



**Totalmetodiken**  
STOR ENERGIBESPARING · LÖNSAM INVESTERING · BELOK

## **Drivhuset**

# **Energieffektivisering enligt Totalmetodiken**



**Beställt av:**

Vasakronan AB inom ramen för projektet "Nordic Built-The BTC, BELOK Total Concept"

**Utfört av:**

CIT Energy Management AB

**Version:**

Slutversion för publicering

**Datum:**

2017-02-14

This report has been developed as part of the project “*Nordic Built: The BTC, BELOK Total Concept*”, supported by Nordic Innovation from the Nordic Built program, initiated by the Nordic Ministers for Trade and Industry. The project is also co-funded by Swedish Energy Agency.

February 2017

Project webpage: [www.nordictotalconcept.info](http://www.nordictotalconcept.info)



## Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	5
2	Bakgrund .....	7
3	Projektets omfattning och metod .....	8
4	Byggnaden och dess tekniska system i nuläget.....	9
4.1	Byggnaden och dess utformning.....	9
4.2	Byggnadens användning.....	9
4.3	Inomhusklimat.....	10
4.4	Byggnadsskal .....	11
4.5	Tekniska system.....	11
4.5.1	Ventilation och luftbehandling.....	11
4.5.2	Värmesystem.....	12
4.5.3	Kyla .....	12
4.5.4	Belysning.....	12
4.5.5	Maskiner.....	12
4.5.6	Vatten och tappvarmvatten .....	12
4.5.7	Styr- och övervakningssystem för de tekniska installationerna.....	12
4.5.8	Markvärme .....	13
5	Energi- och resursanvändning.....	13
5.1	Energistatistik.....	13
5.2	Energifördelning.....	14
5.3	Referensnivån för bedömning av energibesparingspotentialen.....	16
6	Identifierade åtgärder .....	19
6.1	Åtgärd 1. Inglasning av norrfasad med vinterträdgård .....	20
6.2	Åtgärd 2. Ombyggnation av LS1 och LS2 till ett antal mindre system.....	21
6.3	Åtgärd 3. Byte av återluftsfläktar i LS3 och LS4 och reducering av återluftsflödena.....	22
6.4	Åtgärd 4. Byte av LS3 och LS4 till nya aggregat samt behovsstyrning i kontorslandskap, mötesrum, mm.....	23
6.5	Åtgärd 5. Fönstervädning i ljusgård .....	24
6.6	Åtgärd 6. Byte av belysning i garage på Plan 1 och Plan 2 .....	25
6.7	Åtgärd 7. Byte av belysning i allmänna ytor, teknikutrymmen, fastighetsytor och utomhus	26
6.8	Åtgärd 8. Byte av belysning i hyresgästytor på Plan 5, 6 och 7.....	27
6.9	Åtgärd 9. Byte av belysning i hyresgästytor på Plan 3 och 4.....	28
6.10	Åtgärd 10. Installation av nya rumsregulatorer, ställdonsventiler samt injustering av värme- och kylsystem .....	29

6.11	Åtgärd 11. Byte av fönster på Plan 7, i alla hörnrum, i ljusgård och i "hästskon" .....	30
6.12	Åtgärd 12. Komplettering av fönster med isolerruta på Plan 3-6 .....	31
6.13	Åtgärd 13. Optimering av styrning av gardiner i ljusgården .....	32
6.14	Åtgärd 14. Optimering av kylsystemets drift .....	33
6.15	Åtgärd 15. Installation av solceller .....	34
7	Åtgärds paket enligt Totalmetodiken.....	36
7.1	Indata för lönsamhetsberäkningar .....	36
7.2	Resultat från lönsamhetsberäkningar .....	36
8	Diskussion och slutsatser .....	40
Bilaga 1	Indata för energisimuleringar (referensfallet) .....	41
Bilaga 2	Parallella uppdrag om termisk komfort, klimatskal, infiltration.....	46

# 1 Sammanfattning

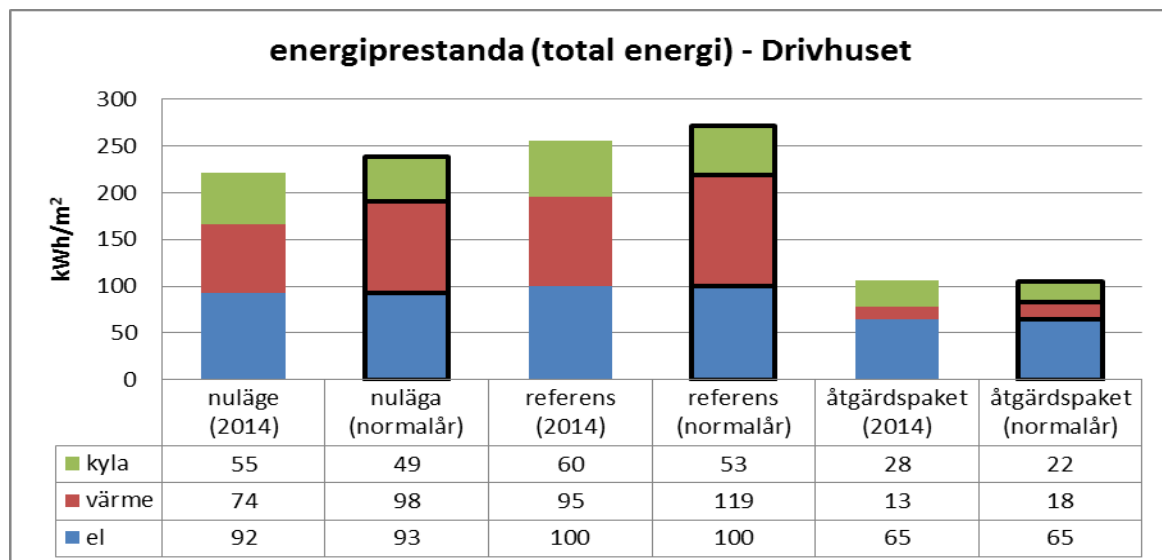
Kontorsfastigheten Drivhuset använder totalt ca 171 kWh/m<sup>2</sup> energi per år ("BBR-energi") enligt år 2014 energistatistik (normalårskorrigerad). Med hyresgästelen inkluderad blir energiprestanda ca 231 kWh/m<sup>2</sup> per år, vilket är en ganska hög energianvändning jämfört med liknande befintliga kontorsbyggnader i Sverige.

I rapporten konstateras att den termiska komforten behöver förbättras något i vissa delar av byggnaden. Detta ses över den närmaste tiden, inte minst i samband med de relativt omfattande hyresgäst Anpassningar som planeras genomföras. Av dessa anledningar jämförs de föreslagna energibesparingsåtgärderna i den föreliggande rapporten med en beräknad framtida referensnivå för fastighetsenergi som landar på ca 208 kWh/m<sup>2</sup> ("BBR-energi" och enligt normalår).

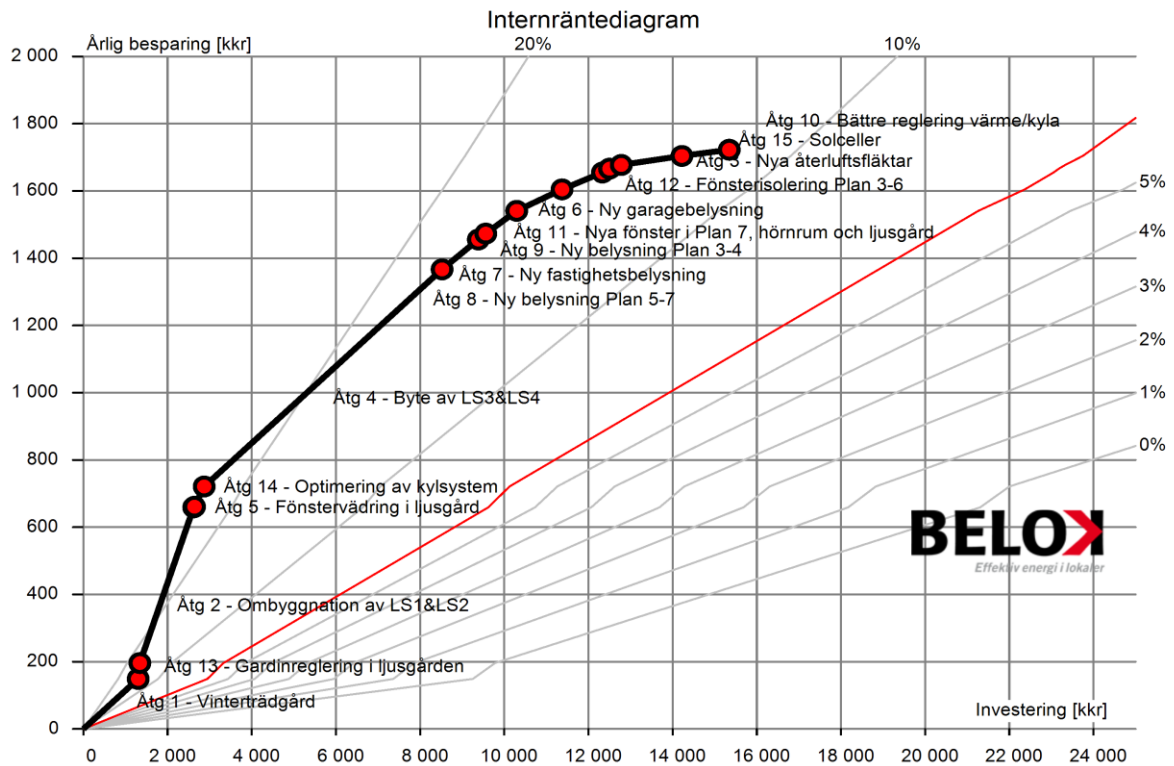
Totalt har 15 energieffektiviseringsåtgärder identifierats och analyserats i denna rapport. En sammanställning för det framtagna åtgärds paketet visas i Tabellen 1.1 och i Figurerna 1.1 och 1.2 nedan.

**Tabell 1.1** Sammanställning av hela det föreslagna åtgärds paketet för Gårda 18:23 (Drivhuset)

Beräknad total kostnadsbesparing:	ca 1 720 kSEK/år
Beräknad energi investeringskostnad:	ca 15 350 kSEK (34 % av totala investeringskostnader)
Internränta för åtgärds paket	ca 11 %
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	ca 1 330 MWh/år
Beräknad energibesparing - Fjärrkyla	ca 525 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	ca 600 MWh/år (varav ca 60 % är fastighetsel)



**Figur 1.1** Beräknad total energiprestanda före och efter genomfört åtgärds paketet i jämförelse med referensnivån. I elanvändningen inkluderas hyresgäst. "Normalår" har beräknats med beräkningsprogrammet IDAICE.



**Figur 1.2** Visuell bild över "åtgärdspaketets" lönsamhet för Drivhuset, baserat på klimatår 2014.

Av diagrammet framgår att åtgärdspaketets internränta hamnar på ca 11 % och uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav med marginal.

## 2 Bakgrund

Denna rapport har tagits fram av CIT Energy Management AB inom ramen för projektet ”*Nordic Built-The BTC, BELOK Total Concept*”, som stöds av Nordic Built, Energimyndigheten och BELOK (Beställargruppen för Lokaler). Projektet syftar till att utveckla strategier för kommersialisering av Totalmetodikerna för energieffektivisering i tre nordiska länder: Sverige, Finland och Danmark. Totalmetodikerna utvecklades ursprungligen i Sverige inom BELOK.

Enligt projektbeskrivningen skulle Totalmetodikerna genomföras i en lokalbyggnad för att testa och vidareutveckla strategier för kommersialisering metodiken. För detta ändamål valde en av fastighetsägaren från BELOK-gruppen ut kontorsfastigheten Drivhuset (Gårda 18:23) i Göteborg ut som en av testbyggnaderna. I föreliggande rapport redovisas resultat från det första steget i Totalmetodikerna som innebär en detaljerad energigenomgång av den aktuella byggnaden i syfte att ta fram ett åtgärds paket. Arbetet med det aktuella demonstrationsprojektet inleddes i juni 2014 och baseras delvis på en tidigare energiutredning framtagen av Ramböll Sverige AB, som gjordes 2011, 2013-2014.

Följande personer har involverats i projektet:

<b>Medverkande</b>	<b>Kontakt</b>
<b><i>CIT Energy Management AB</i></b>	
Lars Ekberg - Projektledare	<a href="mailto:lars.ekberg@cit.chalmers.se">lars.ekberg@cit.chalmers.se</a>
Mari-Liis Maripuu- Konsult	<a href="mailto:mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se">mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se</a>
Daniel Olsson- Konsult	<a href="mailto:daniel.olsson@cit.chalmers.se">daniel.olsson@cit.chalmers.se</a>
<b><i>Vasakronan AB</i></b>	
Olof Peterson- Teknikhetschef	<a href="mailto:olof.peterson@vasakronan.se">olof.peterson@vasakronan.se</a>
Per Ingelsten- Teknisk förvaltare	<a href="mailto:per.ingelsten@vasakronan.se">per.ingelsten@vasakronan.se</a>
Roger Johansson- Driftstekniker	<a href="mailto:roger.johansson@vasakronan.se">roger.johansson@vasakronan.se</a>
<b><i>Eurest Services</i></b>	
Dennis Karnhill - Fastighetssupporter	<a href="mailto:dennis.karnhill@eurest.se">dennis.karnhill@eurest.se</a>

### 3 Projektets omfattning och metod

Utifrån fastighetsägarens perspektiv är syftet med detta projekt att genomföra det grundläggande första steget i Totalmetodiken, Steg 1. Konkret innebär detta att ett investeringsunderlag i form av ett energieffektiviserande åtgärds paket för Drivhuset tagits fram. Fastighetsägarens ambition är att samordna energieffektiviseringsåtgärderna med den omfattande hyresgästanpassning/ ombyggnation som planeras för inom kort. En av målsättningarna är då att sänka fastighetens energianvändning med ca 50 % jämfört med dagsläget. Eftersom fastigheten delvis kommer förändras av de kommande hyresgästanpassningarna samt att åtgärder skall vidtas för att förbättra inneklimatet, är det lite missvisande att utvärdera åtgärds paketets inverkan i förhållande till nuläget. En jämförelse mot ett beräknat referensfall, där inom miljön förbättrats och grundläggande hyresgästanpassningar genomförts, är därför mer relevant.

Från energigenomgången och efterföljande samtal med framförallt fastighetsägaren, drifttekniker och fastighetssupport har följande övergripande bakgrunds information erhållits och använts i detta projekt

- Ritningar (arkitekt, konstruktion och VVS)
- Driftinstruktioner för installationstekniska systemen
- Månadsvis statistik för el för år 2008-2014
- Månadsvis statistik för fjärrvärme för år 2008-2014
- Månadsvis statistik för el och fjärrkyla för år 2012-2014
- Månadsvis statistik för kallvattenanvändning år 2011-2013
- Ingång till fastighetens styr- och övervakningssystem för att undersöka styrparametrar för installationstekniska systemen
- OVK-protokoll
- Ramböll's energiutredning 2013-11-05
- Ramböll's utredning "Hållbart Drivhus" 2014-06-01
- Rotpartners fönsterutredning 2014
- Rambölls systemhandling 2016

Under oktober-januari 2014 genomfördes ett antal energigenomgångar på plats av CIT Energy Management. Därefter togs beräkningsmodeller fram i IDA ICE. Modeller som återspeglade byggnaden i dagsläget, men också i ett fiktivt referensläge samt med olika energieffektiviserande åtgärdsförslag. Här bör framhållas att grunden till den omfattande beräkningsmodellen erhöles från Ramböll.

Investeringskostnaderna för de olika besparingsåtgärderna baseras på uppgifter från VVS-projektörer på Ramböll Sverige AB samt på Wikells Sektionsfakta och erfarenheter från tidigare projekt.



## 4 Byggnaden och dess tekniska system i nuläget

### 4.1 Byggnaden och dess utformning

Drivhuset (Gårda 18:23) består av en kontorsbyggnad i åtta plan. Byggnaden är uppdelad i fyra kvadranter: Gul, Röd, Grön och Blå. Kvadranterna knyts ihop med ett stort sammanhållande atrium mot vilket kvadraterna är delvis öppna. Byggnaden ligger i Göteborg och uppfördes 1989.

Den totala tempererade arean för Drivhuset är 16 238 m<sup>2</sup>.



**Figur 4.1.** Planritning och foto över Drivhuset.

### 4.2 Byggnadens användning

I byggnadens åtta våningar huserar nio olika hyresgäster och med ett antal olika verksamheter. I dagsläget rymmer Plan 3-7 mestadels kontorsverksamhet medan det på Plan 8 finns gym, konferensavdelning och tekniska utrymmen. Lejonparten av Plan 1 och 2 utgörs av bilgarage men där finns även skyddsrum, arkiv och teknikutrymmen.

Ca 93 % av hela byggnaden var uthyrd år 2014. I medel är ca 200 personer närvarande samtidigt under normal arbetstid. Merparten av verksamheterna försegar ungefär kl. 07.30 till 18.00, men en av hyresgästerna har arbetstider utöver detta. Uppgifter om byggnadens användning och dess brukare baseras på intervjuer med fastighetssupporter och ett antal hyresgäster.

Uppgifter om kontorslokalernas användning sammanställs i Tabell 4.1. Jämfört med SVEBY "Brukarindata för kontor" har Drivhusets utrymmen ganska låg användningsgrad, alltså stor area per person. Normalvärden för kontorsverksamhet enligt SVEBY är 20 m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> per person.

**Tabell 4.1** Sammanställning av kontorslokalernas användning i Drivhuset

Hyresgäst	Area [m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	Area [%]	Medel närvaro [m <sup>2</sup> /pers ]
Hyresgäst 1	927	6	31
Hyresgäst 2	294	2	29
Hyresgäst 3	209	1	42
Hyresgäst 4	205	1	51
Hyresgäst 5	375	2	38
Hyresgäst 6	2020	12	19
Hyresgäst 7	499	3	100
Hyresgäst 8	592	4	74
Hyresgäst 9	6157	38	20

1) Area motsvarar till  $A_{temp}$

### 4.3 Inomhusklimat

Enligt fastighetsägaren är inneklimatkraven för kontorsmiljöerna i Drivhuset följande:

- måltemperatur vintertid + 22°C (min + 20°C)
- måltemperatur sommartid + 23-24 °C.
- kraven på hygieniska luftflöden, ljus och ljudnivåer motsvarar de nationella krav som ställs för arbetslokaler.

Enligt intervjuer med hyresgäster och driftspersonal upplevs det termiska klimatet i vissa kontorslokaler som för svalt vintertid och för varmt sommartid. Ganska många hyresgäster använder därför egna el-värmare (kupévärmare) vintertid för att hålla rumstemperaturer på behaglig nivå. Enligt vissa hyresgäster förekommer också problem med luftkvalitén i några av mötesrummen där luften snabbt upplevs som upplevs som instängd.

Långtidsmätningar på rumstemperaturer gjordes i ett antal lokaler under besiktningensperioden. Resultatet visade att en stor andel av kontoret faktiskt har för kallt på mornarna. Typiskt för de långtidsuppmätta rummen var att lufttemperaturen låg mellan 19 - 20 °C på morgonen, för att därefter successivt öka med ungefär en grad efter ca en timme. De sammanställda värdena och resultaten för dessa mätningar återfinns i Bilaga 2 och gäller för *arbetstid* kl. 08-17 (nätter, helger och röda dagar är borttagna). Mätperioden 22/11 2014 till 8/1 2015 (konferensrummet t.o.m. 15 jan 2015) erbjöd tyvärr bara mildväder, även om det en av dagarna kom ner till -3 °C.

Under mätningarna kunde konstateras att kallrasskydden, som utgörs av radiatorerna/konvektorer, sannolikt är mycket viktiga för den termiska komforten eftersom Drivhusets fasad till stora delar består av fönster. De ribbade "fönsterbräderna" ovanför radiatorerna bör därför ej övertäckas allt för mycket med blommor, böcker, osv.

Temperaturmätningarna i Bilaga 2 kan jämföras med Arbetsmiljöverkets föreskrifter, som via standarden SS-EN ISO 7730, anger att luftens inomhustemperatur vid kontorsarbete bör vara 22 °C ± 2 °C.

## 4.4 Byggnadsskal

Byggnadsskalet bedöms allmänt vara i ganska bra skick. Ytterväggarna består av tegel, isolering och gips. Merparten av taket består av plåt och isolering. Fasaderna har stor andel fönster och glas. Delar av fasaderna är helglasade och där finns även helglasade takpartier.

En fönsterutredning genomfördes av Rotpartner år 2014. Syftet med den var att skaffa kunskap om fönsterprestandan och kostnader för eventuella byten. Utredningen kom senare att kompletteras av CIT EM under vintern 2014/2015 (se Bilaga 2). Byggnaden har fem olika typer av fönster/partier i fastigheten; två typer i kontorsdelen, två typer i ljusgårdsväggarna och en typ i ljusgårdens tak. U-värde för dessa bedöms variera mellan 1,9 och 2,7 W/m<sup>2</sup>K, beroende på fönstertyp. Fönstren i söder, väster och öster har utvändigt automatreglerad solavskärmning. I ljusgården finns även invändig solavskärmning på Plan 8.

Fastighetsägaren avser framöver värmeisolera respektive byta stora delar av de vertikala fönstren/glaspartierna, samt uppföra en vinterträdgård av glas i anslutning till glasfasaden mot norr.

## 4.5 Tekniska system

### 4.5.1 Ventilation och luftbehandling

Fastigheten försörjs idag av sex luftbehandlingssystem, LS1 – LS6 varav LS1-LS4 är till- och frånluftssystem och LS5 och LS6 är cirkulationssystem. LS1 och LS2 har ingen värmeåtervinning under dagdrift. Systemen försörjer ljusgård, Plan 8 och tekniska utrymmen samt garage på Plan 1 och 3 och består av tre delar: en tilluftsdel, en frånluftsdel och en återluftsdel. Flödesmässigt är de samkopplade med varandra genom att återluftsdelen av ena systemen styr frånluftsdelen av det andra systemet. Under nattid går tilluftsdelen till återluftsläge för att hålla innetemperaturer i ljusgården. LS1 och LS2 har ganska höga SFP-tal: ca 3.2 kW/(m<sup>3</sup>/s) för LS1 och 3.7 kW/(m<sup>3</sup>/s) för LS2, vilket delvis beror tryckfall i ett antal kylbatterier i systemen som inte längre används. Möjlighet att separera konferens och motionslokaler från LS1 och LS2 bör föreslås för att skapa bättre flexibilitet för systemen (anpassade driftstider).

LS3 och LS4 försörjer alla kontorslokaler från Plan 3 till Plan 7 och har roterande värmeväxlare. Dock är deras temperaturverkningsgrader för värmeåtervinning ganska låga, ca 44 % för LS3 och ca 58 % för LS4 omräknat till balanserat flöde från uppmätt data. De båda systemen har också en avfuktningfunktion som enligt SÖS endast verkar vara i drift för LS3. Bägge aggregaten har fasta luftflöden. Baserat på mätningar (OVK, energiutredning) har även dessa system ganska höga SFP-tal, ca 4.3 kW/(m<sup>3</sup>/s) för LS3 och 3.2 kW/(m<sup>3</sup>/s) för LS4. Systemen är också försedda med ett antal återluftsfläktar för Plan 4-7 som transporterar luft från kontorslandskapen i varje kvadrant ut till ljusgården där den centrala frånluften är placerad. Även dessa fläktar bedöms ha hög ljudnivå och höga SFP-tal.

Automatisk fönstervädring i ljusgården finns, men används ej.

#### **4.5.2 Värmesystem**

De flesta av byggnadens utrymmen har vattenburen värme. Endast ljusgården och garaget uppvärms av luft, varav garaget bara via återluft från ljusgården. Låga temperaturer i vissa kontorsutrymmen gör att ganska många hyresgäster också har egna eldrivna kupévärmare, oftast med märkeffekten 1-2 kW. Rumstemperaturerna styrs i många fall med gemensamma rumsregulatorer för kyla och värme (rums- och zonreglering). Regulatorerna bedöms lika gamla som byggnaden, varför funktionen av dem bör kontrolleras.

Pumparna i värmesystemen är tryckstyrda. Värmesystemet inkluderar även snösmältningssystem kopplat till fjärrvärme. Cirkulationspumpstopp är satt till 14-15 grader.

#### **4.5.3 Kyla**

Komfortkyla finns i alla kontorslokaler via kylbafflar. Det finns också ett antal fläktluftkylare i kontorsdelar på Plan 4, i hissrum och i televäxelrum. Fastigheten är kopplad till fjärrkyla sedan 2011. Några serverrum och två laboratorier har egen processkyla.

Rumstemperaturer styrs med gemensamma rumsregulatorer för kyla och värme, se Kap 4.5.2.

Kylsystemet är i drift året runt pga. av de fläktluftkylare som finns på Plan 4 och i hissmaskinrum. Möjligheten att optimera kylsystemets driftstider bör utredas.

#### **4.5.4 Belysning**

Det är en spridd skur av armaturer och styrning i byggnadens olika lokaler. De flesta kontorsutrymmen har dock modern kontorsbelysning med T5 lysrör. Bara några lokaler har äldre typ av armaturer med T8 lysrör. I korridorer och biareor finns lågenergilampor (kompaktlysror) medan det i allmänna utrymmen (fikarum, ljusgården) är vanligt med halogenspotlights.

Kontorsdelarnas allmänbelysning styrs centralt manuellt via nyckelöppning av entrédörrar till respektive hyresgäst. Det finns också knappstyrning i lokaler. Allmänbelysningen är knappstyrd.

I garaget finns mestadels äldre lysrörmaturer (T8) som lyser dygnet runt.

#### **4.5.5 Maskiner**

Kontorslokaler har standardkontorsutrustning: datorer, ofta dubbla skärmar, skrivare, kopieringsmaskiner, etc. Flera hyresgäster har egna serverrum. Varje hyresgäst har också ett eget pentry med köksutrustning såsom kaffemaskiner, mikrovågsugn(ar), kylskåp(ar), diskmaskin(er), osv. Där finns även två laboratorier med diverse apparater. I byggnaden finns 5 hissar.

#### **4.5.6 Vatten och tappvarmvatten**

Tappvarmvatten värms med fjärrvärme med separat värmeväxlare.

#### **4.5.7 Styr- och övervakningssystem för de tekniska installationerna**

Alla de tekniska systemen är anslutna till ett centralt styr- och övervakningssystemet från Siemens.

#### 4.5.8 Markvärme

Enligt energikartläggning från 2011 hålls ca 680 m<sup>2</sup> mark i direkt anslutning till byggnaden frostfritt. Detta värms med fjärrvärme.

## 5 Energi- och resursanvändning

### 5.1 Energistatistik

Tillförd energi till Drivhuset utgörs av fjärrvärme, fjärrkyla och el. De två förstnämnda mäts i en undercentral. Fastighetsel och hyresgästel mäts tillsammans.

Tabell 5.1 ger en översikt av köpt energi för fastigheten under 2012- 2014. Uppgifter har erhållits från fastighetsägaren och motsvarar uppmätta värden. Värdena för fjärrvärme visas både med normalårskorrigerad och utan normalårskorrigerad. I energiberäkningarna har uppmätt klimatdata för 2014 använts som bas och jämförelse har gjorts med okorrigerade värden. Vid omräkning till nyckeltal med specifik energianvändning har fastighetens totala uppvärmda area  $A_{temp}$  använts.

**Tabell 5.1** Energistatistik för Drivhuset år 2011- 2014.

Energisort	Enhet	2012	2013	2014
Fjärrvärme (normalårskorrigerad)	MWh	1 269	1 511	1 352
<i>Fjärrvärme (inte korrigerad)</i>	<i>MWh</i>	<i>1 287</i>	<i>1 529</i>	<i>1 193</i>
Fjärrkyla	MWh	565	814	899
El (totalt)	MWh	1 562	1 502	1 496
<i>Fastighetsel</i>	<i>MWh</i>	<i>547</i>	<i>526</i>	<i>524</i>
<i>Hyresgästel</i>	<i>MWh</i>	<i>1 015</i>	<i>976</i>	<i>972</i>
<b>Total normalårskorrigerad energianvändning</b>	<b>MWh</b>	<b>3 396</b>	<b>3 827</b>	<b>3 747</b>
<b>Total normalårskorrigerad energiprestanda</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>209</b>	<b>236</b>	<b>231</b>
<b>Total normalårskorrigerad energianvändning (exkl. hyresgästel)</b>	<b>MWh</b>	<b>2 381</b>	<b>2 851</b>	<b>2 775</b>
<b>Total normalårskorrigerad energiprestanda (exkl. hyresgästel)</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>147</b>	<b>176</b>	<b>171</b>

Drivhuset har ganska hög energianvändning jämfört med liknande befintliga kontorsbyggnader i Sverige. Byggnadens specifika energianvändning 2014 var 83 kWh/m<sup>2</sup> för fjärrvärme (normalårskorrigerad), 55 kWh/m<sup>2</sup> för fjärrkyla och 32 kWh/m<sup>2</sup> för fastighetsel. Tillsammans ger detta en total energianvändning för fastighetsenergi på 171 kWh/m<sup>2</sup> ("BBR-energi"). Utöver det bedöms hyresgästelen vara ca 60 kWh/m<sup>2</sup>. Enligt energideklarationen använder liknande hus ca 101-152 kWh/m<sup>2</sup> "BBR-energi". Nybyggnationskraven för en lokalbyggnad i Göteborg då energideklarationen genomfördes var 100 kWh/m<sup>2</sup> "BBR-energi" + eventuellt påslag för hygienventilation.

Analys av timvärden för köpt el, fjärrvärme och fjärrkyla ger följande sammanställning:

**Tabell 5.2** Uppmätta effektuttag i Drivhuset 2014.

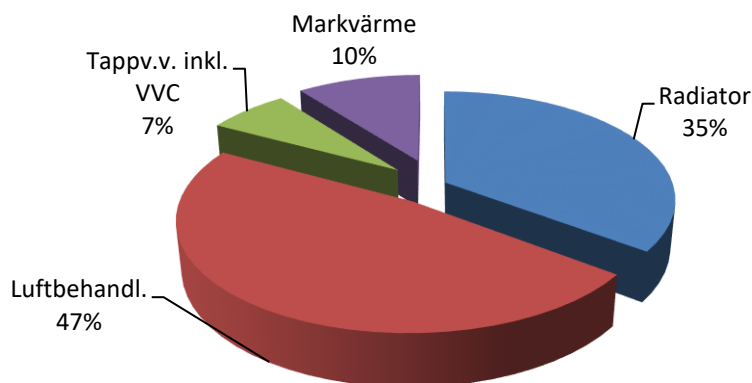
Vintertid – kallaste dagen	Maxlast	Baslast
El	330 kW	100 kW
Värme	740 kW	310 kW
Kyla	47 kW	32 kW
Sommartid – varmaste dagen		
El	295 kW	80 kW
Värme	30 kW	10 kW
Kyla	325 kW	100 kW

Som framgår av tabellen bör möjligheten att minska behovet av framförallt fjärrkyla utanför arbetstid vintertid utredas.

## 5.2 Energifördelning

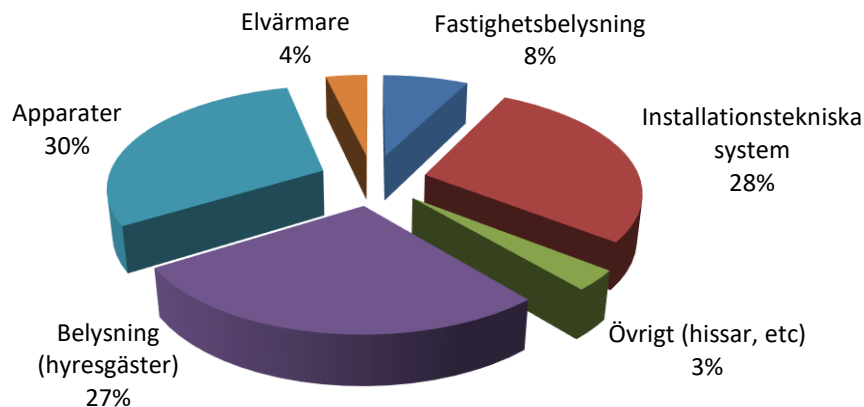
Beräkning av energibehovet för byggnaden och dess tekniska system har till stora delar gjorts med programvaran IDA ICE. Byggnadsmodellen har först kalibrerats med verklig klimatdata för år 2014 och därefter har beräkningar gjorts för "normalår" (Säve 1977). Indata för energiberäkningar visas i Bilaga 1. Figurerna 5.1 - 5.3 visar beräknad energifördelning år 2014 av fjärrvärme, fjärrkyla och el.

### Fördelning - fjärrvärme



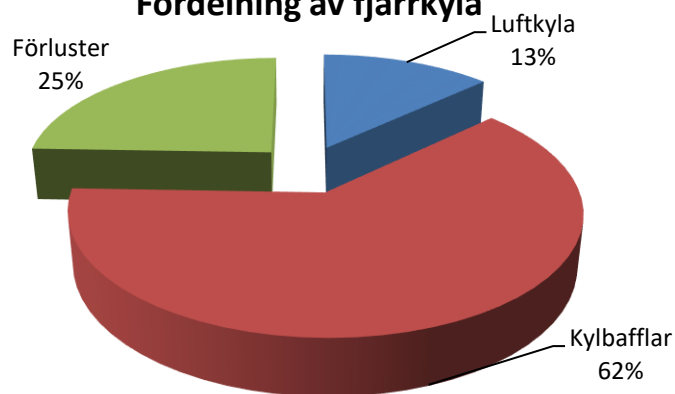
**Figur 5.1** Fjärrvärmeenergifördelning i Drivhuset 2014. Den totala fjärrvärmeenergianvändningen var ca 74 kWh/m<sup>2</sup>·år (inte korrigerad), varav markvärmen för avisning stod för ca 10 kWh/m<sup>2</sup>·år.

### Fördelning av el (totalt)



**Figur 5.2** Elenergifördelning i Drivhuset 2014. Total elenergianvändning var ca 92 kWh/m<sup>2</sup>-år. Av detta bedöms andelen hyresgästel bedöms vara ca 65 %.

### Fördelning av fjärrkyla



**Figur 5.3** Fjärrkylafördelning i Drivhuset 2014. Den totala fjärrkylaanvändningen var ca 55 kWh/m<sup>2</sup>-år. Förlusterna i figuren motsvarar uppmätt baslast vintertid då kylbehovet borde vara försumbart (bara för FLK i några rum).

En försumbar skillnad föreligger gällande beräknat el- och kylenergiebehov jämfört med uppmätt dito för 2014 (ca + 1 %), men för värmesidan är skillnaden frustrerande nog + 30 % när markvärmen inkluderas. För värmedelen fås alltså en väsentligt högre avvikelse än de 10 % som normalt sett betraktas som en bortre acceptabel gräns. Vad den stora avvikelsen beror på är inte klarlagt, inte mer än att uppgifter om markvärmen baseras på en numera relativt ålderstigen energikartläggning från år 2011. Det bör noteras att avvikelsen halveras om markvärmen exkluderas. Men hur det än är med den saken utgår besparingsförslagen, i brist på annat, framöver från det gamla angivna markvärmebehovet. Avvikelsen bedöms inte utgöra någon nämnbar skillnad för utgången av åtgärds paketet eftersom resultatet där baseras på skillnader mellan innan och efter åtgärder, inte på absolutbelopp.

För beräkning av energibehovet med dagens drift har bl.a. börvärden och information från styr- och övervakningssystemet använts från perioden november 2014 - januari 2015. Dessa uppgifter inhämtades vid besiktningar på plats och i samtal med driftpersonal. Dock finns där osäkerheter om hur börvärden och tidskanaler varierats under de senaste åren.

### **5.3 Referensnivån för bedömning av energibesparingspotentialen**

Som redan nämnts flera gånger visade temperaturmätningar och kommentarer från hyresgäster att de termiska komfortkraven inte uppfylls i flera av rummen, i alla fall inte på morgonen/förmiddagen. De är helt enkelt för svalt inne då vintertid i flera av kontorsutrymmena. Värmesystemet bör därför ses över och temperaturer höjas så att rumslufttemperaturens medeltemperatur säkerställs till 21 °C under arbetstid vintertid.

Dessutom kommer en del hyresgästanpassningar genomföras inom den närmaste tiden. Till exempel skall:

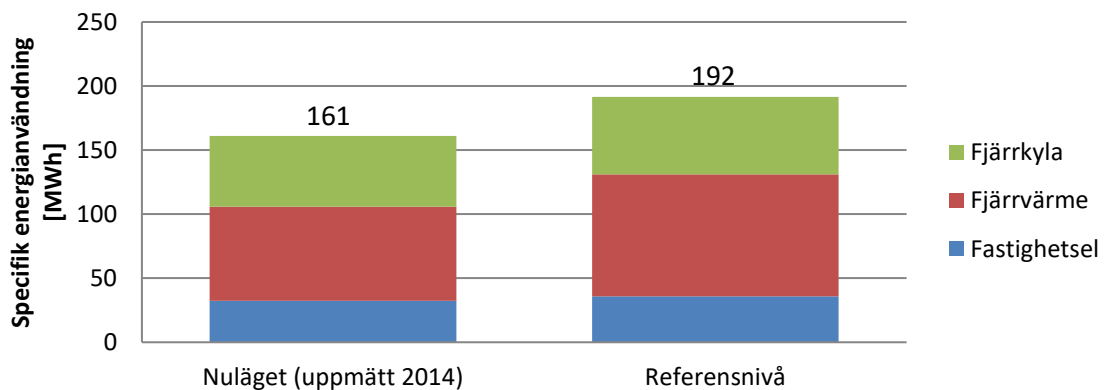
- en vinterträdgård intill den norra delen av ljusgården
- Plan 3 kompletteras med gym och konferensrum
- Plan 4-7 byggas om och moderniseras
- Plan 8 kommer att göras om till samlingslokal, matsal, bibliotek och konferensutrymme

För att kvantifiera energibesparingspotentialen för de identifierade åtgärderna i Kapitel 6, har en ny referensnivå för fastighetens energianvändning tagits fram med hjälp av simuleringsprogrammet IDA ICE. I referensmodellen har hyresgästanpassningarna ovan genomförts (dock ej vinterträdgården) och de uppsatta inneklimatkraven uppfylls, vilket sammantaget gör att byggnadens energianvändning är högre än jämförbara uppmätta data för Drivhuset 2014. En specifikation över grundförutsättningarna för beräkning av den nya referensnivån ges i Bilaga 1.

Figur 5.4 nedan visar den nya fiktiva referensnivån för fastighetens energianvändning jämfört med nuläget. Den framräknade referensnivån (baserat på samma uteklimat som 2014) för byggnadens fastighetsenergi är ca 192 kWh/m<sup>2</sup>år om markvärmerna för 2011 inkluderas, vilket skall jämföras med energiprestandan för 2014 som var ca 161 kWh/m<sup>2</sup>år (ej korrigerad). Vid omräkning till "normalår" (Säve 1977) blir referensnivån för byggnadens fastighetsenergi ca 208 kWh/m<sup>2</sup>år och referensnivån för byggnadens totala energianvändning ca 272 kWh/m<sup>2</sup>år (inkl. hyresgästel). Figurerna 5.5 – 5.8 visar referensbyggnadens energifördelning för fjärrvärme, fjärrkyla, fastighetsel och hyresgästel. Sammantaget ger ökad användning av lokaler och förbättrad termisk komfort ökat kyl- och värmeenergibehov och ökat elbehov av el för ventilation.

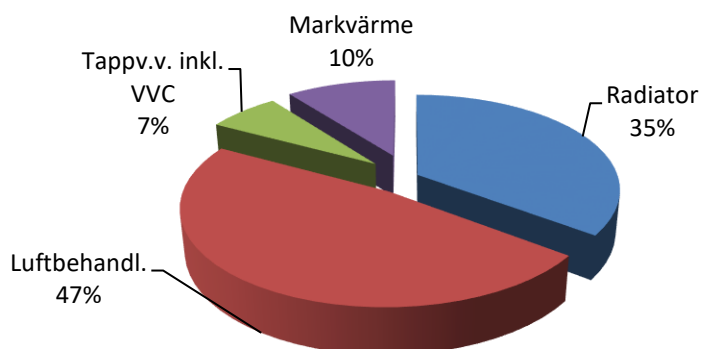


### "BBR-energi" i Drivhuset



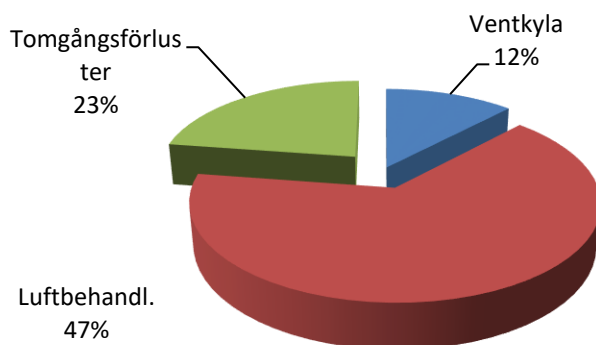
**Figur 5.4** Fastighetsenergi ("BBR-energi") i Drivhuset. Uppmätt nuläge (2014, ej normalårskorrigerad) jämfört med en beräknad referensnivå (samma uteklimat som 2014) efter vissa hyresgäst Anpassningar och förbättrat termiskt klimat inne. Vid omräkning till "normalår" (Säve 1977) blir referensnivån för byggnadens fastighetsenergi ca 208 kWh/m<sup>2</sup>år.

### Fördelning - fjärrvärme (klimatår 2014)

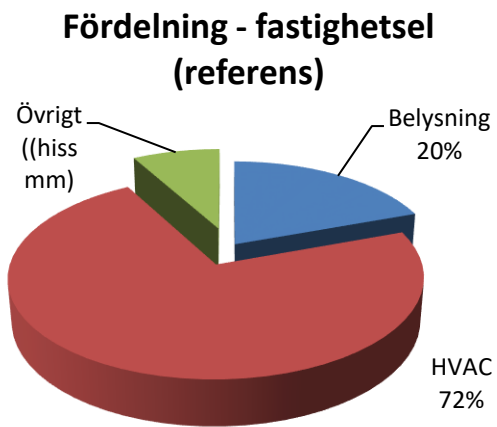


**Figur 5.5** Fördelning av fjärrvärme i Drivhuset för den beräknade referensnivån.

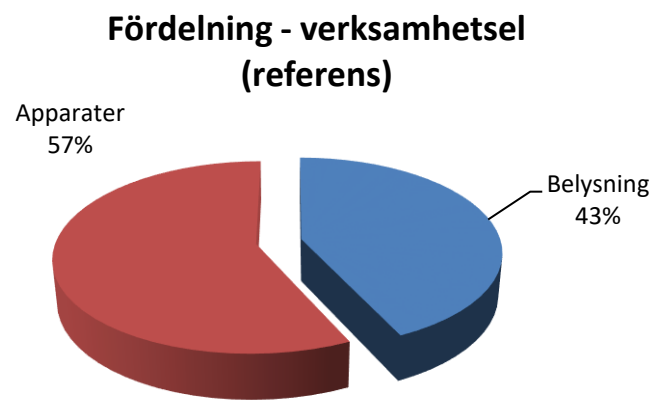
### Fördelning - fjärrkyla (klimatår 2014)



**Figur 5.6** Fördelning av fjärrkyla i Drivhuset för den beräknade referensnivån.



**Figur 5.7** Fördelning av fastighetsel i Drivhuset



**Figur 5.8** Fördelning av verksamhetsel

## 6. Identifierade åtgärder

Totalt har 15 energisparande åtgärder identifierats för Drivhuset och utretts mer i detalj. Åtgärderna listas i Tabell 6.1. Varje åtgärd beskrivs i separat underrubrik.

**Tabell 6.1** Identifierade energisparande åtgärder för Drivhuset

Åtgärd nr	Åtgärdsbeskrivning
1	Inglasning av norrfasad med vinterträdgård
2	Ombyggnation av LS1 och LS2 till ett antal mindre system
3	Byte av återluftsfläktar i LS3 och LS4 och reduktion av luftflödena
4	Byte av LS3 och LS4 till nya aggregat samt behovsstyrning i kontorslandskap, mötesrum, mm.
5	Fönstervädring i ljusgård
6	Byte av belysning i garageplan 1 och 2
7	Byte av belysning i allmänna ytor, teknikutrymmen, fastighetsytor och utomhus
8	Byte av belysning i hyresgästytor på Plan 5, 6 och 7
9	Byte av belysning i hyresgästytor på Plan 3 och 4
10	Installation av nya rumsregulatorer, ställdonsventiler samt injustering av värme- och kylsystem
11	Byte av fönster på Plan 7, i alla hörnrum samt i ljusgård
12	Komplettering av fönster med isolerruta på plan 3-6
13	Optimering av styrning av gardiner i ljusgården
14	Optimering av kylsystemens drift
15	Installation av solceller

Tyvärr är flera av åtgärderna rejält investeringstunga. Men eftersom flertalet av dem också kan ses som hyresgästanpassningar och/eller underhåll "bokförs" i flera fall merparten av investeringen som annat än energirelaterad. Endast åtgärder som kan anses helt och hållet energirelaterade bär sina egna kostnader till 100 %. För några av åtgärderna har den energirelaterade investeringskostnaden ansatts med schablon eller baseras på uppgifter från fastighetsägaren.

Sammantaget innebär detta att den genomsnittliga energiinvesteringsdelen blir ca 33 % av den totala investeringen. I tabellerna för respektive åtgärd framgår huruvida åtgärderna får bära sig själva, eller om energiinvesteringsdelen tagits fram med schablon alternativt baseras på uppgifter från fastighetsägaren.

**Notera att energi- och kostnadsbesparingen för åtgärderna som redovisas i detta avsnitt tar hänsyn att åtgärderna genomförs som ett åtgärdspaket, dvs. åtgärderna är beroende av varandra. Sammanställningen av åtgärdspaketet visas i nästa kapitel.**

## 6.1 Åtgärd 1. Inglasning av norrfasad med vinterträdgård

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	271 MWh/år
- Fjärrkyla	-24 MWh/år
- El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	56 kW
- Fjärrkyla	29 kW
- El	-
Beräknad övrig besparing:	-
Total kostnadsbesparing:	149 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>6 500 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	1 300 kSEK (20 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	40 år

### Åtgärdsbeskrivning

Byggnadens fasad mot norr utgörs i dagsläget av en av en relativt stor U-formad gård med stor andel glas. Vinterträdgårdens glasade fasad och tak gör att byggnadens befintliga fasad kan sägas få ett bättre klimatskal ur ett energiperspektiv.

Inne i vinterträdgården byggs en eller flera konferenskuber till vilka nya försörjningsledningar för luftbehandlingsaggregat, konvektorer och kylbafflar installeras. Befintliga markvärmeslingor under vinterträdgården stängs av eller tas bort.

### Energibesparing

Den del av energibesparingen som härrör från själva vinterträdgårdskonstruktionen har beräknats med simuleringsverktyget IDA ICE samt. I samråd med fastighetsägaren bortsågs här från tekniska installationers inverkan och verksamhet. Värmeomgångskoefficient för vinterträdgårdens glaskonstruktion är här ansatt till  $U = 0,65 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$  inkl. profil, vilket i praktiken blir som en lokal extraisolering som reducerar byggnadens transmissionsförluster och förbättrar dess solskydd.

Åtgärden resulterar även i en kraftigt reducerad användning av markvärme, i alla fall om markvärmeanvändningen fortfarande är den samma som angavs i en tidigare energiinventering 2011. Om så är fallet kan de facto hela 60 % av åtgärdens totala besparing härleds till markvärmeåtgärden.

### Investeringskostnad

Investeringskostnaden för vinterträdgårdens "skal" (ej installationer, konferensdel, mm.) uppskattas totalt uppgå till ca 6 500 kSEK, varav glastakets kostnadsandel är ca 80 %. Påslag för byggherrekostnader (10 %), projektering (10 %) och oförutsedda kostnader (5 %) har tagits med.

**Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgäst Anpassning har 20 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.2 Åtgärd 2. Ombyggnation av LS1 och LS2 till ett antal mindre system

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	585 MWh/år
- Fjärrkyla	-71 MWh/år
- El	53 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	297 kW
- Fjärrkyla	42 kW
- El	11 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	463 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>6 400 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	1 280 kSEK (20 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	20 år

### Åtgärdsbeskrivning

LS1 och LS2 försörjer idag ljusgården, Plan 8 samt garageutrymmen och tekniska utrymmen på Plan 1 och 2. Systemen har ingen värmeåtervinning dagtid och har ganska höga SFP värden. Enligt åtgärden byggs befintliga luftbehandlingssystem LS1 och LS2 om till ett antal mindre system. LS1 och LS2 ersätts med två nya enhetsaggregat som bara försörjer garagedelarna på Plan 1 och 2. Aggregaten förses med roterande värmeväxlare och återluftspjäll för att minimera uppvärmningsbehovet. De nya systemens fläktar tryckstyrs och är i drift dygnet runt eftersom skyddsrummen ständigt behöver ventileras. Luftflödena regleras med CO- och temperaturgivare. Tilluftstemperaturen regleras med utekompenserad framledningsskurva.

Ett cirkulationsaggregat (LS7) installeras för ljusgården. Vid uppvärmningsbehov ventileras ljusgården med återluft och vid kylbehov med kyld uteluft. Arbetstid regleras ute- och återluftsflödena med koldioxidgivare. Tilluftstemperaturen i LS7 styrs efter rumstemperaturgivare.

Nya system installeras för gym och konferens på Plan 3 (LS8) och för matsal och konferens på Plan 8 (LS9). LS8 får en plattvärmeväxlare och LS9 en roterande värmeväxlare. Tilluftstemperaturen i LS8 och LS9 styrs efter en utekompenserad kurva. Luftflödena behovsanpassas i gym och konferensutrymmen på Plan 3 och i matsalen på Plan 8. Där styr rumsregulatorer tilluftflöden, radiatorer och kylbafflar beroende på närvaro, temperatur och koldioxidhalt i rummen. Tilluften till omklädningsrummen eftervärms med kanalmonterat värmebatteri. Sommarnattkyla tillämpas för alla systemen.

### Energi- och kostnadsbesparing

Energibesparingspotentialen är beräknad utifrån följande uppskattningar/ändringar i systemen:

- LS1 och LS2 (garage) har dimensionerat maxflöde 2.2 m<sup>3</sup>/s, minflöde 0.5 m<sup>3</sup>/s, temperaturverkningsgrad 82,4 %, SFP<sub>max</sub> 1.7 kW/(m<sup>3</sup>/s). Uppskattat medelflöde dagdrift är ca 0.8 m<sup>3</sup>/s per aggregat baserat på uppskattningen att maxflödet vardagar endast behövs ca 1 h

på morgonen, ca 1 h på kvällen och ca 0,5 h vid lunch. Tilluftstemperaturstyrning: 19 °C fram vid +20 °C ute respektive 20 °C fram vid -20 °C ute. Driftstid dygnet runt, intermittert drift kl. 06-19 mån- fre.

- LS7 (ljusgården) som är ett återluftsaggregat har dimensionerat maxflöde 2.5 m<sup>3</sup>/s, minflöde 0,5 m<sup>3</sup>/s, SFP<sub>max</sub> 1.5 kW/(m<sup>3</sup>/s). Driftstid dygnet runt med intermittert drift kl. 06-19 mån - fre. Tilluftstemperaturstyrning efter rumstemperatur +21°C vintertid och +23°C sommartid.
- LS8 (gym och konferens Plan 3) har dimensionerat maxflöde 1,2 m<sup>3</sup>/s, minflöde 0,33 m<sup>3</sup>/s, temperaturverkningsgrad ca 83 %, SFP<sub>max</sub> 1.63 kW/(m<sup>3</sup>/s). Bedömt medelflöde ca 0.7 m<sup>3</sup>/s vardagar kl. 07:00-19:00 under förutsättning att medelnärvaron då är ca 50 %. Tilluftstemperaturstyrning: 16 °C fram vid + 18 °C ute och 20 °C fram vid -20°C ute.
- LS9 (konferens Plan 9) har dimensionerat maxflöde 2,4 m<sup>3</sup>/s, minflöde 0,5 m<sup>3</sup>/s, temperaturverkningsgrad ca 82 %, SFP<sub>max</sub> 1,9 kW/(m<sup>3</sup>/s). Bedömt medelflöde ca 1.1 m<sup>3</sup>/s vardagar kl. 07:00-19:00 under förutsättning att medelnärvaron i konferensrum då är ca 50 %. Tilluftstemperaturstyrning: 16 °C fram vid + 18 °C ute och 20 °C fram vid -20°C ute.

#### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för ombyggnation av LS1 och LS2 till ett antal mindre system uppskattas till 6 400 kSEK. Påslag för byggherrekostnader (10 %), projektering (10 %) och oförutsedda kostnader (15 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgäst Anpassning har 20 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

### 6.3 Åtgärd 3. Byte av återluftsfläktar i LS3 och LS4 och reducering av återluftsflödena

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	-
- El	18 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	-
- El	5 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	11 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	280 kSEK
Energiinvesteringskostnad:	280 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	20 år

#### Åtgärdsbeskrivning

Varje kvadrant är försedd med en återluftsfläkt (i system LS3 och LS4) som transporterar luft från kontorslandskapen och andra kontorsareor ut till ljusgården där den centrala frånluften är placerad. Totalt finns 16 fläktar om ca 600-800 l/s vardera. De återluftsfläktarna har hög ljudnivå och höga SFP-tal. Åtgärden innebär att alla återluftsfläktar byts mot nya kanalfläktar i mindre storlek. Nya fläktar flödes- och tryckregleras i samverkan med spjäll till konferensrum och pentry mm.

### Energi- och kostnadsbesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån följande uppskattningar/ändringar i systemen:

- Återluftsfläktarna har variabelt luftflöde om ca 160 - 400 l/s vardera. SFP-värde 0,8 kW/(m<sup>3</sup>/s). Uppskattat medelflöde ca 250 l/s under driftstiden 07:00-19:00 vardagar.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för byte av alla återluftsfläktar i LS3 och LS4 uppskattas till 280 kSEK. Kostnaderna innehåller demonterings- och byggkostnader, installation av nya fläktar, injustering av luftflöden, elinstallationer och koppling till styr- och regler. Påslag 20 % för projektering och oförutsett har tagits med. Påslag för projektering (10 %) och oförutsedda kostnader (15 %) har tagits med.

## **6.4 Åtgärd 4. Byte av LS3 och LS4 till nya aggregat samt behovsstyrning i kontorslandskap, mötesrum, mm.**

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	478 MWh/år
- Fjärrkyla	91 MWh/år
- El	173 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	470 kW
- Fjärrkyla	49 kW
- El	45 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	646 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>6 600 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	5 651 kSEK (86 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	20 år

### Åtgärdsbeskrivning

LS3 och LS4 försörjer samtliga kontorsutrymmen på Plan 3-7. De har låg värmeåtervinningsgrad (ca 44 % respektive 58 %) och höga SFP-värden (3.2 respektive 4.2 kW/m<sup>3</sup>/s). Aggregaten är från 1989. Åtgärden innebär att befintliga luftbehandlingssystem LS3 och LS4 byts till nya aggregat med roterande värmeväxlare och tryckstyrda fläktar. Behovsstyrningen av luftflödena anpassas till kontorslandskapen via zon- och rumsreglering. Rumsregulatorer kommer att styra tilluftflöden, radiatorer och kylbafflar beroende på närvaro, temperatur och koldioxidhalt i rummen. Fläktvarvtalen styrs av rumsregulatorerna i samverkan via frekvensomformare. Driftstider anpassas till verksamhetstider. Tilluftstemperaturen regleras med utekompenserad framledningskurva. Sommarnattkyla tillämpas.

### Energi- och kostnadsbesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån följande uppskattningar/ändringar i systemen:

- LS3 och LS4 har dimensionerade maxflöden på vardera 8.6 m<sup>3</sup>/s, temperaturverkningsgrad ca 82 % och SFP<sub>max</sub> 1,93 kW/(m<sup>3</sup>/s). Driftstid vardagar 07:00-19:00. Tilluftstemperaturstyrning: 19 °C fram vid + 20 °C ute och 20 °C fram vid -20°C ute.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för byte av LS3 och LS4 samt behovsstyrning i kontorslandskap uppskattas till 6 600 kSEK. Kostnaderna innehåller demonterings- och byggkostnader, installation av nya aggregat, nya shuntgrupper och rör, injustering av flöden, elinstallationer och koppling till styr- och regler samt projekteringskostnader. Påslag för byggherrekostnader (10 %), projektering (10 %) och oförutsedda kostnader (15 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgästanpassning har 86 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.5 Åtgärd 5. Fönstervädring i ljusgård

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	1 MWh/år
- Fjärrkyla	1 MWh/år
- El	2 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	0 kW
- Fjärrkyla	20 kW
- El	0 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	2 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>20 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	20 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	10 år

### Åtgärdsbeskrivning

Den ursprungliga funktionen för fönstervädring i ljusgården vid behov har tagits bort. Enligt åtgärden tas fönstervädringen där åter i bruk. Detta betyder att ljusgården ventileras med s.k. naturlig ventilation vid behov om de yttre förhållandena tillåter. Om utetemperaturen överskrider +15 °C samtidigt som innetemperaturen överskrider +23 °C skall brandgasluckor och friskluftsluckor öppna i sekvens (inte vid regn och höga vindhastigheter). Då rumstemperaturen underskrider +21°C skall luckorna stängas. När kriterier för naturlig ventilation uppfylls skall aggregatet LS7 stoppas och uteluftsspjäll stänga.

### Energi- och kostnadsbesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad med hjälp av IDA ICE. Styrparametrar i beräkningen var följande: börvärde för öppning av luckor är +23 °C och för stängning av luckor +21°C vid utetemperaturer över +15°C.



### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för att driftsätta fönstervädlingen i ljusgården uppskattas till 20 kSEK. Kostnaderna är grovt uppskattad och motsvarar till ca 2 dagars arbete för omprogrammering i styr- och övervakningssystem. Påslag för byggherrekostnader (10 %), projektering (10 %) och oförutsedda kostnader (5 %) har tagits med.

## **6.6 Åtgärd 6. Byte av belysning i garage på Plan 1 och Plan 2**

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	-
- EI	78 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	-
- EI	5 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	1,8 kSEK/år
Total kostnadsbesparing:	50 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>960 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	960 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	20 år

### Åtgärdsbeskrivning

I garagen på Plan 1 och 2 finns en äldre typ av belysningsarmaturer som vid besiktning visat sig vara i drift dygnet runt. Åtgärden innebär att befintliga armaturer ersätts med nya LED armaturer. Belysningen styrs zonvis via närvarogivare med "korridorfunktion", vilket innebär att 100 % av det aktuella garageplanet lyser under 10 minuter vid rörelsedetektering, därefter sänks ljusnivån till 10 %. Efter 60 minuter släcks allt om ingen ytterligare detektering skett dessförinnan. För att uppnå bättre jämnhet på belysningen kan en viss komplettering med fler armaturer behövas. Antalet armaturer som byts uppgår totalt till ca 240 st., varav 117 st. är armaturer med s.k. T8-rör.

### Energi- och kostnadsbesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån uppskattning att T8 lysrörarmaturer ersätts med LED-armaturer med en maxeffekt på 37 W. Runda armaturer i "undertaksöar" över körbanor ersätts med LED armaturer med maxeffekt 20W. Åtgärden innebär att drifttiden reduceras med ca 80 %. Enligt tillverkaren har ljuskällan i LED armaturen en livslängd på 50 000 - 100 000 timmar, vilket innebär att ljuskällorna inte behöver bytas inom den 20-åriga kalkyltiden. Som en jämförelse kan nämnas att befintliga T8 armaturer byts ut ca 8 gånger på 20 års kalkyltid.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för byte av belysning i garage på Plan 1 och 2 uppskattas till 960 kSEK. Detta inkluderar installation av nya armaturer samt demonterings- och byggkostnader. Påslag för byggherrekostnader (10 %) och projektering (10 %) har tagits med.

## 6.7 Åtgärd 7. Byte av belysning i allmänna ytor, teknikutrymmen, fastighetsytor och utomhus

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	-
- EI	24 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	-
- EI	5 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	2,7 kSEK/år
Total kostnadsbesparing:	18 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>3 270 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	177 kSEK (5 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	20 år

### Åtgärdsbeskrivning

I gemensamma utrymmen såsom ljusgård, korridorer, gångbroar, entréer, gym, konferensrum, lounge, matsal, toaletter samt teknikutrymmen och andra bi-areor på Plan 3 till Plan 8 och utomhus finns äldre typer av lysrörarmaturer, kompaktlysörarmaturer och halogen- spotlightarmaturer. Åtgärden medför att befintliga armaturerna ersätts med nya armaturer med LED-ljuskällor. Dagljusreglering eller närvarostyrning tillämpas i relevanta utrymmen. Utomhusbelysning styrs via ljusrelä.

Åtgärden görs förslagsvis anslutning till övriga hyresgästpassningar och ombyggnationer på Plan 3 och 8. Information om belysningsinstallationerna och styrningen av dem har hämtats från systemhandling.

### Energi- och kostnadsbesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på bedömningen att belysningseffekten minskar i de specificerade utrymmena med ca 40-50 % och drifttiden med ca 50 %. Enligt tillverkaren har ljuskällan i LED armaturen en livslängd på mellan 50 000-100 000 timmar, vilket betyder att de inte behöver bytas inom den 20-åriga kalkyltiden. Befintliga lysrörarmaturer byts ca 8 gånger och halogenarmaturerna ca 15 gånger under motsvarande tid. Årlig besparing av kostnader för byte av ljuskällor baseras på dagens drifttid med ca 2900 h/år och medelpris för en halogenlampa på ca 30 kr och medelpris för lysrör ca 35 kr.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för byte av belysning i garage på Plan 1 och 2 uppskattas till 3 270 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya armaturer samt, demonterings- och byggkostnader. Påslag för byggherrekostnader (10 %) och projektering (10 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgästpassning har 5 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.8 Åtgärd 8. Byte av belysning i hyresgästytor på Plan 5, 6 och 7

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	- 35 MWh/år
- Fjärrkyla	82 MWh/år
- El	127 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	- 14 kW
- Fjärrkyla	42 kW
- El	41 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	12,5 kSEK/år
Total kostnadsbesparing:	89 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>4 268 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	862 kSEK (20 % - baserat på uppgifter från fastighetsägaren)
Ekonomisk livslängd:	20 år

### Åtgärdsbeskrivning

I kontorslokaler och allmänna utrymmen på hyresgästytor Plan 5 - 7 finns hängarmaturer med T5- eller T8-lysrör samt downlights med kompaktlysrör och halogenspotlightarmaturer. Åtgärden innebär att all den belysningen byts ut mot ny, vilket förslagsvis görs tillsammans med kommande hyresgästanpassningar och ombyggnation på Plan 5 - 7. Information om belysningsinstallationerna och styrningen av den samma har hämtats från systemhandling. Belysningsystemet i varje kvadrant kommer styras via ett övergripande styrsystem med sensorer för närvarodetektering och dagsljuskompensering. Närvarostyrning och dagsljuskompensering tillämpas i kontorslandskap vid fasad, personalrum/pentry och lounge. Endast närvarostyrning tillämpas i kontorslandskap i mitten av lokaler, kapprum, korridorer, entré, mötesrum, tysta rum och alla bi-areor (städ, förrådd, toalett, mm). Vid nattlåst entrédörr är belysningen släckt.

### Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på att belysningseffekten reduceras med ca 50 %. Ny beräknad installerad effekt är ca 3 kW per kvadrant. Drifttiden reduceras med ca 50 % pga. närvaro- och dagljusstyrning. Enligt tillverkaren har ljuskällan i LED armaturen en livslängd på mellan 50 000-100 000 timmar, vilket betyder att de eventuellt kan behöva bytas inom den 20-åriga kalkyltiden. Befintliga lysrörarmaturer byts ca 2 gånger, kompaktlysrör ca 7 gånger och halogenarmaturer ca 15 gånger den 20-åriga kalkyltiden. Årlig besparing av kostnader för byte av ljuskällor baseras på dagens drifttid med ca 2900 h/år och medelpris på en halogenlampa ca 30 kr, medelpris på lysrör ca 35 kr och medelpris på kompaktlysrör ca 70 kr.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 4 270 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya armaturer samt, demonterings- och byggkostnader. Påslag för byggherre-kostnader (10 %) och projektering (10 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgästanpassning har ca 20 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.9 Åtgärd 9. Byte av belysning i hyresgästytor på Plan 3 och 4

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-26 MWh/år
- Fjärrkyla	61 MWh/år
- EI	98 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-12 kW
- Fjärrkyla	20 kW
- EI	20 kW
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	10 kSEK/år
Total kostnadsbesparing:	67 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>2 493 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	735 kSEK (30 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	20 år

### Åtgärdsbeskrivning

I kontorslokaler och allmänna utrymmen på hyresgästytor Plan 3 - 4 finns hängarmaturer med T5- eller T8-lysrör, downlights med kompaktlysrör och halogen spotlightarmaturer. Åtgärden innebär att den belysningen byts. Belysningssystemet i varje kvadrant kommer att styras via ett övergripande styrsystem med sensorer för närvarodetektering och dagljuskompensering. Närvarostyrning och dagljuskompensering tillämpas i kontorslandskap vid fasad, personalrum/pentry och lounge. Endast närvarostyrning tillämpas i kontorslandskap i mitten av lokaler, kapprum, korridorer, entré, mötesrum, tysta rum och alla bi-areor (städ, förrådd, toalett, mm). Vid nattlåst entrédörr är belysningen släckt. Information om belysningsinstallationerna och styrningen av dem har hämtats från systemhandling för Plan 5 Grön/Gul.

### Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på att belysningseffekten reduceras med ca 50 %. Beräknad ny installerad effekt är ca 3 kW per kvadrant. Drifttiden minskas med ca 50 % pga. närvaro- och dagljusstyrning. Enligt tillverkaren har ljuskällan i LED armaturen en livslängd på mellan 50 000-100 000 timmar, vilket betyder att de eventuellt kan behöva bytas inom den 20-åriga kalkyltiden. Befintliga lysrörarmaturer byts ca 2 gånger, kompaktlysrör ca 7 gånger och halogenarmaturer ca 15 gånger den 20-åriga kalkyltiden. Årlig besparing av kostnader för byte av ljuskällor baseras på dagens drifttid med ca 2900 h/år och medelpris på en halogenlampa ca 30 kr, medelpris på lysrör ca 35 kr och medelpris på kompaktlysrör ca 70 kr.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 2 493 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya armaturer samt demonterings- och byggkostnader. Påslag för byggherrekostnader (10 %) och projektering (10 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgästanpassning har ca 30 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.10 Åtgärd 10. Installation av nya rumsregulatorer, ställdonsventiler samt injustering av värme- och kylsystem

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	6 MWh/år
- Fjärrkyla	23 MWh/år
- El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	15 kW
- Fjärrkyla	66 kW
- El	-
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	18 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>1 125 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	1 125 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	15 år

### Åtgärdsbeskrivning

Rumstemperaturer i kontorslokalerna styrs med gemensamma rumsregulatorer för kyla och värme (rums- och zonreglering). De flesta av regulatorerna och ställdonen är från 1989. Med ålderns rätt är deras funktion nu sannolikt nedsatt. Åtgärden innebär att samtliga rumsregulatorer och ställdonsventiler ersätts med nya för sekvensstyrning av radiatorer, kylbafflar och ventilation. Vidare injusteras hela värme- och kylsystemet.

Antal rumsregulatorer som byts uppskattas till ca 50 st. per plan. Antal ställdonsventiler för kylbafflar som byts uppskattas till ca 100 st. per plan. Antal ställdonsventiler för radiatorer som byts uppskattas till ca 80 st. per plan i kontorsutrymmen på plan 4 till Plan 7. Totalt bedöms att ca 980 ställdonsventiler och ca 270 st. byts ut.

### Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån bedömningen att systemverkningsgraden för värmesystemet schablonartat förbättras med 5 % och för kyla med 8 %.

### Investeringskostnad

Åtgärdens investeringskostnad uppskattas till 1 125 kSEK. Kostnaderna omfattar installation av nya rumsregulatorer (1500 kr/st. för material + arbete) och ställdonsventiler på värme- och kylsystemen (400 kr/st. för material + arbete) samt injustering av sekundärsidan av de vattenburna systemen. Påslag för byggherrekostnader (10 %), projektering (ca 10 %) och oförutsedda kostnader (ca 5 %) har tagits med.

## 6.11 Åtgärd 11. Byte av fönster på Plan 7, i alla hörnrum, i Ljussgård och i "hästskon"

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	33 MWh/år
- Fjärrkyla	103 MWh/år
- El	-
Beräknad effektbesparing – Fjärrvärme	33 kW
– Fjärrkyla	99 kW
– El	-
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	64 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>10 100 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	1077 kSEK (10 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	30 år

### Åtgärdsbeskrivning

Två olika och relativt omfattande efterforskningar för att försöka fastställa fönstrens aktuella prestanda och U-värden resulterade i att fönstren på Plan 7 och i alla hörnrutorna bedömdes ha U-värde 1,9 W/m<sup>2</sup>K, inkl. profilerna. På samma sätt bedömdes U-värdet för de vertikala delarna av Ljussgården vara 2,2 W/m<sup>2</sup>K inkl. profilerna. Senare har det dock framkommit indikationer på att profilerna är sämre än antaget, vilket gör att fönstrens angivna U-värdena kanske är lite för bra. Konsekvensen av det är i så fall att den angivna energibesparingspotentialen sannolikt beräknats på den "säkra sidan". Glasens inbyggda solskydd, det s.k. g-värdet, ansätts till 0,65.

Åtgärden innebär att de rubricerade fönstren rivs ut och ersätts av nya. Sammanlagt berörs ca 1 500 m<sup>2</sup> fönsterarea.

### Energibesparing

De nya fönstren får U-värde = 1,3 W/m<sup>2</sup>K med solskyddsfaktorn 0,3.

### Investeringskostnad

Investeringskostnaden för byte av fönster uppskattas till 10 100 kSEK och omfattar rivning, montering samt nyutveckling av nytt infästningssystem. Påslag för byggherrekostnader (9 %) och projektering (10 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgäst Anpassning och som en komfortmässig åtgärd har ca 10 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.12 Åtgärd 12. Komplettering av fönster med isolerruta på Plan 3-6

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	11 MWh/år
- Fjärrkyla	1 MWh/år
- El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	10 kW
- Fjärrkyla	14 kW
- El	-
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	
Total kostnadsbesparing:	11 kSEK/år
Total investeringskostnad:	1 980 kSEK
Energiinvesteringskostnad:	168 kSEK (8 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	15 år

### Åtgärdsbeskrivning

Den redan nämnda fönsterutredningen gav vid handen att kontorsfönstren på Plan 3-6, exkl. hörnrummen, har U-värde 1,9 inkl. profil. Där finns även ett stort antal lågt placerade släpljusfönster av samma modell och prestanda. Åtgärden innebär att släpljusfönstren isoleras och sätts igen samt att kontorsrumsfönstren kompletteras med invändigt isolerglas.

Åtgärden innebär att de rubricerade fönstren rivs ut och ersätts av nya. Sammanlagt berörs ca 1 400 m<sup>2</sup> fönsterarea.

### Energibesparing

Efter åtgärden får fönstren U-värde = 1,6 W/m<sup>2</sup>K med solskyddsfaktorn 0,64.

### Investeringskostnad

Investeringskostnaden för igensättning och tilläggsisolering uppskattas 1 980 kkr. Påslag för byggherrekostnader (10 %) och projektering (10 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden samtidigt kan betraktas som en hyresgäst Anpassning och som en komfortmässig åtgärd har ca 8 % av investeringskostnaderna tagits med i energikalkylen.**

## 6.13 Åtgärd 13. Optimering av styrning av gardiner i ljusgården

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	5 MWh/år
- Fjärrkyla	14 MWh/år
- El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	64 kW
- Fjärrkyla	21 kW
- El	-
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	
Total kostnadsbesparing:	47 kSEK/år
Total investeringskostnad:	40 kSEK
Energiinvesteringskostnad:	40 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	10 år

### Åtgärdsbeskrivning

I ljusgården finns motoriserade gardiner för solavskärmning. Åtgärden innebär att gardinerna också nyttjas för att dämpa strålningen vid kalla fönster vintertid. Styrningen av motoriserade gardiner optimeras enligt följande:

- Då innetemperaturen ligger mellan lägsta och högsta värdet för sommar, respektive vinterfall är gardinerna inrullade
- Då innetemperaturen överstiger högsta börvärde och solintensiteten vid utegivare överstiger inställt värde (200 W/m<sup>2</sup>), rullas gardinerna ner för solavskärmning.
- Då utetemperaturen är lägre än 0 °C och innetemperaturen är inom börvärdena samtidigt som solintensiteten vid utegivaren överstiger inställt värde, rullas gardinerna ner för solavskärmning.
- Då utetemperaturen är lägre än 0 °C samtidigt som innetemperaturen är lägre än inställt lägsta börvärde under en viss varaktighet (10 min), rullas gardinerna ner för att reducera kallstrålningen.

### Energibesparing

I likhet med de flesta övriga åtgärderna här är energibesparingspotentialen ovan beräknad med simuleringsprogrammet IDA ICE. Här har dock vissa förenklingar gjorts för att enklare hantera reglerkriterierna. Känslighetsanalyser visar dock att förenklingarna sannolikt ger försumbar skillnad jämfört med om alla kriterierna reglerats helt korrekt.

### Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för optimering av styrning av gardiner i ljusgården uppskattas till 40 kSEK. Kostnaderna är grovt uppskattade och motsvarar ca 3-4 dagars arbete för omprogrammering i styr- och övervakningssystem. Påslag projektering (10 %), byggherrekostnader (10 %) och oförutsett (5 %) har tagits med.



## 6.14 Åtgärd 14. Optimering av kylsystemets drift

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	223 MWh/år
- El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	25 kW
- El	-
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	60 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	<i>230 kSEK</i>
Energiinvesteringskostnad:	230 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	10 år

### Åtgärdsbeskrivning

Energistatistik över köpt fjärrkyla visar att kylsystemet har hög baslast året om. Timvärdesanalys av köpt fjärrkyla den kallaste vardagen respektive kallaste helgdagen under 2014 visar att baslasten ligger runt 32 kW resp. 47 kW. Exakt vad detta beror på är svårt att säga. En annan sannolik anledning är troligtvis de fläktluftkylare för dygnetruntdrift som finns för några av rummen, vilket gör att hela kylsystemet hålls i drift dygnet runt för att kyla några få rum. En annan sannolik anledning är onödig samtidig värmning och kylning i lokalerna. Någon genomgripande regleröversyn har inte gjorts på länge. Åtgärden innefattar därför bl.a. en sådan översyn och ett "detektivarbete" för att identifiera onödiga kylaster, läckande ventiler, mm.

Åtgärd innebär även att DX-maskiner installeras i de serverrum, televäxelrum som idag har kylbafflar. De kan då kopplas bort från det centrala kylsystemet. Uppskattningsvis finns i dagsläget fem sådana rum.

### Energibesparing

Energibesparingen har beräknats utifrån uppskattad baslast på vintertid. Uppskattningsvis kan åtgärden leda till att baslasten reduceras med ca 25 kW. Elenergibehov för DX-aggregat tillkommer på hyresgästelen. DX-aggregatens investeringskostnader och inverkan på energibalansen bortses dock från i detta arbete.

### Investeringskostnad

Investeringskostnaden för optimering av kylsystemen uppskattas till 230 kSEK. Kostnaderna är grovt uppskattad och motsvarar ca 2 arbetsveckor för olika yrkesgruppers genomgång av styrsystemet och kylsystemens funktion samt installation av DX-maskiner i 5 rum (ca 20 kSEK per maskin för material + arbete samt koppling till central styr och regler). Påslag för projektering (10 %), byggherrekostnader (10 %) och oförutsett (5 %) har tagits med.

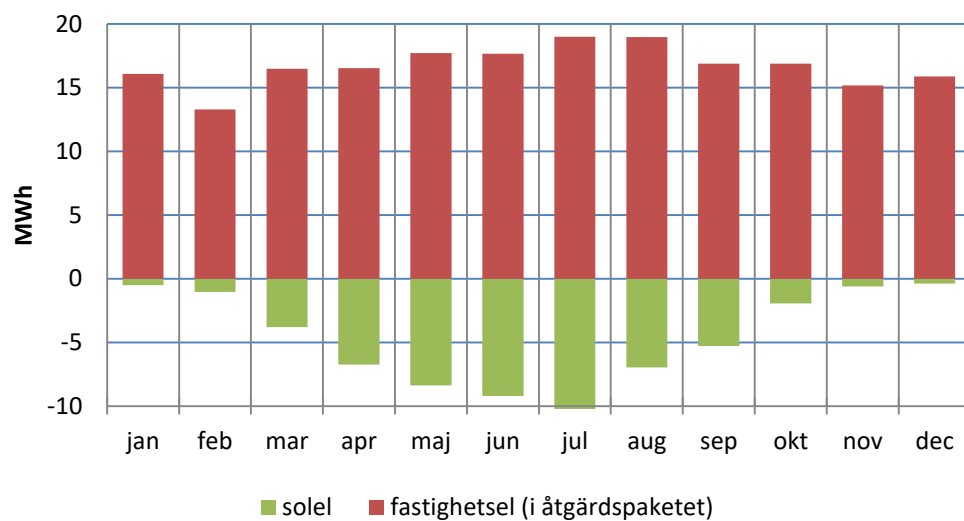
## 6.15 Åtgärd 15. Installation av solceller

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	21 MWh/år
- El	34 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
- Fjärrkyla	24 kW
- El	-
Beräknad övrig besparing (kSEK/år):	-
Total kostnadsbesparing:	27 kSEK/år
<i>Total investeringskostnad:</i>	1 440 kSEK
Energiinvesteringskostnad:	1 440 kSEK (100 % av totala investeringskostnaden)
Ekonomisk livslängd:	25 år

### Åtgärdsbeskrivning

Den största delen av fastighetselen används för installationstekniska systemen, ca 30 % inklusive pumpar och fläktdrift. Hur behovet för fastighetsel idag varierar månadsvis visas i figur nedan.

**Fastighetselanvändning och solelproduktion**



**Figur 6.1** Månadsvis solelproduktion i relation till fastighetselanvändning i Drivhuset.

Åtgärden innebär att solceller installeras på Drivhusets södra och västra takdelar för att minska andelen köpt energi. Ungefär 15 % av solcellerna monteras över befintligt glastak.

### Energi- och kostnadsbesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån följande uppskattningar/ändringar i systemen:

- Totala arean för solceller uppgår till ca 420 m<sup>2</sup> (enl. bygglovshandling 2014-12-19)
- Installerad toppeffekt >65 kWp
- Solcellerna får samma vinkel som taket.
- Solcellernas verkningsgrad ansätts till 14 %
- Elpris för sälj 0,4 kr/kWh.

Eftersom delar av solcellerna monteras över glastak resulterar det i en icke försumbar skuggning med lägre kylbehov som följd.

### Investeringskostnad

Investeringskostnaden för solesinstallationen uppskattas till 1 440 kSEK. Påslag för projektering (10 %) och byggherrekostnader (10 %) har tagits med.

## 7 Åtgärdspaket enligt Totalmetodiken

Här beskrivs resultaten från lönsamhetsberäkningar för hela åtgärdspaketet, dvs. bl.a. uppgifter om total investeringskostnad, beräknad total energi- och kostnadsbesparing efter implementering av åtgärdspaketet, energipriser, mm.

### 7.1 Indata för lönsamhetsberäkningar

Följande indata har använts för lönsamhetsberäkningar:

- Fastighetsägarens lönsamhetskrav i form av den reala kalkylräntan.
- Kalkyltider för installationstekniska och byggnadstekniska åtgärder motsvarar åtgärdernas ekonomiska livslängd.
- Energi- och resurspriser samt effekttariffer baseras på fakturor som har erhållits från fastighetsägaren.

### 7.2 Resultat från lönsamhetsberäkningar

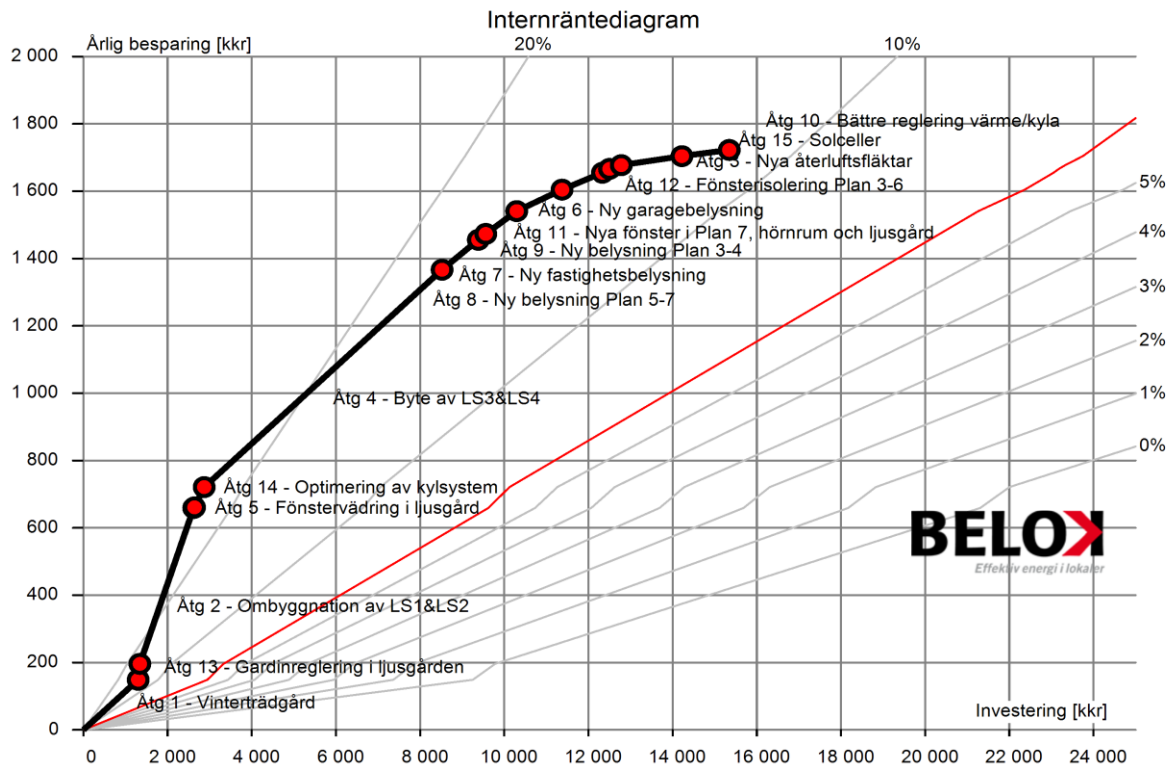
I enlighet med Totalmetodiken utformas ett åtgärdspaket så att det i sin helhet uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav. Det är dock givetvis alltid upp till fastighetsägaren att bestämma vilka åtgärder skall genomföras. Här bör noteras att i det föreslagna åtgärdspaketet finns två enskilda åtgärder (nr 10 och nr 15) med svagt negativ internränta. Att de ändå ryms i åtgärdspaketet beror på att flera andra åtgärder "bär upp" de mindre lönsamma. Åtgärdspaketet i sin helhet uppfyller dock det lönsamhetskrav som fastighetsägaren har satt upp. Rent allmänt kan det finnas flera orsaker än rent ekonomiska för att ta vissa åtgärder. Förbättrad innemiljö kan vara en sådan orsak, miljöåtagande en annan.

I de följande figurerna och tabellerna sammanställs resultat för det beräknade åtgärdspaketet och dess lönsamhet.

I Figur 7.1 visas åtgärdspaketet i Totalmetodikens internräntediagram. Lönsamheten för åtgärdspaketet och energibesparingspotentialen visas i Figur 7.1 och 7.2.

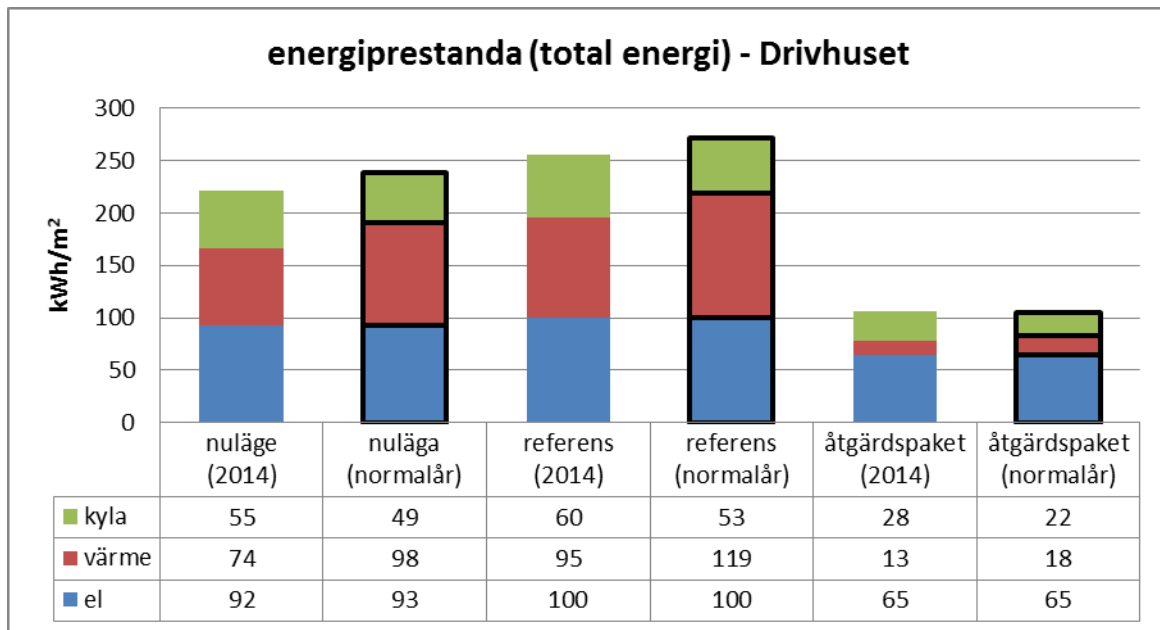
**Tabell 7.2** Åtgärdspaketets lönsamhet och energibesparing i korthet.

Beräknad total kostnadsbesparing:	ca 1 720 kSEK/år
Beräknad energiinvesteringskostnad:	ca 15 350 kSEK (34 % av totala investeringskostnader)
Internränta för åtgärdspaket	ca 11 %
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	ca 1 330 MWh/år
Beräknad energibesparing - Fjärrkyla	ca 525 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	ca 600 MWh/år (varav ca 60 % är fastighetsel)



**Figur 7.1** Åtgärds paketets lönsamhet presenterad i Totalmetodikens internräntediagram. Internräntan för det framtagna åtgärds paketet är 11 %, som uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav med marginal.

Med åtgärds paketet minskas värmeenergianvändningen för hela fastigheten med ca 85 %, kylenergianvändningen med ca 55 % och den totala elenergianvändningen med ca 35 % jämfört med referensnivån (enligt "normalår"). Fastighetens totala energibehov kommer efter åtgärder bli ca 105 kWh/m<sup>2</sup> inklusive verksamhetsel (baserat på normalår) eller ca 55 kWh/m<sup>2</sup> exkl. verksamhetsel ("BBR-energi").



**Figur 7.2** Beräknad total energianvändning före och efter åtgärds paketet, baserat på antingen klimatår 2014 eller "normalår" (Säve 1977).

En sammanställning av åtgärder i åtgärds paketet redovisas i Tabell 7.3

**Tabell 7.3** Sammanställning av åtgärder i åtgärds paketet för Drivhuset i lönsamhetsordning. Energi- och kostnadsbesparingen för varje enskild åtgärd i tabellen tar hänsyn hur åtgärderna påverkar varandra.

Åtgärd nr	Åtgärdsbeskrivning	Värme- besparing	Värmeeffekt- besparing	Värme- besparing	Kyl- besparing	Kyleffekt- besparing	Kyl- besparing	El- besparing	Eleffekt- besparing	El- besparing	Övrig besparing	Total besparing	Energi- investering	Kalkyltid
		MWh/år	kW	kkv/år	MWh/år	kW	kkv/år	MWh/år	kW	kkv/år	kkv/år	kkv/år	kkv/år	kSEK
1	Inglasning av norrfasad med vinterträdgård	271	56	155	-24	29	-6	0	0	0	0	149	1300	40
13	Värmereglering genom styrning av gardiner i ljusgården	5	64	53	14	21	3	0	0	0	0	47	40	10
2	Ombyggnation av LS1 och LS2 till ett antal mindre system	585	297	444	-71	42	-15	53	11	33	0	463	1280	20
5	Fönstervårdning i ljusgård (komplement till Åtg 2)	1	0	2	1	20	0	2	0	0	0	2	20	10
14	Optimering av kylsystemens drift	0	0	0	223	25	59	0	0	0	0	60	230	10
4	Byte av LS3 och LS4 till nya aggregat samt behovsstyrning i kontorslandskap, mötesrum, mm.	478	470	415	91	49	-1	173	45	99	0	646	5651	20
8	Byte av hyresgästbelysning plan 5-7	-35	-14	-18	82	42	16	127	41	67	12	89	862	20
7	Byte av belysning i allmänna ytor, teknikutrymmen, fastighetsytor och utomhus	0	0	0	0	0	0	24	5	15	3	18	177	20
9	Byte av belysning i hyresgästytor på plan 3 och 4 (komplettering till Åtg 8)	-26	-12	-31	61	20	15	98	20	73	10	67	735	20
11	Byte av fönster på plan 7, i alla hörnrum samt i ljusgård	33	33	68	103	99	29	0	0	0	0	64	1077	30
6	Byte av belysning i garage på plan 1 och plan 2	0	0	0	0	0	0	78	5	48	2	50	960	20
12	Kompletterande isolerglas på Plan 3-6 (komplettering till Åtg 11)	11	10	15	1	14	0	0	0	0	0	11	168	15
3	Byte av återluftsfläktar i LS3 och LS4 och reducering av återluftsflöden	0	0	0	0	0	0	18	5	11	0	11	280	20
15	Installation av solceller	0	0	0	21	24	6	34	0	34	0	27	1440	25
10	Installation av nya rumsregulatorer, ställdonsventiler samt injustering av värme- och kylsystem	6	15	67	23	66	15	0	0	0	0	18	1125	15
	<b>totalt</b>	<b>1329</b>	<b>919</b>	<b>1171</b>	<b>527</b>	<b>451</b>	<b>121</b>	<b>606</b>	<b>132</b>	<b>380</b>	<b>27</b>	<b>1722</b>	<b>15345</b>	

## 8 Diskussion och slutsatser

Projektets syfte har varit att identifiera och analysera möjliga energieffektiviseringsåtgärder för Drivhuset och ta fram ett energieffektiviserande åtgärds paket enligt Totalmetodiken.


Arbetet visar att energibesparingspotentialen i Drivhuset är mycket stor. Totalt har 15 energieffektiviserande åtgärder identifierats och analyserats. De klart största besparingarna fås på ventilationssidan. Dels genom att de befintliga ventilationssystemen LS1 och LS2 görs om till mindre och effektivare system med värmeåtervinning och dels genom att aggregaten för kontorsventilation LS3 och LS4 byts ut mot nya behovsstyrda och effektiva aggregat. Flera av de föreslagna åtgärderna kan bara motiveras tack vare att de delvis kan motiveras som hyresgästanpassning eller underhåll. När så är fallet har endast en överenskommen eller framräknad del av investeringen tagits med i energikostnadskalkylen.

Åtgärds paketets internränta på 11 % uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav med marginal. Den totala energibesparingspotentialen blir knappt 60 % (jämfört med referensnivån), vilket leder till minskade driftkostnader motsvande 1,7 miljoner kr per år. Energiinvesteringskostnaden för åtgärds paketet är ca 15.4 miljoner kr.



# Bilaga 1 Indata för energisimuleringar (referensfallet)

## 1. Lokalisering och klimat

 SIMULATION TECHNOLOGY GROUP		Input data Report	
Project		Building	
		Model floor area	16238.0 m <sup>2</sup>
Customer		Model volume	73565.4 m <sup>3</sup>
Created by	Mariette Sylvan	Model ground area	3456.6 m <sup>2</sup>
Location	Goteborg (Landvetter)	Model envelope area	13999.3 m <sup>2</sup>
Climate file	SWE_GOTEBORG-SAVE_025120_14 REV	Window/Envelope	28.9 %
Case	Drivhuset 3.1 DO REF 2 juli 2015	Average U-value	0.7599 W/(K·m <sup>2</sup> )
Simulated	2015-07-02 20:18:39	Envelope area per Volume	0.1903 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

Grundförutsättningar	
Ort	Göteborgs kommun
Klimatfil vid energiberäkningar	Göteborg Säve (uppmätta data 2014)
Yta totalt (Atemp)	16 238 m <sup>2</sup>

## 2. Sammanställning av klimatskärmsdelar

Del	U-värde W/(m <sup>2</sup> K)	Källa
Ytterdörrar	Samma som "ljusgård"	CIT
Yttertak (ej glas)	0,14	VVS-projektör
Yttervägg	0,14	VVS-projektör
Källarvägg	0,35 (exkl. R mark)	VVS-projektör
Källargolv	2,9	VVS-projektör
Garagetak	0,5	VVS-projektör
Köldbryggor	"poor" enl. standardvärde i IDA	VVS-projektör
Lufttäthet	1,6 l/sm <sup>2</sup>	BBR
Yttre solavskärmning	Multiplikator för g: 0,14	VVS-projektör
	Multiplikator för ST: 0,09	VVS-projektör
	Multiplikator för U: 1,0	VVS-projektör
	Reglering: om > 200 lux utvändig	Fastighetsägaren

Del	Egenskaper	Källa
Köldbryggor	"poor" enl. standardvärde i IDA	VVS-projektör
Lufttäthet	1,6 l/sm <sup>2</sup>	BBR
Yttre solavskärmning	Multiplikator för g: 0,14	VVS-projektör
	Multiplikator för ST: 0,09	VVS-projektör
	Multiplikator för U: 1,0	VVS-projektör
	Reglering: om > 200 lux utvändig	Fastighetsägaren

Del	U-glas	G	Karmandel	U-karm (IDA) <sup>1</sup>	U-fönster	Källa
	W/(m <sup>2</sup> K)	-	-	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	
Plan 3-6	1,5	0,72	0,26	3,8	2,1	CIT
Plan 7	1,5	0,65	0,26	3,0	1,9	CIT
Hörn	1,5	0,65	0,26	3,0	1,9	CIT
Ljuskård - gata S, V, Ö	1,7	0,72	0,1	6,7	2,2	CIT
Ljuskård - "hästsko"	1,5	0,65	0,1	5,5	1,9	CIT
Takfönster Plan 8	1,5	0,65	0,25	3,1	1,9	CIT, VVS-projektör
Tak	2,3	0,72	0,08	7,3	2,7	CIT

<sup>1</sup> Anpassade värden för att IDA bara gör en förenklad sammanvägning av karm och glas

### 3. VVS och styr

#### Ventilation

	Aggregat	Drifttid	Tillufttemp. [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Försörjer	Flöde [l/s]
Tilluft	LS1 - TF1	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	19	1,34	verkstad + undercentral	470
	LS1 - TF1 EB1	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	17	1,34	motion	1000
	LS1 - TF1 EB2	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	16-40	1,34	ljusgård	2500
	LS1 - TF1 natt	mån-tor: 23-06 fre: 18-24 lör-sön: alltid	16-40	0,5	ljusgård	1800
	LS2 - TF1	mån-fre: 06-18	20	2,1	verkstad + undercentral	230
	LS2 - TF1 EB1	mån-fre: 06-18	20	2,1	konferens	1900
	LS2 - TF1 EB2	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	16-40	2,1	ljusgård	2300
	LS2 - TF1 EB3	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	40	2,1	kopiering + städ + mm	500
	LS2 - TF1 natt	mån-tor: 23-06 fre: 18-24 lör-sön: alltid	16-40	0,5	kopiering + städ + mm	1800
	LS3	mån: 02.30-19 tis-fre 03.30-19	15-19	2,17	kontor i blå och röd kvadrant	7000
	LS4	mån: 02.30-19 tis-fre 03.30-19	15-19	1,61	kontor i grön och gul kvadrant	6400

Frånluft	LS1 - FF1	mån-fre: 06-18	-	0,91	garage Plan 2 + verkstad	3000
	LS2 - FF1	mån-fre: 06-18	-	1,14	garage Plan 1 + ljusgård + kopiering	2600
	LS3	se LS3 ovan		2,17	kontor i blå och röd kvadrant	6600
	LS4	se LS4 ovan		1,61	kontor i grön och gul kvadrant	4600

Återluft	LS1 - ÅF1	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	-	1,35	motion + ljusgård	3300
	LS2 - ÅF1	mån-tor: 06-23 fre: 06-18	-	1,13	konferens + ljusgård	4200

### Sammanställning av luftflöden för LS1 och LS2

Zon	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]
garage 1	0	2100
garage 2	700	2600
entre gård	6300	500
entre rb	1500	1650
entre gg	600	2100
gul 8	1900	2100
röd 8	1000	1650
grön 8	500	400

### Börvärden för rumstemperatur

	Kontor	Entré och ljusgård
Börvärdestemperaturer (luft)	21 - 23 °C	21 - 23 °C
Nattsänkning	Ja, - 1 °C	Ja, - 1 °C

### Sammanställning av flöden för LS3 och LS4

Zon	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Aggregat
entre gård	100	-	4
entre gg	-	-	-
entre rb	-	-	-
grön f3	350	-	4
grön 3	750	1000	4
gul f3	250	-	4
gul 3	250	400	4
röd f3	300	-	3
röd 3	300	500	3
blå f3	500	-	3
blå 3	300	500	3
grön f4	350	-	4
grön 4	250	400	4
gul f4	300	-	4
gul 4	200	400	4
röd f4	400	-	3
röd 4	300	600	3
blå f4	500	-	3
blå 4	300	800	3
grön f5	350	-	4
grön 5	250	400	4
gul f5	300	-	4
gul 5	200	400	4
röd f5	350	-	3
röd 5	250	700	3
blå f5	400	-	3
blå 5	300	700	3
grön f6	350	-	4
grön 6	350	400	4
gul f6	300	-	4
gul 6	200	400	4
röd f6	300	-	3
röd 6	400	700	3
blå f6	350	-	3
blå 6	250	700	3
grön f7	350	-	4
grön 7	350	500	4
gul f7	300	-	4
gul 7	300	300	4
röd f7	500	-	3
röd 7	300	700	3
blå f7	400	-	3
blå 7	300	700	3

## Internvärme

### Internvärme fördelat per plan

	Personer [st]	Belysning [kW]	Apparater [kW]	Elvärmare [kW]
Plan 3	67	23,1	18,6	8,8
Plan 4	101	21,0	23,1	9,8
Plan 5	117	27,5	38,1	6,2
Plan 6	120	27	26,8	15,5
Plan 7	120	24,4	26,8	12,4
Plan 8	25	7,4	4,4	0
<i>TOTALT</i>	<i>550</i>	<i>130</i>	<i>138</i>	<i>53</i>

### Schema för kontorsverksamheten

Kategori	Vardag	Helg	Sommarvardag
Personer	07.30-18.00	-	08.00-18.00 (50 %)
Belysning	07.30-18.00	-	08.00-18.00
Apparater	07.30-18.00 50 % 17.00-18.00 12-50 % övrig tid	12-50 % Hela helgen	Samma som vardag
Elvärme	07.30-17.30 april-okt	-	-

Utöver kontorsverksamheten finns även konferens, allmänutrymmen och garage. Dessa har andra driftstider. Exempelvis är belysningen på dygnet runt i garage och vissa allmänutrymmen. Konferensdelens användning är mer begränsad än kontorsverksamheten och varierar över året.

## Tappvarmvatten

Schablon: 2 kWh/m<sup>2</sup> och år

### Övriga elanvändare (medeleffekt när på)

Hissar: 3,1 kW – alltid på

Elbilsaddare: 6,3 kW – samma som persontider

Pumpar: 9,2 kW – alltid på

## Bilaga 2. Parallella uppdrag om termisk komfort, klimatskal, infiltration

### Sammanställning av utförda komfort- och klimatskalsutredningar i Drivhuset, Hösten 2014 – vintern 2015

På fastighetsägarens uppdrag har CIT Energy Management AB under hösten 2014 och vintern 2015 utfört ett antal utredningar angående Drivhuset i Göteborg.

Som underlag till framtida investeringsbeslut har fastighetsägaren i huvudsak önskat svar på följande:

Frågeställning	Utredda parametrar
Fönster: Bör fönster bytas ut? I så fall vilka?	U-värde fönster
Termisk komfort: Behöver åtgärder vidtas för att få ökad/önskad termisk komfort?	Kallras Luft- och strålningstemperaturer
Infiltration: Är fönstren otäta?	Luftflöde genom öppningsbara fönster

#### Fönster

Baserat på tidigare fönsterutredningar av Rotpartner utförda under 2014, har CIT Energy Management med hjälp av bl.a. fönstertillverkarna Velfac och Schüco tagit fram U-värden för Drivhusets olika fönstertyper. U-värdena har därefter bestyrkts av simuleringsstudier med beräkningsprogrammet IDA ICE.

Fasadfönstrens areaviktade genomsnittliga U-värde bedöms till 2,0 W/m<sup>2</sup>K. Glastaket är sämre isolerat med ett bedömt U-värde på ca 2,7 W/m<sup>2</sup>K.

De framtagna U-värdena för respektive fönstertyp redovisas i tabellen nedan, där det kan vara sunt att lägga till en felmarginal på ± 0,1-0,2 W/m<sup>2</sup>K.

Tabell 1 Olika fönstertypers bedömda U-värde (hela fönster)

Typbetäckning fönster <sup>(1)</sup>	Glastyp	Area <sup>(1)</sup> [m <sup>2</sup> ]	Karmandel [%]	U-värde glasmitt <sup>(3)</sup> [W/m <sup>2</sup> K]	U-värde fönster <sup>(4)</sup> [W/m <sup>2</sup> K]
Typ A	2-glas	810	26 <sup>(2)</sup>	1,5	2,1
Typ B	3-glas	1420	26	1,5	1,9
Fönster i Plan 8	3-glas	I Typ B	26	1,5	1,9
Glas i ljusgårdsväggar Mot gata i söder-väster-öster	2-glas	300	10	1,7	2,2
Glas i stora ljusgårdsväggen Mot norr + parti på del av väst och öst mot "innergård"	3-glas	675	10	1,5	1,9
Glas i ljusgårdens tak	2-glas	875	8	2,3 <sup>(5)</sup>	2,7

<sup>(1)</sup> Enligt tidigare fönsterutredning

<sup>(2)</sup> Areaviktat medelvärde för tre olika fönstertyper inom Typ A, med respektive karmandel: 23 %, 58 % och 28 %

<sup>(3)</sup> Utgår från att samtliga fönster har energibeläggning och är argongasfyllda

<sup>(4)</sup> Beräknat av fönstertillverkare för representativa fönsterkombinationer

<sup>(5)</sup> Inklusive tillägg enl. Schüco på 0,6 W/m<sup>2</sup>K för att fönstret är horisontellt. Vidare: på 80-talet var 2-glas i tak "standard", bl.a. för att reducera snölast och snöröjningsbehov, vilket kanske kan vara bra att beakta vid ev. fönsterbyte.

## Termisk komfort

Även om klagomålen på den termiska komforten i Drivhuset reducerats på senare tid har det sedan länge varit känt att många hyresgäster tyckt att det varit för svalt inne vintertid. Utöver klagomål har detta resulterat i att en stor andel av hyresgästerna använder sig av medhavda kupévärmare, vilket ur bl.a. miljösynpunkt nog får betraktas som olämpligt.

Strålningstemperaturer från ytor är en viktig ingrediens i den termiska komforten. Eftersom Drivhusets fasad till stora delar består av fönster är komfortproblematiken nära besläktad med fönsterfrågeställningen innan, även om fönstren visade sig vara ganska bra.

För att få en bild av den faktiska termiska komforten i Drivhuset utfördes ett antal mätningar under två januaridagar. Som ett komplement till detta har även långtidsmätningar av rumstemperatur genomförts under perioden 2014-11-22 till 2015-01-08.

Baserat på utförda temperaturmätningar beräknades den termiska komforten för bl.a. DVUT. De mätta och beräknade temperaturerna kan grovt sammanställas enligt Tabell 2 nedan, där de strålningsrelaterade temperaturerna anges för situationen 1 m från fasad.

**Tabell 2** Uppmätta och beräknade temperaturer i Drivhuset [°C]

Komfortparameter	Var	Uppmätta resultat		Beräknade resultat
		Vid $t_{ute} = +7\text{ °C}$	Vid $t_{ute} = -1,5\text{ °C}$	Vid $t_{ute} = -16\text{ °C}$ (DVUT)
Lufttemperatur	Mellanrum Plan 4-6	21,4	20,9	21,0 (ansatt)
	Mellanrum Plan 7	21,9	-	21,0 (ansatt)
	Hörnrum	21,1	20,9	21,0 (ansatt)
Riktad operativ temperatur mot fasad	Mellanrum Plan 4-6	20,8	20,0	20,2
	Mellanrum Plan 7	21,3	-	18,6
	Hörnrum	20,8	19,7	19,2 <sup>(1)</sup>
Operativ temperatur	Mellanrum Plan 4-6	21,3	20,9	20,7
	Mellanrum Plan 7	22,0	-	19,8
	Hörnrum	21,0	20,6	19,5

<sup>(1)</sup> Att den riktade operativa temperaturen är högre i hörnrummen än i mellanrummen på Plan 7 beror på att värmebehovet i hörnrummen är ganska mycket högre, vilket gör de fönstermonterade radiatorerna där varmare än i mellanrummen. De riktade operativa temperaturerna påverkas kraftigt av radiatorernas yttemperaturer.

Även om Boverkets byggregler ger rådet att riktad operativ temperatur skall vara lägst 18 °C för arbetsrum är det vår bedömning att 20 °C är ett bättre riktvärde för Drivhuset. För att uppnå det föreslagna riktvärdet (1 m från fasad) beräknas lufttemperaturen ( $t_{rum,erf}$ ) behöva vara enligt Tabell 3 nedan där de beräknade resultaten avrundats till närmaste halvtal.

**Tabell 3** Erforderliga rumslufttemperaturer i Drivhuset vid olika utomhustemperaturer

Typrum	$t_{rum,erf}$ vid $t_{ute} = -1\text{ °C}$	$t_{rum,erf}$ vid $t_{ute} = -16\text{ °C}$ (DVUT)
Mellanrum Plan 4-6	20,5	21,0
Mellanrum Plan 7	21,5	22,5
Hörnrum	21,0	22,0

Notera att resultaten i Tabell 3 bygger på att rummen under respektive kategori i allt väsentligt är lika de undersökta rummen på Plan 3, 5 och 7. Vår bedömning är att de framtagna resultaten styrker fastighetsägarens tankar om att byta fönster i hörnrummen och ev. på Plan 7.

Radiatorerna har givetvis en mycket viktig roll för den termiska komforten. Vid besöken i Drivhuset noterades att täckgallren ovanför radiatorerna ofta belamras med blommor, böcker, mm. Kanske borde hyresgästerna uppmärksammas på detta.

I likhet med de momentana mätningarna visade även långtidsmätningarna att det i många rum är något svalt för stillasittande arbete. Typiskt för de loggade rummen var att rumslufttemperaturen var mellan 19 – 20 °C på morgonen för att därefter successivt öka ca en grad. Samtliga värden i tabellen nedan är för *arbetstid* kl. 08-17 (röda dagar, helger, nätter är borttagna). Resultaten kan jämföras med Arbetsmiljöverkets föreskrifter, som via standarden SS-EN ISO 7730, anger att luftens inomhustemperatur vid kontorsarbete bör vara 22 °C ± 2 °C. Av långtidsmätningarna i kontorrummen att döma verkar börvärdestemperaturen vara lägre, åtminstone i de nedre planen.

**Tabell 4** Uppmätta rumslufttemperaturer arbetstid under perioden 11 nov 2014 – 8 jan 2015.

Plan	Var	Medel	Min	Max	< 20 °C	< 21 °C	< 22 °C	< 23 °C
3	Entré (mitten)	19,9 °C	18,0 °C	20,9 °C	50 %	100 %	100 %	100 %
4	Mantec - kontor (fasad)	21,0 °C	19,5 °C	22,8 °C	4 %	50 %	94 %	100 %
4	Mantec - allmänutrymme (mitten)	20,9 °C	19,6 °C	22,8 °C	5 %	60 %	97 %	100 %
4	Tieto – kontor (fasad)	20,8 °C	19,7 °C	21,8 °C	2 %	70 %	100 %	100 %
4	Tieto – allmänutrymme (mitten)	21,2 °C	20,2 °C	22,0 °C	0 %	30 %	100 %	100 %
5	Tomt kontor (fasad)	20,3 °C	19,3 °C	21,2 °C	10 %	97 %	100 %	100 %
6	Ramböll – kontor (fasad)	22,0 °C	20,6 °C	23,3 °C	0 %	10 %	40 %	96 %
6	Ramböll – kontor (mitten)	22,1 °C	20,4 °C	23,3 °C	0 %	5 %	40 %	95 %
8	Stora konferensrummet	20,8 °C	20,0 °C	25,1 °C	0 %	75 %	90 %	100 %
8	Trapphuset (2 m från tak)	21,1 °C	19,4 °C	22,3 °C	3 %	40 %	97 %	100 %



Mätperioden 22 nov 2014 -8 jan 2015 (konferensrummet t.o.m. 15 jan 2015) var mild. Dock kom det ner till ca -3 °C en av dagarna. Rumsluftens riktvärde för mellanrummen på Plan 4-6 vid - 3 °C beräknas till drygt 20,5 °C. Långtidsmätningarna visar att de aktuella rummen mer eller mindre exakt hade den temperaturen då.

I den mån rekommendationerna i Tabell 3 tidigare leder till höjda temperaturer jämfört med dagsläget, försämras samtidigt byggnadens energiprestanda. Kanske är dock det enstaka exemplet från den kallaste dagen ett tecken på att de rekommenderade temperaturnivåerna redan uppfylls i merparten av kontorsrummen. Åtminstone någon timma in på arbetsdagen när internvärmerna hunnit driva upp rumstemperaturen något.

### **Infiltration och kallras**

Begränsade infiltrationsmätningar visar, måhända föga förvånande, att de öppningsbara fönstren läcker. Läckaget genom dem motsvarar vid gällande förutsättningar ca 20 % av det totalt tillåtna luftläckaget enligt byggreglerna från slutet på 80-talet. Vår rekommendation blir därför att de öppningsbara fönstren ses över och att tätningslister byts.

Notera att de genomförda infiltrationsmätningarna bara är ett mått på *skillnaden* mellan täta respektive otäta öppningsbara fönster. Det säger *inget* om det faktiska luftläckaget, varken för enskilda rum eller för byggnaden totalt.

En infiltrationsmätning av hela byggnaden skulle ge värdefull indata för energiberäkning av byggnadens energiprestanda och kunskap om hur stor del av energianvändningen som åtgår där. Den skulle också svar på *var* det läcker. För att avgöra den termiska komforten lokalt i rum är det dock inte nödvändigt med en total infiltrationsmätning. En total infiltrationsmätning skulle kosta ca 70 - 75 kkr.

### **Övrigt**

Förfrågan om CFD-beräkning på glasfasad hänvisas till andra konsulter med vana och mjukvara för detta. Vi har hört oss för hos flera konsulter om kapacitet och timpris. Återkom om ni vill veta mer om den "sonderingen".

CIT Energy Management AB  
Daniel Olsson  
Göteborg, 2015-03-04