2893.0	722.2
Total	36111.0	20123.2	34064.0	10883.7

*positive loss when conduit is cooler than building

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)