

# Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

- Med fokus på energieffektivitet, inomhus-  
klimat och komfort



Alexandra Bernardo  
Diana Kron



**LUNDS**  
UNIVERSITET



# Installationsteknisk renovering av kontors- byggnad

- Med fokus på energieffektivitet, inomhusklimat  
och komfort

Alexandra Bernardo  
Diana Kron

Examensarbete  
Avdelningen för Installationsteknik  
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

© Alexandra Bernardo, Diana Kron

ISRN LUTVDG/TVIT—21/5080--SE(121)  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 LUND

Omslag: Foto av Trelleborgs Energi AB



# Sammanfattning

Byggbranschen står för 33% av Sveriges årliga energianvändning. Genom att göra nödvändiga förändringar så som att renovera befintliga byggnader på ett miljösmart sätt kan energi- och miljöbesparingar göras med mer eller mindre enkla medel. I denna studie, som initierades av Trelleborgs Energi AB, undersöktes hur deras kontorsbyggnad kunde bli så innovativ, hållbar och energieffektiv som möjligt. Studien utfördes i samarbete med ett annat examensarbete där fokuset låg på byggnadens klimatskal medan denna del av studien fokuserade på byggnadens installationer.

De mest energieffektiva installationstekniska åtgärderna för byggnaden undersöktes och även de åtgärder som var mest gynnsamma ur miljösynpunkt kontrollerades. Därefter studerades även en kombination av de båda examensarbetena.

Byggnadens energianvändning, PPD och CO<sub>2</sub>-halt togs fram med hjälp av simuleringsprogrammet IDA-ICE. Programmet som användes för simulering av byggnadens solenergiproduktion var PVGIS. En livscykelanalys gjordes, med verktyget Renobuild, för att bedöma de olika renoveringsåtgärdernas miljöpåverkan. Slutligen användes Miljöbyggnad 3.1 för nybyggnad som ett stöd och för strukturens skull.

Slutsatsen visade att de bästa renoveringsåtgärderna ur energisynpunkt var att implementera en uppgradering av ett ventilationsaggregat, injustering av luftflöden, byte till LED-ljuskällor och införande av solskydd, detta i kombination med en solcellsanläggning. Ur livscykelanalys blev den bästa kombinationen ett utbyte av uppvärmningssystem och ventilationsaggregat samt installation av solceller.

Kombination av både installationer och klimatskal för renovering visade att byggnadens klimatskal är viktig för byggnadens värmebehov, medan en uppgradering och injustering av byggnadens ventilationssystem och installering av solskydd påverkar byggnadens termiska komfort. En installation av solceller täcker dessutom den största delen av elbehovet som byggnaden har under dagtid.

<b>Titel:</b>	Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad – med fokus på energieffektivitet, inomhusklimat och komfort.
<b>Författare:</b>	Alexandra Bernardo, Diana Kron
<b>Handledare:</b>	Petter Wallentén
<b>Examinator:</b>	Ulla Janson
<b>Nyckelord:</b>	Energieffektivitet, hållbarhet, installationer, LCA, Miljöbyggnad, renovering

## **Abstract**

The construction industry is responsible for 33% of Sweden's annual energy consumption. Important environmental and energy savings can be done by renovating already existing buildings with a climate smart mindset. This study was executed on behalf of Trelleborg Energi AB to investigate how their office building can become as innovative, sustainable and energy efficient as possible. The study was a collaboration with another examination paper with a focus on the building facade, while this study had a focus on installations. The buildings most energy effective and environmentally friendly measures due to installations were explored. Following with an investigation of the combination of both installations and the building facade. The following programs have been used; IDA-ICE for energy simulation, PVGIS for solar production, RenoBuild for LCA and Miljöbyggnad 3.1 as a support. The best renovating measures were to upgrade the ventilation system, air flow adjustment, changing to LED lights and adding external sun protection in combination with a solar system. The LCA said that a combination of an exchange of heating and ventilation system along with solar panels is the best environmental solution. A combination of renovating both the building's installations and facade were even better.

# Förord

Detta arbete avslutar vår utbildning till högskoleingenjörer vid Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, inriktning byggt teknik med arkitektur. Arbetet har utförts vid LTH och med undersökande kontorsbyggnad i Trelleborg.

Vi vill framför allt tacka vår fantastiska handledare Petter Wallentén, avdelningen för Byggnadsfysik vid LTH och vår examinator Ulla Janson, avdelningen för Installations- och klimatiseringslära vid LTH, för deras ovärderliga hjälp och kunskaper inom området.

Vi vill också tacka Micael Bergqvist på Trelleborgs Energi AB för hans engagemang och hjälp i olika frågor som vi haft och Malin Planander på Miljöbron för att hon förmedlade den första kontakten med Trelleborgs Energi AB.

Vi vill även rikta ett stort tack till Jasmine Svensson och Louise Piltz Vitanc för deras stöd och för ett fint samarbete.

Till slut skulle vi vilja tacka våra familjer för deras stöd genom denna process och ett speciellt tack riktar vi till Thomas Kron Södergren för att han har öppnat sitt hem för oss så vi har kunnat arbeta ostört.

*Lund maj 2021*

*Alexandra Bernardo och Diana Kron*

# Förkortningar

BBR	Boverkets byggregler
CAV	Konstantflödesystem (Constant Air Volume)
CCS	Carbon Capture Storage
FFU	Förfrågningsunderlag
FTX	Fläktstyrt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning.
OVK	Obligatorisk ventilationskontroll
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
LCA	Livscykelanalys
ILCD	The International Reference Life Cycle data system.
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied

# Begrepp

Fangers komfortindex

En modell som beräknar antalet missnöjda med inneklimatet genom en kombination av lufttemperatur, luftfuktighet, luft-hastighet, omgivande ytors temperatur, vid varierande klädsel och aktivitet.

Förgasning

En process där ett organiskt bränsle reagerar med syre eller vattenånga, och omvandlas till kolmonoxid och vätgas.

Termisk komfort

Faktorer som påverkar hur ett utrymme upplevs temperaturmässigt av människan; riktad operativ temperatur och golv-temperatur.

Reformering

Omvandling från en gas till en annan.

# Nomenklatur

$A_{temp}$	Den uppvärmda arean för våningsplan inom en byggnads klimatskärm. [ $m^2$ ]
CO <sub>2</sub> -halt	$10^{-6}$ m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> per m <sup>3</sup> luft. [ppm]
$E_{uppv}$	Energibehov för en byggnads uppvärmning. [Wh/år]
$EP_{pet}$	Primärenergital, [kWh/m <sup>2</sup> , $A_{temp}$ ]
$F_{geo}$	Boverkets geografiska justeringsfaktor. [-]
k	kilo ( $10^3$ ) [-]
Ljusflöde	Lumen. [lu]
Normalkubikmeter	Gasvolym i ett normaltillstånd vid 0°C och 1,01325 bar (normalkubikmeter). [Nm <sup>3</sup> ]
M	Mega ( $10^6$ ) [-]
Peakpower	En solpanels eller solcellsanläggnings topp effekt (kilowatt peak power). [kWp]
PPD-index	En metod för att ta fram antalet missnöjda personer avseende det termiska klimatet. [%]
$q_{medel}$	Specifikt uteluftsflöde [l/s, m <sup>2</sup> ]
$Q_{ov}$	Värmeförlustfaktor på grund av ofrivillig ventilation (läckage). [W/K]
$Q_t$	Värmeförlustfaktor på grund av transmission. [W/K]
$Q_v$	Värmeförlustfaktor på grund av ventilation. [W/K]
U-värde	Ett materials värmegenomgångskoefficient. [W/K, m <sup>2</sup> ]

# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract.....	ii
Förord.....	iii
Förkortningar.....	iv
Begrepp.....	v
Nomenklatur.....	vi
Innehållsförteckning.....	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Problemformulering.....	2
1.4 Metod.....	2
1.5 Avgränsningar.....	2
2 Teori och litteraturstudie.....	5
2.1 Hållbarhet.....	5
2.1.1 Ekologisk hållbarhet.....	5
2.1.2 Livscykelanalys.....	6
2.2 Renovering.....	6
2.2.1 Förändringar på systemnivå samt enklare åtgärder.....	6
2.2.2 Förvaltning och underhåll.....	7
2.2.3 Krav.....	7
2.3 Inneklimat.....	7
2.3.1 Mätning av inneklimat.....	8
2.3.2 Aktiv kyla.....	8
2.3.3 Solavskärmning.....	8
2.4 Energi.....	9
2.4.1 Energikällor.....	9
2.4.2 Energisystem.....	9
2.4.3 Energianvändning.....	11
2.5 Energieffektiviseringsåtgärder.....	12
2.5.1 Ventilation.....	12
2.5.2 Solceller.....	14
2.5.3 Vindkraftverk.....	17
2.5.4 Belysning.....	20
2.5.5 Energilagring.....	21
3 Beskrivning av Skyddsgatan 16.....	25
3.1 Platsbesök.....	26
3.2 60-tals byggnaden.....	27
3.2.1 Användning och utrymmen.....	27
3.2.2 Ventilationssystem.....	27
3.2.3 Uppvärmning.....	30
3.2.4 Takinformation.....	30
3.3 80-tals byggnaden.....	31
3.3.1 Användning och utrymmen.....	31
3.3.2 Ventilationssystem.....	31

3.3.3	Uppvärmning .....	33
3.3.4	Takinformation .....	33
3.4	Ställverket .....	34
3.4.1	Användning och utrymmen .....	34
3.4.2	Ventilationssystemet .....	34
3.4.3	Uppvärmning .....	34
3.4.4	Takinformation .....	34
3.5	Mellanbyggnaden.....	35
3.5.1	Användning och utrymmen .....	35
3.5.2	Ventilationssystem.....	35
3.5.3	Uppvärmning .....	35
3.5.4	Takinformation .....	35
4	Metod.....	37
4.1	Verktyg .....	37
4.1.1	IDA-ICE.....	37
4.1.2	Solenergisimulering.....	40
4.1.3	LCA .....	40
4.1.4	Miljöbyggnad 3.1.....	40
4.2	Genomförande .....	42
4.2.1	Kvalitetssäkring .....	43
4.2.2	Befintlig byggnad .....	43
4.2.3	Förbättringar installationer .....	44
4.2.4	Förbättringar installationer och klimatskal .....	49
4.2.5	Miljöbyggnad.....	50
5	Resultat & Analys.....	53
5.1	Kvalitetssäkring .....	53
5.1.1	Energibehov .....	53
5.2	Befintlig byggnad .....	53
5.2.1	Energibehov .....	53
5.2.2	PPD .....	54
5.2.3	CO <sub>2</sub> (ppm) .....	55
5.3	Förbättringar installationer .....	56
5.3.1	Energibehov .....	56
5.3.2	PPD .....	57
5.3.3	CO <sub>2</sub> (ppm).....	57
5.3.4	Solenergiproduktion.....	58
5.3.5	Livscykelanalys .....	60
5.4	Förbättring installationer och klimatskal .....	62
5.4.1	Utvalda installationstekniska förbättringar.....	62
5.4.2	Energibehov .....	63
5.4.3	PPD .....	64
5.4.4	CO <sub>2</sub> (ppm).....	66
5.5	Miljöbyggnad.....	67
5.5.1	Indikator 1 - Värmeeffektbehov .....	68
5.5.2	Indikator 3 - Energianvändning .....	68
5.5.3	Indikator 4 – Andel förnybar energi .....	69
5.5.4	Indikator 7 – Ventilation.....	69



5.5.5	Indikator 10 – Termiskt klimat sommar .....	70
6	Diskussion.....	73
6.1	Genomförande och resultat.....	73
6.2	Felkällor .....	75
6.3	Framtida studier .....	75
7	Slutsats .....	77
7.1	Denna del av studien.....	77
7.2	Den totala studien .....	77
	Referenser .....	79
	Bilagor .....	88



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Jordens klimatförändringar måste tas på allvar. Om utsläppen av växthusgaser fortsätter att stiga riskerar vi att nå en genomsnittlig global uppvärmning på över 2 grader. Genom att göra nödvändiga förändringar som att sänka energianvändningen, växla till förnybara energikällor och göra hållbara val kan vi skydda vår planet.

Energianvändningen i byggbranschen står för ca 33% av den totala energianvändningen i Sverige (Boverket, 2021). Den största delen av energianvändningen kommer från uppvärmning av lokaler och byggnader. Bygg- och fastighetssektorn står även för 21 % av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (Boverket, 2021). Genom att renovera befintliga byggnader med ett hållbarhetstänk kan energi- och miljöbesparingar göras med mer eller mindre enkla medel.

I EU renoveras årligen endast 11% av befintliga byggnader och endast 1% av dessa renoveras i energieffektiviserandesyfte (European commission, 2020). Den Europiska kommissionen har presenterat en renoveringsstrategi för de kommande 10 åren. Renoveringsplanen ska bidra till förbättrade sociala, ekonomiska och miljömässiga villkor samt en återhämtning från rådande Covid-19-pandemi genom att bidra till fler jobb i byggsektorn.

Nyckelprinciperna i renoveringsstrategin ska vara energieffektivisering, livscykel-perspektiv och cirkularitet, prisvärdhet, minskade koldioxidutsläpp, integrering av förnybara energikällor samt högre standard för hälsa och miljö (European commission, 2020). För att uppnå EU:s mål om klimatneutralitet år 2050 är det viktigt att höja andelen hållbara renoveringar.

I denna renoveringsstudie, som berör en kontorsbyggnads installationer, behandlas energieffektivisering, livscykel-perspektiv samt inomhuskomfort. Studien görs i samarbete med Jasmine Svensson och Louise Piltz Vitanc (2021), som behandlar samma ämne fast utifrån byggnadens klimatskal.

Detta examensarbete är initierat av Trelleborgs Energi AB i samarbete med Miljöbron. Då Trelleborgs kommun har en strävan efter att bli Sveriges mest klimatsmarta kommun, är det viktigt för Trelleborgs Energi AB att bidra för att uppnå detta. Detta ska ske genom energieffektivisering, digitalisering samt närproducerad miljövänlig energi.

Trelleborgs Energi AB vill följa Trelleborg kommuns riktning och vill därför utveckla sin kontorsbyggnad så innovativt och klimatsmart som möjligt för att föregå med gott exempel i kommunen. Dessutom vill de kunna använda byggnaden som en demonstrationsanläggning för att kunna inspirera andra företag och kommuner att följa deras exempel.

## 1.2 Syfte

Syftet med studien är att undersöka hur en befintlig byggnad kan förbättras genom renovering, ur ett miljömässigt hållbarhetsperspektiv. Detta för att studera om det finns möjlighet för befintliga byggnader att bli energieffektiva och i slutändan ha ett lågt klimatavtryck, samtidigt som inomhuskomforten bibehålls. Det ska undersökas genom att sänka energianvändningen så mycket som möjligt med hjälp av installationer och i största mån bli självförsörjande på energi. Studien kommer även att sträva efter att nå betyget guld i utvalda indikatorer i Miljöbyggnads certifiering för nybyggnationer.

## 1.3 Problemformulering

- Vilka installationstekniska renoveringsåtgärder är de mest energieffektiva för byggnaden?
- Vilka installationstekniska åtgärder är mest gynnsamma ur miljösynpunkt att kombinera för byggnaden?
- Är det försvarbart ur hållbarhetssynpunkt att kombinera en renovering av byggnaden, för både installationer och klimatskal?

## 1.4 Metod

Detta examensarbete har gjorts i samarbete med ett annat examensarbete (Svensson & Piltz Vitanc, 2021). Båda grupperna utgick ifrån Trelleborgs Energis befintliga byggnad på Skyddsgatan 16. Byggnaden har benämnts som Skyddsgatan 16 i denna studie.

Inledningsvis gjordes en enkätundersökning för att grupperna skulle ha en grund att stå på inför platsbesöket. Enkäten guidade grupperna till de delar av byggnaden som var mest problematiska.

En litteraturstudie gjordes för att befästa vilka innovationer som finns inom installationsteknik samt fokusera på vad som redan har gjorts via olika referensobjekt. Energisimuleringar gjordes i IDA-ICE för att jämföra den befintliga byggnaden med de olika förbättringarna. Därefter utsågs de bästa förbättringarna med hjälp av Renobuild för skolor, som är ett verktyg för LCA, livscykelanalys. Hänsyn togs dock endast till miljöpåverkan i urvalsprocessen. Dessutom har Miljöbyggnad 3.1 för nybyggnation med utvalda indikatorer använts som stöd och för strukturens skull. PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System, har använts för beräkning av byggnadens maximala solenergiproduktion.

## 1.5 Avgränsningar

Denna studies beräkningar och antagande gäller endast Skyddsgatan 16. Endast lagar och krav som gäller i Sverige kommer att beaktas. Ur hållbarhetsperspektiv kommer fokus vara på den miljömässiga aspekten och därmed kommer utförandet av LCA:n endast vara en miljömässig jämförelse. Även en liten del av den sociala aspekten, människors temperaturupplevelse av utrymmen i byggnaden, kommer att tas i beaktning.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

De nuvarande kanalsystemen för ventilationen i byggnaden kommer inte att bytas ut, utan antagande görs att dessa är i tillräcklig storlek för att klara luftflödena som behövs. Dessutom kommer ställverket och mellanbyggnaden inte att kopplas till ventilationen. Installationer av tappvarmvatten och uppvärmningssystem kommer att betraktas som 100% effektiva och har därmed inte undersökts i studien.

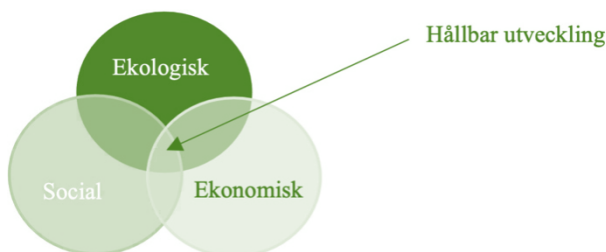


## 2 Teori och litteraturstudie

Följande kapitel ger en bakgrund till renovering och teknikerna bakom installationer i en byggnad. Förutsättningar så som lagar och regler som finns att förhålla sig till kommer att beröras och dessutom tas begreppet hållbarhet upp för att kunna skapa en förståelse för hur utformningen av installationer kan ske. Eftersom studien har ett miljöfokus kommer endast begreppet ekologisk hållbarhet förklaras mer ingående. Även de senaste innovationerna inom installationsområdet och olika referensobjekt kommer presenteras.

### 2.1 Hållbarhet

Ett sätt att beskriva begreppet hållbar utveckling är att dela upp det i tre dimensioner: ekologisk/miljömässigt, social och ekonomisk. Dimensionerna kan presenteras tillsammans i ett Venndiagram, som visas i figur 2.1. Detta för att tydligt visa att alla begrepp väger lika tungt och spelar lika stor roll för att hållbar utveckling ska uppnås (KTH, 2020).



Figur 2.1 Ett Venndiagram över begreppet hållbar utveckling, med de tre ingående dimensionerna. Figur av Diana Kron.

#### 2.1.1 Ekologisk hållbarhet

Begreppet ekologisk hållbarhet handlar om jordens ekosystem. Det innebär att produktionen av både tjänster och varor inte får göra ingrepp på jordens ekosystem och att uttagna resurser måste hinna återskapas av naturen (KTH, 2021).

Agenda 2030 antogs 2015 av världens ledare och innefattar 17 globala mål för hållbar utveckling. Målen fokuserar bland annat på att skydda vår planet och dess naturresurser genom att succesivt ställa om till ett mer hållbart samhälle (Regeringskansliet, 2018). Sveriges 16 miljö kvalitetsmål, som grundar sig på Agenda 2030, beskriver hur miljön i Sverige ska vara när miljöarbetet är utfört. Ett av målen, begränsad klimatpåverkan, fokuserar på utmaningen att begränsa mängden CO<sub>2</sub>-utsläpp samt utsläpp av andra växthusgaser till år 2045, då det inte ska finnas några nettoutsläpp överhuvudtaget (Sveriges Miljömål, 2021).

Det övergripande generationsmålet är ett vägledande mål för både politiken i Sverige och för alla olika nivåer i samhället (Sveriges Miljömål, 2021). Huvudfokus är att miljöproblemen ska vara lösta så att nästa generation inte ska stå inför dagens

utmaningar. De 16 miljö kvalitetsmålen tillsammans med generationsmålet är ett löfte till kommande generationer och därför behöver den nuvarande generationen minska sin miljöpåverkan (Sveriges Miljömål, 2021).

En livsstilsändring måste till om miljöpåverkan ska kunna minska. Det innebär många förändringar för att ändra de inrutade levnadssätt som den nuvarande generationen har. Den handlar om att ta till vara och spara på resurser genom effektivt resursutnyttjande och cirkulära kretslopp (Sveriges Miljömål, 2021).

### 2.1.2 Livscykelanalys

Livscykelanalys (LCA) är en metod för att analysera en produkts eller tjänsts cirkulära kretslopp och därigenom miljöpåverkan. Detta görs genom att studera hela livscykeln: råvaruutvinning, produktion, transporter, användning och avfallshantering. Fördelen är att det blir tydligt var i kedjan den största påverkan är (Naturvårdsverket, 2020).

## 2.2 Renovering

Renovering av en byggnad innebär en förändring i konstruktion, funktion, användningsätt eller utseende (Offentliga Fastigheter, 2014). Oftast handlar renovering om att optimera förutsättningarna för byggnaden, att göra den bättre på varierande sätt.

Det finns olika nivåer på åtgärder: förändringar på systemnivå, enklare åtgärder samt mindre ändringar så som att hålla rutiner och ändra människors beteende (Claesson, 2017). Förändringar på systemnivå går ut på att byta ut system och blir därför en form av renovering.

### 2.2.1 Förändringar på systemnivå samt enklare åtgärder

Alla byggnader har olika förutsättningar och därför finns det inte ett sätt att renovera på som fungerar lika optimalt för alla (Offentliga Fastigheter, 2014).

Däremot finns det en del olika tillvägagångssätt för att energieffektivisera en byggnad och ur installationssynpunkt listas några nedan:

- Värmeåtervinning i ventilationssystem
- Driftoptimering
- Energieffektiva ljuskällor och behovsstyrd belysning
- Fläktar som är eleffektiva
- Solavskärmning – minska behovet av komfortkyla
- Producera solenergi
- Energieffektiv komfortkyla

Dessutom kan följande åtgärder inom klimatskalet minska energianvändningen ytterligare:

- Tilläggsisolera fasad
- Tilläggsisolera vind/bjälklag
- Utbyte av fönster
- Åtgärda otätheter i byggnadens klimatskal (Offentliga Fastigheter, 2014).



En byggnads lufttäthet ses som ofrivillig ventilation och anges med  $l/s, m^2$  vid 50 Pa tryckskillnad mellan ute och inne. En byggnads läckage kan vara allt från  $0,2 l/s, m^2$  till ca  $2,0 l/s, m^2$  (Persson, 2012), där  $0,2 l/s, m^2$  anses representera ett ambitiöst lufttäthetstal (ByggaL, 2017) och  $2,0 l/s, m^2$  motsvarar en dåligt tätad byggnad från 70/80-talet (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2007). Kravet för lufttäthet för passivhus ligger på  $0,3 l/s, m^2$  (Feby, 2009).

En studie av Paramonova & Thollander (2016) har jämfört 454 företags energibesparingspotential för olika delprocesser. Den visar att besparingsmöjligheterna är som störst i stödprocesserna, som inkluderar bland annat ventilation, belysning, uppvärmning och aktiv kyla. Paramonova & Thollander (2016) menar att besparingspotentialen för ventilationssystem kan vara så hög som 26% och att byte av belysning kan ge 8% i besparingar. Dessutom kan uppvärmning ha en besparingspotential upp till 24% och aktiv kyla kan spara 2% av en byggnads energianvändning.

### 2.2.2 Förvaltning och underhåll

Åtgärder som handlar om rutiner och beteende är oftast ganska lätta att genomföra och brukar inte utbringa en stor kostnad. Offentliga fastigheter (2014) menar att det absolut mest lönsamma åtgärderna handlar om att förvalta och underhålla byggnaden på rätt sätt. Minskningen i energibehov kan bli så stor som 20–25% om förvaltningen och underhållet utförs. Det inkluderar att driftoptimera, injustera befintliga system och att följa drift- och underhållsrutiner som finns för de olika systemen (Offentliga Fastigheter, 2014).

### 2.2.3 Krav

Det finns krav och lagar att förhålla sig till vid nybyggnation.

Enligt Boverket (2020) är kravet på primärenergitalet för lokaler  $70 kWh/m^2 A_{temp}$  och år. Ett tillägg kan dock få göras om uteluftsflödet i utrymmen med temperaturreglering är större än  $0,35 l/s, m^2$ . Tillägget innebär  $40 \cdot (q_{medel} - 0,35)$ , där  $q_{medel}$  är det specifika uteluftsflödet, dock får högsta tillgodoräkandet vara  $1,0 l/s, m^2$  (BBR, 2020).

Enligt BBR kan energi som produceras från sol- och vindkraft användas till byggnadens uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel och därmed räknas bort från byggnadens energianvändning. Däremot behöver den genererade solelen användas i samma stund som den produceras för att kunna tillgodoräknas i byggnadens energi-användning om inte byggnaden har möjlighet att lagra energi (Tarnawski & Winkler, 2017).

## 2.3 Inneklimat

För att människor ska trivas och må bra krävs det att klimatet inomhus är både komfortabelt och anpassat till verksamheten som råder i byggnaden. VVS-installationernas främsta uppgift är att se till att detta sker så effektivt som möjligt. De ska dessutom se till att klimatet inomhus ej varierar för mycket över året, utan målet är att hålla så jämt klimat som möjligt inomhus även vid väderskiftningar utomhus. (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

### 2.3.1 Mätning av inneklimat

Bedömning av inneklimat kan vara svårt eftersom det beror på olika parametrar och på olika individers upplevelser. Två sätt att mäta inneklimatet på är att bedöma antalet missnöjda med det termiska klimatet och att mäta luftkvaliteten med hjälp av luftens innehåll.

#### PPD

En metod som används för bedömning av termiskt klimat är PPD-index. Den finns beskriven i den internationella standarden SS-EN ISO 7730. PPD beskriver en människas upplevelse av en byggnad eller i ett rum, genom att ange antalet förväntat missnöjda personer, i procentform (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

En annan metod är att använda sig av Fangers komfortindex. Denna beräknar också antalet missnöjda med inneklimatet men tar hänsyn till fler parametrar än PPD-index. Dessa parametrar är: lufttemperatur, luftfuktighet, lufthastighet och omgivande ytors temperatur vid varierande klädsel och aktivitet (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

#### CO<sub>2</sub>-mätning

Koldioxidhalten i ett rum används som ett mått på luftkvalité. Främst för att koldioxid är lätt att mäta och för att den ökar i samma takt som andra människorelaterade föroreningar. Koldioxidhalten mäts i ppm. Uteluft innehåller ca 400 ppm koldioxid och då är en människas utandningsluft betydligt mer koncentrerad med 40 000 ppm. Vid 1000 ppm anses luftkvaliteten vara dålig. En påtaglig försämring i prestationsförmågan sker vid 10 000 ppm koldioxid och hälsoeffekter så som huvudvärk och ökad andningsfrekvens, fås vid koncentrationen 20 000 ppm (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

### 2.3.2 Aktiv kyla

För att det inte ska bli övertemperatur i ett kontor krävs det aktiv kyla (Lane, u.å.). Detta beror på varma utomhustemperaturer och gratisvärme som produceras då många människor och mycket utrustning delar samma yta. Att använda aktiv kyla är en process som kräver energi och därför är det extra viktigt att inte byggnaden kyls och värms samtidigt (Lane, u.å.).

### 2.3.3 Solavskärmning

För att minska behovet av aktiv kyla samt att sänka en byggnads PPD under sommarmånaderna kan solavskärmning nyttjas (Lane, u.å.). Under sommarmånaderna brukar PPD vara som högst eftersom solstrålningen är som störst då. Viktigt är att ta hänsyn till hur solstrålningen påverkar inneklimatet.

Invändigt solskydd, mellanliggande solskydd och utvändigt solskydd är de olika typer som finns. Den effektivaste solavskärmningen görs med ett utvändigt solskydd, och det finns då både rörliga och fasta avskärmningar (Lane, u.å.).

Graden av utvändiga solskydd beror på fönsternas position (Wallentén, 2020). Fönster som vetter norrut behöver oftast inget solskydd. Fönster placerade mot söder är lättast att skydda, eftersom solen står som högst i söderläge. Höga infallsvinklar skyddas lätt

med horisontella solskydd. Fönster placerade i västlig och östlig riktning är mer besvärliga att skydda, då solen står lägre i dessa riktningar och ger därmed en lägre infallsvinkel. Det krävs solskydd som är parallella med fönsterna för att stänga ute solens strålar. Fönster i västlig riktning är extra besvärliga att skydda från solinstrålning, då byggnaden dessutom har ackumulerat värme under hela dagen när eftermiddagssolen träffar fönsterna (Wallentén, 2020).

## 2.4 Energi

Att öka den förnybara energin och effektivisera energianvändningen med en så liten påverkan på miljön som möjligt, är en del av generationsmålet (Sveriges Miljömål, 2021). En hållbar lösning måste till för att bli fria från de fossila bränslena. Förnybar energi förorenar ej och skadar inte miljön och bidrar med andra ord inte till den globala uppvärmningen (WWF, u.å.).

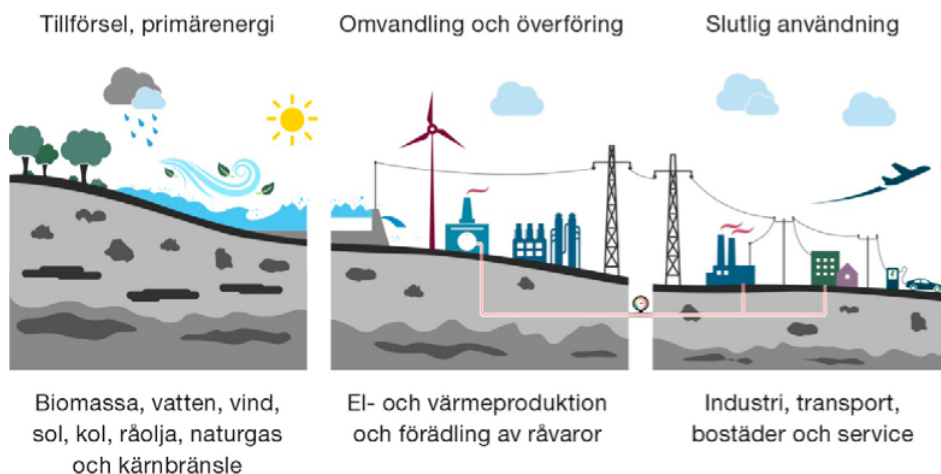
### 2.4.1 Energikällor

En energikälla är en naturtillgång eller ett naturfenomen som kan omvandlas till användbara energiformer, som el och värme. Energikällor delas upp i lagrade och flödande energikällor (Nationalencyklopedin AB, u.å.).

De lagrade energikällorna finns i begränsade tillgångar och nybildas mycket långsamt. Under denna kategori finns de fossila bränslena, naturgas, råolja, stenkol och torv, medan de flödande eller förnybara energikällorna kommer från solen (Nationalencyklopedin AB, u.å.). Från solen fås i första hand solenergi. Solens strålar påverkar och driver vattnets kretslopp, därmed fås vattenenergi. Solen sätter även fart på luft och på så sätt bildas moln och vind. Vind påverkar i sin tur havet genom att bilda vågor. Därigenom fås både vind- och vågenergi (Naturskyddsföreningen, 2018). Även biomassa, exempelvis ved, och jordvärme tillhör de flödande energikällorna (Nationalencyklopedin AB, u.å.).

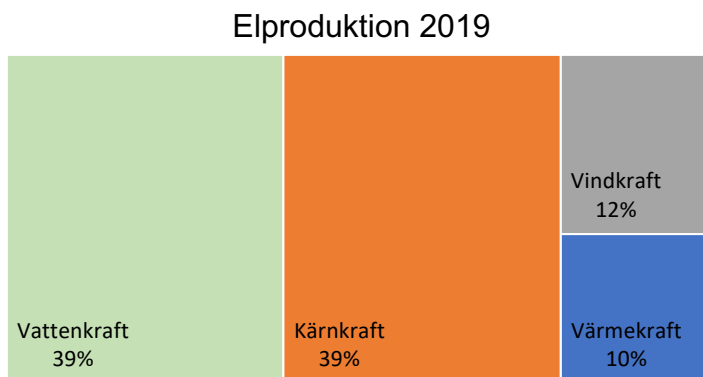
### 2.4.2 Energisystem

Ett energisystem transporterar energi från en energikälla till slutlig nyttjande av energin, se figur 2.2. Transporten i systemet görs via energibärare (Svensk Energi, u.å.). En energibärare är ett ämne eller en fysikalisk process som används för att antingen transportera eller lagra energi (Nationalencyklopedin AB, u.å.).



Figur 2.2 Övergripande illustration av ett energisystems förlopp (Energimyndigheten, 2020).

Sveriges energisystem består av inhemska energibärare, som vatten, vind, sol och biomassa. En del av systemet är också grundat på import av kärnbränsle för elproduktion i kärnkraft, biodrivmedel och fossila drivmedel som olja och naturgas (Energimyndigheten, 2020). Figur 2.3 visar fördelningen av den svenska elproduktionen 2019.



Figur 2.3 Fördelning av Sveriges elproduktion 2019. Notering, solkraftproduktionen (gult block) ligger på 0,4% (Statistiska centralbyrån, 2021).

I Sverige finns det fyra stora energisystem som interagerar med varandra: elsystemet, fjärrvärme, oljehantering och naturgas (Svensk Energi, u.å.).

### Elsystem

Ett elsystems energibärare är elektricitet. Energin transporteras via stamnät, regionala elnät och lokala elnät. Alla typer av energikällor kan omvandlas till elektricitet, detta

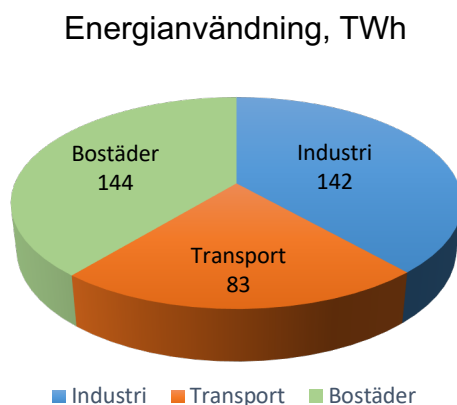
görs främst i vattenkraftverk, kärnkraftverk, vindkraftverk eller kraftvärmeverk som eldas med biobränsle, avfall eller olja (Svensk Energi, u.å.). Den svenska elproduktionen består av till störst del vattenkraft och kärnkraft. Även vindkraft och användningen av biobränsle för elproduktion är på stadig uppgång (Energimyndigheten, 2020).

### Fjärrvärme

Energibäraren i ett fjärrvärmesystem är varmt vatten, som transporterar energi för uppvärmning av hus och lokaler (Svensk Energi, u.å.). Energin fås i sin tur vid eldning av biobränslen, så som växter och slam från reningsverk och slaktavfall (WWF Världsnaturfonden, 2019). Hushållsavfall eller olja kan också användas som bränsle i fjärrvärmeverk. Fjärrvärmerna utnyttjar dessutom spillvärme, det vill säga överskottsenergi från industrier (Svensk Energi, u.å.), och avfallshantering, som uppgår till över 20% (Svensk Innemiljö, 2009).

### 2.4.3 Energianvändning

De stora energianvändarna i Sverige är industrin, byggnader och transporter och figur 2.4 visar fördelningen mellan de tre sektorerna som sammanlagt använde 369 TWh energi 2019. Bostads- och servicesektorn använder främst energiformerna fjärrvärme och el och dessa är starkt beroende av utomhustemperaturen då större delen av energin går till uppvärmning. (Energimyndigheten, 2020).



*Figur 2.4 Energianvändning för de tre största sektorerna i Sverige under 2019, i TWh (Energimyndigheten, 2019a).*

Energianvändningen i en byggnad består av den energi som krävs för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten, byggnadens fastighetsel samt hushållsel. Hushållselen är den el, utöver fastighetselen, som används i byggnaden, exempelvis vitvaror, belysning och elektronik. Då denna beror på användaren är den därmed svår att påverka (BBR, 2011:6).

## **Total tillförd energi**

Den totala tillförda energin i Sverige, det vill säga ovan sektorers energianvändning inklusive förluster och annan användning, har sedan 1980-talet legat på en jämn nivå: mellan 550 och 600 TWh. År 2018 uppgick den totala energitillförseln till 552 TWh och energianvändningen till 369 TWh. Det innebär att 172 TWh utgick som förluster det året (Energimyndigheten, 2019a).

Sedan 1980-talet har tillförseln av biobränslen ökat och under 2010-talet har också vind- och solkraften ökat. Dock utgör solkraften fortfarande en väldigt liten del av den totala tillförda energin. Detta syns i figur 2.3, fördelning av Sveriges elproduktion 2019 (Energimyndigheten, 2020). Vindkraften låg på 17 TWh 2018. Vattenkraften som är en stabil kraftkälla har producerat el i samma takt sedan 1980-talet. Den är starkt beroende av vattentillgångarna från år till år och under 2018 var vattenenergitillförseln 62 TWh (Energimyndigheten, 2020).

## **2.5 Energieffektiviseringsåtgärder**

Energieffektivitet är sambandet mellan nyttan av prestanda och insatsen av energi. Ofta nämns energibesparing i energieffektiviseringssammanhang. Med det menas den faktiska minskningen av använd energi, det vill säga den energi som sparas på grund av en genomförd åtgärd. (Energimyndigheten).

För att en befintlig byggnad ska bli så energieffektiv som möjlig kan olika åtgärder göras, där ett urval förklaras nedan.

### **2.5.1 Ventilation**

Alla byggnader kräver någon form av ventilation för att tillföra frisk luft och föra bort förorenad luft. Ventilationen ser även till att föroreningar inte sprids i byggnader och kan även hjälpa till att kyla eller värma en byggnad. Det är viktigt för att människors hälsa inte ska påverkas negativt (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

#### **Olika typer av system**

##### *F-system*

Frånluftssystem innebär att en frånluftsfläkt suger ut frånluften i byggnaden och uteluft förs in, via uteluftsventiler i fasaden eller i fönster, på grund av undertrycket i byggnaden som fläkten skapat (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

##### *FVP-system*

Frånluftssystem som kombineras med en värmepump. Värme i frånluften kan tas tillvara på genom att användas i värmesystemet eller för tappvarmvattenberedning (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

### *FT-system*

Från- och tilluftssystem, som ibland kallas balanserad ventilation, där luften i byggnaden drivs med hjälp av två fläktar, en för tilluften och en för frånluften (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

### *FTX-system*

Samma princip som FT-system men systemet har dessutom värmeåtervinning. Luften kan filtreras, värmas och i förekommande fall kylas via FTX-aggregatet (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

FTX-systemet kräver betydligt mer el för fläktarna, än ett F-system. Detta beror på att en tryckhöjning måste ske för att ventilationsluften ska kunna passera aggregatdelarna men också eftersom FTX-systemet har två fläktar som drar el. Fördelen med ett FTX-system är att tilluften med hjälp av den varma frånluften kan värmas upp via en värmeåtervinnare. Därigenom kan energibehovet av att värma tilluften minskas med upp till 80% (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Warfvinge och Dahlblom (2010) skriver att det absolut viktigaste för en värmeåtervinnare är vilken temperaturverkningsgrad som den har. Det finns olika typer av värmeåtervinnare i FTX-system och till de vanligaste hör roterande värmeväxlare, plattvärmeväxlare och vätskekopplade batterier.

### **Temperaturverkningsgrad**

Temperaturverkningsgraden är förmågan hos en värmeåtervinnare att överföra värme. Den beror dels på storleken på återvinnaren, dels på värmeövergångstalen på båda sidor om den värmeöverförande ytan (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Följande olika modeller på värmeväxlare finns:

- Roterande värmeväxlare har en ungefärlig temperaturverkningsgrad på ca 80–85%.
- Plattvärmeväxlare har en ungefärlig temperaturverkningsgrad på 50–60%.
- Vätskekopplade batterier har en ungefärlig temperaturverkningsgrad på ca 50%.

En förstudie av Vasakronans fastighetsbestånd har undersökts ur installationssynpunkt. Lars Ekberg, docent i installationsteknik, och hans kollega Peter Filipsson har kommit fram till att en ökning med endast en procent i verkningsgrad skulle motsvara en värmebesparing på 500 MWh för hela Vasakronans fastighetsbestånd under ett år (Fredriksson, 2019).

### **Ventilationsflöden**

Det finns en del olika regelverk som fokuserar på ventilationsflöden vid utformningen av ventilationssystemet. Nedan beskrivs några olika myndigheters krav.

### *BBR*

I BBR beskrivs det att det lägsta uteluftsflödet i lokaler bör vara 0,35 l/s och m<sup>2</sup> golvarea. Dessutom ska en kontinuerlig luftväxling i rum som används ske.

Ett annat krav som Boverket beskriver är att kontorsbyggnader med FT- och FTX-system ska göra en OVK vart tredje år (BBR, 2012).

### *Arbetsmiljöverket*

Arbetsmiljöverket nämner att för arbetsplatser i byggnader gäller det att luftflödet är minst 7 l/s och person samtidigt som ett tillägg på 0,35 l/s och m<sup>2</sup> golvarea bör göras. Luftomsättning ska starta minst en timme innan och vara minst en timme efter arbetsdagen för att föra bort föroreningar (Arbetsmiljöverket, 2021).

### *Folkhälsomyndigheten*

Folkhälsomyndigheten råder att skillnaden i RF mellan ute och inne inte får vara mer än 3 g/m<sup>3</sup> och detta under vinterförhållanden. De skriver dessutom att i skolor och lokaler för barnomsorg ska luftflödet vara minst 7 l/s och person plus tillägget på 0,35 l/s och m<sup>2</sup> golvarea.

## **Ventilationssystem**

Att behovsstyra ventilationssystem är en åtgärd som är energibesparande. Detta då ventilationen används på ett mer effektivt sätt (Jacobsson, 2018).

### CAV-system

CAV står för Constant Air Volume eller konstantflödessystem. Systemets till- och frånluftsflöden är konstanta under drifttiden (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

### VAV-system

VAV står för Variable Air Volume eller variabelflödessystem. Det är ett enklare behovsstyrt ventilationssystem och det innebär att luftflödet kan variera och anpassas under drifttiden (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Systemet styrs av någon av följande parametrar: rumstemperatur, personnärvaro eller koldioxidhalt. Jacobsson (2018) menar att jämfört med CAV kan flödet sänkas med upp till 72%.

### DCV-system

DCV står för Demand Controlled Ventilation eller behovsstyrt system. Till skillnad från VAV-system är DCV mer avancerat och har fördelen att både luftflödet och temperaturen kan styras (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Styrningen sker antingen manuellt eller automatiskt med utgångspunkt av behov och personnärvaro, och många gånger finns det givare för både koldioxid och temperatur. Här betonar Jacobsson (2018) att jämfört med CAV kan flödet sänkas med så mycket som 84%.

## **2.5.2 Solceller**

Att utnyttja solen är inget nytt, människor har i alla tider dragit nytta av solen och dess energi (Andrén, 2007). Solcellsutvecklingen är i tiden och det finns och forskas på en del olika tekniker.

Solceller använder solstrålningen och omvandlar den till elektrisk energi i form av likström. Växelriktare används för att kunna koppla in solcellsanläggningen på elnätet då den omvandlar likströmmen till växelström (Energimyndigheten, 2018a).



En kommersiell solpanel har ofta en area runt  $1,7 \text{ m}^2$  och tillsammans med effekten på 280–300 W ger det en effekt runt  $200 \text{ W/m}^2$ . Per år i Sverige blir produktionen omkring 200 kWh (Bergmark, 2021). De vanligaste på marknaden idag är kiselceller.

### Kiselceller

Kiselceller finns i två olika varianter, polykristallina och monokristallina. Båda baseras på kristallint kisel, ett grundämne som kallas för halvledare. Själva solcellsmodulerna består av sammankopplade kiselceller och är de absolut vanligaste på marknaden runt om i världen (Kovacs, 2019).

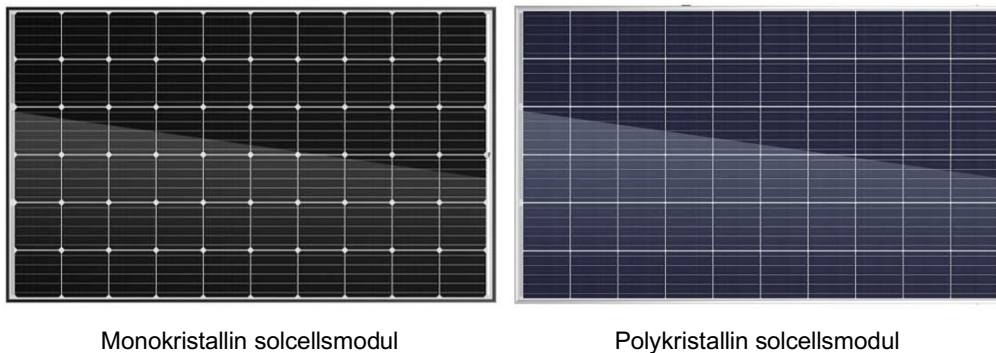
#### *Polykristallina solceller*

De polykristallina solcellerna är rektangulära i formen och skiftar ofta i en blåaktig nyans. De består av flera korn av kristallint kisel och verkningsgraden är ca 15–17% (Energimyndigheten, 2019b).

#### *Monokristallina solceller*

Monokristallina solceller är inte helt rektangulära i formen utan har rundade kanter och är oftast svarta. De består av ett stycke kristallint kisel och har därför också något högre verkningsgrad på ca 15–22 % (Energimyndigheten, 2019b).

För att tydligare visa skillnaden mellan monokristallina och polykristallina solceller, visar figur 2.5 två moduler med de olika solcellerna.



Figur 2.5 Skillnaden mellan monokristallina och polykristallina solceller (Solcellsofferter, 2021).

### Tunnsolceller

En annan variant av solceller är tunnsolceller. Fördelen med dessa är att materialåtgången är låg eftersom de fångar upp solinstrålningen på ett effektivare sätt och kan därför göras tunnare (Kovacs, 2019). En annan fördel är också att de är lite mer flexibla, de kan göras böjbara och kan därför kan anpassas mer än kiselceller (Energimyndigheten, 2019b). Den främsta användningen är när utseendet spelar stor roll. Nackdelar med denna typ av solceller är att de inte är lika tillgängliga och att verkningsgraden endast är ca 10–16% (Energimyndigheten, 2019b).

## **Solceller under utveckling**

Det forskas intensivt på solceller. Detta för att kunna framställa solceller till ett lägre pris än både kisel- och tunnfilms-solceller (Kovacs, 2019). Solceller under utveckling just nu är bland annat kvantprick-solceller, organiska solceller, DSC – Dye Sensitized Cells och perovskitsolceller (Kovacs, 2019).

### *Perovskitsolceller*

En solcell som på senare år har gjort stora framsteg, speciellt med fokus på verkningsgraden, är perovskitsolceller. Uppbyggnaden har sitt ursprung i en mineral som är uppkallad efter mineralogen Perovskit och idag kan olika föreningar framställas med samma struktur (DS New Energy, 2019). De har gått från en verkningsgrad i labbmiljö, det vill säga små celler, från 3,9% till 25,2%. Denna förändring har skett under tio år, 2009–2019 (Kovacs, 2019). Problemet är att dessa solceller i dagsläget inte har speciellt lång livstid och därför behöver en fortsatt utveckling ske för att klara en livstid på 5–10 år (The Institution of Engineering and Technology, 2019).

### *Tandemsolceller*

Tandemsolceller är en kombination av två olika solceller och kombinationen sker genom att använda olika lager. Detta görs för att öka verkningsgraden (Kovacs, 2019). I labbmiljö registrerades 2018 en verkningsgrad på en kombinerad solcell på 28%, tandemsolcellen bestod av perovskit och kisel (Oxford PV, 2018).

## **Livslängd och underhåll**

Oftast finns det en effektgaranti på kisel-solceller på 25 år (Solar Region Skåne, 2015). Effektutbytet ska då vara minst 80% under den tiden. Kovacs betonar att vårt nordiska klimat är en fördel när det kommer till åldrande av solceller. Detta på grund av att hög solinstrålning och hög temperatur är två faktorer som gör att en solcellsmodul åldras. Kovacs menar därför att solceller i Sverige kan ha längre livstid än 30 år.

Den stora fördelen med solceller är att det inte finns några rörliga delar, utan att konstruktionen är enkel och därigenom blir det en driftsäker installation (Solar Region Skåne, 2015).

Själva underhållet är dessutom också enkelt då anläggningen inte har rörliga delar. Om solcellerna monteras i vinkel mot horisontalplanet sköter väder och vind det mesta av rengöringen (Solar Region Skåne, 2015). Om de däremot monteras på ett platt tak med låg lutning, kan rengöring behöva göras, i så fall med hjälp av en mjuk borste.

## **Klimatpåverkan**

En stor fördel med installation av solceller är att när installationen är genomförd och producerar el, sker inte något utsläpp av koldioxid (Lindahl, 2018). Den största delen av klimatavtrycket sker under tillverkning av solcellerna, då det går åt el för produktionen. Den största delen av produktionen sker i Kina och därför måste hänsyn tas till att elen där till stor del kommer från kolkraft (Lindahl, 2018).

Att få fram en exakt siffra på hur mycket utsläpp av gram CO<sub>2</sub>/kWh livscykeln av solkraft ger är svårt. Louwen, van Sark, Faaij & Schropp har fastställt att utsläppen, beräknat på en solinstrålning på 1700kWh/m<sup>2</sup> och år, är omkring 20 g CO<sub>2</sub>/kWh för polykristallina solceller och omkring 25 g CO<sub>2</sub>/kWh för monokristallina. Lindahl, Dalenbäck & Löwenhielm har beräknat om utsläppen till att gälla för Sverige (solinstrålning på ca 1150–1200 kWh/m<sup>2</sup> och år) och resultatet blir då 28 g CO<sub>2</sub>/kWh för polykristallina solceller och 35 g CO<sub>2</sub>/kWh för monokristallina. Vattenfall menar också att solkraften avger 28 g CO<sub>2</sub>/kWh under sin livscykel.

När Lindahl, Dalenbäck & Löwenhielm dessutom tar hänsyn till att en stor del av produktionen av solceller sker i länder som har en renare el-mix än Kina och att det vid tillverkningen använts en del solkraft hävdar de att värdet kan vara så lågt som 20–25 g CO<sub>2</sub>/kWh.

En annan viktig aspekt är hur effektivt solcellerna används. Kovac betonar att om solcellerna placeras optimalt blir återbetalningstiden runt 1,5–2 år.

### **Placering och förutsättningar**

De optimala placeringarna av solceller är åt syd, sydost eller sydväst med en lutning på 30–50 grader, för att producera så mycket el som möjligt under ett år (Energimyndigheten, 2019c). En fördel med att placera solceller i lite högre lutning är att produktionen under vår och höst kommer att öka. Däremot hävdar Energi-myndigheten (2019) att en liten skillnad i lutning inte påverkar produktionen i speciellt stor utsträckning, 10 graders skillnad ger endast en minskning av årsproduktionen på 1–2%.

En annan förutsättning att tänka på är att skuggning kan dra ner produktionen av el. Detta gäller även för delvis skuggning. Förklaringen är att om en solcell skuggas påverkar det hela solcellsmodulen eftersom solcellerna i den är seriekopplade (Energimyndigheten, 2019c).

### **2.5.3 Vindkraftverk**

Vind är en gratis flödande förnybar energikälla som i allra högsta grad är tekniskt tillgänglig. Med rätt placering och smart konstruktion kan vindkraften komma att vara ett betydelsefullt komplement till Sveriges elproduktion i framtiden (Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, 2002). Sverige har goda förutsättningar då elproduktionen genererad via vatten- och vindkraft kan växelverka. Vatten kan till exempel lagras i magasin då vinden är gynnsam och släppas på för att öka elproduktionen när vinden mojar (Svensk vindenergi, 2020).

Idag går det genom teknisk utveckling att konstruera gedigna, enkla och driftsäkra vindkraftverk och dessa kan placeras både på land och ute till havs. Det finns två olika sorters vindkraftverk: med vertikal eller horisontell axel. Den stora skillnaden på dem är dess ljudnivå. Vindkraftverken på vertikala axlar är mer tystgående än de med horisontella axlar. Det finns även vindblommor som kan placeras på byggnader och på

marken (Windforce, 2011). Figur 2.6 visar de tre olika alternativen för småskalig vindproduktion.



Figur 2.6 Småskaliga vindkraftverk: horisontell axlat, vindblomma och vertikal axlat vindkraftverk (Windforce, 2011).

Det finns småskaliga vindkraftverk som är bygglovspliktiga och icke bygglovspliktiga. Det är storleken på vindkraftverket som styr. Tabell 2.1 beskriver två olika vindkraftverk som finns att tillgå på marknaden idag (Windon, u.å.).

Tabell 2.1 Storlek och årlig produktion av två olika vindkraftverk som finns på marknaden idag (Windon, u.å.).

	2kW vindkraftverk Icke bygglovspliktigt	30kW vindkraftverk bygglovspliktigt
Höjd	9 alt. 12 m	18,24 alt. 30 m
Vingspann	3 m	12 m
Årlig elproduktion	2 – 8000 kWh/år	35 – 74 000 kWh/år

## Utmaningar

Vindkraften medför inte några farliga utsläpp vid elproduktion. Däremot kan vindkraftverk ha direkt eller indirekt påverkan på djur- och växtliv. Detta bör minimeras vid uppförande och människors ståndpunkter bör också tas i beaktning (Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, 2002).

Det krävs mer än gynnsamma platser med god vind för att utveckla utbyggnaden av vindkraften. En tillförlitlig nätinфраstruktur är också en viktig faktor. Dagens elproduktion blir alltmer förnybar och väderberoende samtidigt som elektrifieringen av samhället ökar. Detta medför att elnätet blir mer och mer påfrestat och behöver moderniseras (Ellevio, 2016). Det eftersatta nätet bidrar till att det är svårt att få kännedom om anslutning till nätet är möjligt i ett område. Detta då det finns en viss osäkerhet i vilka ledningar som det finns tillstånd för att använda. Vilket tenderar till att tillståndsprocessen blir dyr och utdragen (Svensk vindenergi, 2020).

Vid uppförande av stora vindkraftsparker, sker anslutningen direkt eller indirekt mot stamnätet. Anslutningsprocessen mot stamnätet kan ta upp till två år och då fås endast ett förhandsbesked om möjlighet till anslutning (Svensk vindenergi, 2020).

Själva tillståndsprocessen är en utmaning för vindkraften. För ca ett år sedan fastställde Jan Darpö att 75% av alla vindkraftsansökningar godkändes under åren 2014 till och med 2018. Men efter en granskning av Jan Darpös rapport på uppdrag av svensk vindkraft, visar det sig att endast 41% godkändes (Westander, 2021). Enligt svensk vindenergi måste tillståndsprocessen beakta vindkraftens klimatnytta i större utsträckning. Detta genom att justera regleringarna i miljöbalken så att vindkraftens klimatnytta får större tyngd när den jämförs mot andra intressen (Svensk vindenergi, 2021).

### **Framtid**

Vindkraftverk som etablerats innan 2015 kommer att nå sin tekniska livslängd år 2040. Genom en så kallad repowering finns det potential att öka dagens produktion markant. Detta genom att byta ut de gamla verken mot nya mer moderna och effektiva verk (Svensk vindenergi, 2020).

Sedan några år tillbaka pågår en modernisering av vindparken Näsudden på Gotland. Idag planeras det att byta ut 19 äldre verk mot 8 nya. De nya vindkraftverken beräknas producera fyra gånger så mycket energi än föregångarna. Den totala moderniseringen av vindparken och dess samlade produktion kommer att täcka en tredjedel av Gotlands energibehov (Vattenfall, 2021).

Det utvecklas bättre och mer effektiva vindkraftverk hela tiden. Med mer effektiva menas att de levererar mer energi även vid låga vindhastigheter. I framtiden kommer förhoppningsvis utbyggnaden av den havsbaserade vindkraften att utökas. Utbyggnaden måste först ges politiska förutsättningar för att komma igång. Det förutspås att den havsbaserade vindkraften kommer ha en positiv inverkan på elproduktionen på grund av dess storskalighet och jämna produktion (Svensk vindenergi, 2020).

### **Klimatpåverkan**

Vindkraften har låg klimatpåverkan jämfört med andra energikällor ur ett livscykelperspektiv (Svensk vindenergi, 2020). Dagens moderna vindkraftverk lämnar endast ett hälften så stort klimatavtryck på miljön, från råvaruutvinning till demontering, jämfört med äldre verk. Detta visar en studie från vattenfall (Vattenfall, 2021). Anledningen till detta beror på förbättrade tillverkningsprocesser och användningen av lättare metaller som ger lägre utsläpp från transporter. Verken turbiner har dessutom blivit större och mer effektiva och genererar därmed mer el under hela verkets livslängd (Svensk vindenergi, 2020). Den generella siffran för vindkraftverks CO<sub>2</sub>-utsläpp visar 11 g CO<sub>2</sub>/kWh (Axelsson, 2018). Enligt moderna livscykelanalyser kan nya vindkraftverk krypa ner till 6 g CO<sub>2</sub>/kWh (Svensk vindenergi, 2020).

Henrysson och Westander har kommit fram till att svensk vindkraft kan minska klimatutsläppen med 50% redan 2020, om den tillåts. Som beskrivet i deras rapport

kommer det krävas en del politiska åtgärder för att det ska bli verklighet. Andra åtgärder är exempelvis att inkludera vindkraften i klimatmålen för exporten och framtagning av utbyggnadsmål (Henrysson & Westander, 2019)

Genom att uppgradera gamla vindkraftverk kan miljöpåverkan minskas. Jämfört med att etablera en helt ny vindkraftspark (Svensk vindenergi, 2020).

### 2.5.4 Belysning

Det finns stor potential till att få ner energianvändningen i en byggnad genom att se över belysningen. Belysningen i Sverige motsvarar en energianvändning runt 11 TWh årligen, detta är 10% av den totala förbrukningen i Sverige (Upphandlingsmyndigheten, u.å.).

#### Olika typer av ljuskällor

Glöd- och halogenlampor har fasats ut inom EU sedan år 2009 och sist ut att totalförbjudas från marknaden var halogenlampor år 2018 (Energimyndigheten, 2018b). Orsaken bakom beslutet var att glödlampor är energiineffektiva. Endast 5% av den totala energin som glödlampor använder blir till ljus, resten blir till värme.

Det finns idag många bra alternativ till de traditionella glödlamporna, både lågenergisamt LED-lampor är att föredra då de har en lägre energiförbrukning och dessutom håller längre än glödlamporna (Energi- och klimatrådgivarna i Skåne, u.å.).

#### *LED*

LED- eller Light Emitting Diode-lampor har fördelen att energianvändningen vid användning är låg, skillnaden är upp mot 80% lägre än glödlampor. Därtill är livslängden jämfört med en vanlig glödlampa runt 15 gånger längre (Energi- och klimatrådgivarna i Skåne, u.å.). Att LED-lampor både är vibrations- och stöttåliga, dim-bara och inte innehåller varken kvicksilver eller bly är fler fördelar (Energi- och klimatrådgivarna i Skåne, u.å.).

#### *Lågenergilampor*

Lågenergilampor är en typ av lysrör och fördelarna är att energiförbrukningen är mindre än glödlampor, så mycket som 75% mindre el förbrukas vid användning och därtill håller lysröret runt 10 gånger längre. Problemet med lågenergilampor är att de innehåller kvicksilver, vilket inte är hälsosamt för människor (Energi- och klimatrådgivarna i Skåne, 2019).

#### Från watt till lumen

LED-ljuskällor mäts i enheten lumen, vilket är ett mått på ljuskällans producerade ljusstyrka. Till skillnad från watt som är en enhet som mäter mängden effekt, som krävs för att driva en ljuskälla (lamporochljus.se, u.å.). För att förstå hur stort ljusflöde en LED-ljuskälla ska ha för att motsvara en glödlampa visar tabell 2.2 en jämförelse mellan watt och lumen (Energimyndigheten, 2013).

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 2.2 Visar en jämförelse mellan watt och lumen. Skillnaden beror på att olika typer av lampor ger olika värden.

Glödlampa (W)	Effekt LED-ljuskälla (W)	Ljusflöde (Lu)
15	1–2	120–135
25	2–4	220–250
40	3–5	410–470
60	7–9	700–805
75	9–11	920–1055
100	12–14	1330–1520
150	19–21	2140–2450

### Åtgärder för energieffektiv belysning

Förutom att välja ljuskällor med en låg energianvändning finns andra metoder för att sänka energianvändningen. Att installera behovsstyrd belysning och att använda sig av dimmerfunktion är tekniker som också bidrar till att sänka elanvändningen, då ljuset bara används där det är nödvändigt och användningen blir effektivare (Belysningsbranschen, u.å.).

#### *Exempel på besparing med energieffektiv belysning*

Ett projekt som innebär att byta ut lysrörsbelysning till LED-ljuskällor pågår just nu hos Volvo Powertrain i Skövde. Två etapper, av fem, har genomförts och resultatet visar att energianvändningen redan har sänkts med 63% (Energimyndigheten, 2021).

Belysningsbranschen lyfter ett annat exempel i ett garage som Vasakronan äger. De gjorde ett utbyte av sina lysrör till LED-belysning och införde sektionsvis upplysning och dessutom en effektivare närvarokoll. Tack vare implementeringarna sparas 40 MWh per år.

### Klimatpåverkan

Energianvändningen från en byggnads belysningsanläggning står för hela 90% av dess belastning på miljön (Offentliga fastigheter, 2016). Därför är det viktigaste för att minska klimatpåverkan att välja en belysning som är så energieffektiv som möjligt.

För att kunna uppskatta en belysningsanläggnings klimatpåverkan under ett år behövs anläggningens antal kWh som multipliceras med kg CO<sub>2</sub>-utsläpp på 0,344 kg. Siffran baseras på den nordiska elmixen. (Offentliga fastigheter, 2016).

#### 2.5.5 Energilagring

I takt med utbyggnaden av solcellanläggningar och vindkraftverk ökar även behovet av att kunna lagra elektricitet (Vätgas Sverige, u.å.). Förnybar energi beror på väderlek, tid på dygnet och årstiden. Energin kan endast bidra till energitillförseln när energiresursen är tillgänglig. Ett sätt att förbättra förnybar energis förutsägbarhet är att lagra den (Carlson, 2016). Om förnybara energikällor ska kunna ha en betydande roll i framtidens

energisystem kommer det krävas metoder för mellanlagring. Lagringen kommer att kunna bidra som effektutjämnade och överskottsenergi kan tas till vara på (Vätgas Sverige, u.å.).

### Vätgas

För säsongslagring eller långtidslagring är vätgas det bästa alternativet (Babir, 2005). Eftersom vätgas inte finns i sin naturliga form i naturen klassas den inte som en energikälla, utan ses som en energibärare. Gasen måste med andra ord produceras (Babir, 2005). Framställningsprocessen styr kategoriseringen av vätgasen, som delas upp i fossil, fossilfri och förnybar vätgas (Fossilfritt Sverige, u.å.). Vätgas som produceras med ursprung från förnybar energi eller förnybar råvara, klassas som förnybar vätgas. För att klassas som förnybar vätgas ska framställningen ske genom elektrolys (Fossilfritt Sverige, u.å.).

Intresset för småskaliga självförsörjande system med stor andel förnyelsebar energi har ökat i takt med intresset för lågenergi- och plushus. Eftersom vätgas har hög energitäthet och att den kan lagras under långa perioder är den extra viktig för projekt som strävar efter självförsörjning (Vätgas Sverige, u.å.).

### Elektrolys

Vid framställning av vätgas genom elektrolys tillför man elektricitet till vatten. Elektriciteten sönderdelar vattnet till vätgas och syrgas. Tekniskt sett är det två elektroder, en negativ, katod och en positiv, anod som doppas i en elektrolyt och sedan tillförs elektricitet. Vid katoden sker en reduktion, då den negativa katoden drar till sig positiva anjoner och vätgas bildas. Vid anoden sker en oxidation, då den positiva anoden drar till sig negativa katjoner och bildar syrgas (Nationalencyklopedin AB, u.å.).



Vattenbaserad elektrolys är en utvecklad metod som har en produktionskapacitet från ett fåtal  $\text{cm}^3/\text{min}$  till tusentals  $\text{m}^3/\text{h}$ . Metoden har en relativt hög verkningsgrad på 70% , där resterande blir till värme i form av varmt vatten. Om varmvattnet dessutom tas tillvara på, kan verkningsgraden uppgå till 95% (Nohrstedt, 2018).

### Bränslecell

Som nämnt inledningsvis är förnybar energi oförutsägbar. För att upprätthålla en stabil och konstant eltillförsel till en byggnad eller ett elnät är lagring av energi ett alternativ (Carlson, 2016). Exempelvis kan solpaneler kopplas ihop med ett energilagringssystem. Solceller genererar el till en elektrolysör som i sin tur framställer vätgas (Babir, 2005).

När den lagrade vätgasen ska användas skickas den till en bränslecell. Denna genererar el och värme, genom en omvänd elektrolys. I en bränslecell kan endast protoner vandra från anodsidan till katodsidan via ett membran. På katodsidan reagerar protonerna och elektronerna i syrgasen och bildar vatten. Elektronerna på anodsidan leds till en extern krets och genererar el (Vätgas Sverige, u.å.).



### Lagring

Det finns två olika sätt att lagra vätgas, lagring i behållare och i material. För att lagra 1 kg vätgas vid normalt lufttryck (100 kPa), i 25°C krävs en tankvolym på 12,3 m<sup>3</sup>. För att minska på tankens volym kan gasen komprimeras. Ökas trycket till 350 bar kan gasens volym minskas med 99,6%. Däremot går 20% av vätgasens energiinnehåll åt vid komprimeringen .

### Produktion av vätgas

Nedan följer generella siffror för småskalig produktion av vätgas och användning av vätgas (Nilsson Energy, u.å.).

#### Elektrolys

- 11 liter vatten använder 55 kWh el → 1 kg vätgas + 8 kg syrgas
- Ca 20% av 55 kWh blir till varmvatten med en temperatur på 60–65°C.

#### Bränslecell

- 1 kg vätgas → 13 kWh el + 13 kWh varmvatten på 65–70°C
- Verkningsgraden = ca 60%

#### Lagring

- 1 kg vätgas = 50 l → 1 kg = 0,05 m<sup>3</sup>, detta gäller för trycksatt vätgas, 300 bar.
- Grovt sett behövs det 55 kWh för produktion av 1 kg vätgas och 1 kg vätgas genererar 13 kWh. Vilket ger en verkningsgrad på ca 24%.

### Klimatpåverkan

Då produktionen av förnybar vätgas inte genererar några farliga emissioner kommer den att ha en stor betydelse för framtida koldioxidutsläpp . Dagens vätgastillverkning har till större del fossil ursprung (Fossilfritt Sverige, u.å.). Fossil vätgas produceras genom reformering, vilket är en mycket energikrävande process som kräver höga temperaturer. Förutom vätgas bildas även koldioxid alternativt kolmonoxid, beroende på den valda tillverkningsprocessen, under tillverkning (Vätgas Sverige, 2019).

Årligen används ca 120 Mton vätgas i världen, där ca 70 Mton, vilket motsvarar 2300 TWh energi, är tillverkad vätgas. Resten av vätgasen är rester från industrier. Vätgas producerad genom elektrolys uppgår endast till ca 5% av all producerad vätgas. Om all vätgas som används idag skulle ha ett fossilfritt ursprung, skulle det krävas 4000 TWh fossilfri elproduktion. Vilket skulle generera en utsläppsreduktion på 800 Mton koldioxid per år, som i så fall skulle motsvara 2% av de globala utsläppen (Fossilfritt Sverige, u.å.).

Vätgas som produceras av fossila bränslen i kombination med framställningen med CCS-teknik klassas som fossilfri. År 2020 deklarerade EU-kommissionen att även vätgas producerad genom elektrolys, där elen härstammar från kärnkraft, få klassas som fossilfri vätgas.

### **Framtid**

Vätgas kommer inte att ersätta elnäten i framtiden, men de kommer att arbeta tillsammans i en synergi. Elektricitet kommer att omvandlas till vätgas när energilagring behövs och konverteras tillbaka till el vid behov. Vätgassystem kommer även i framtiden att implementeras i självförsörjande hushåll, för att stabilisera elförsörjningen .

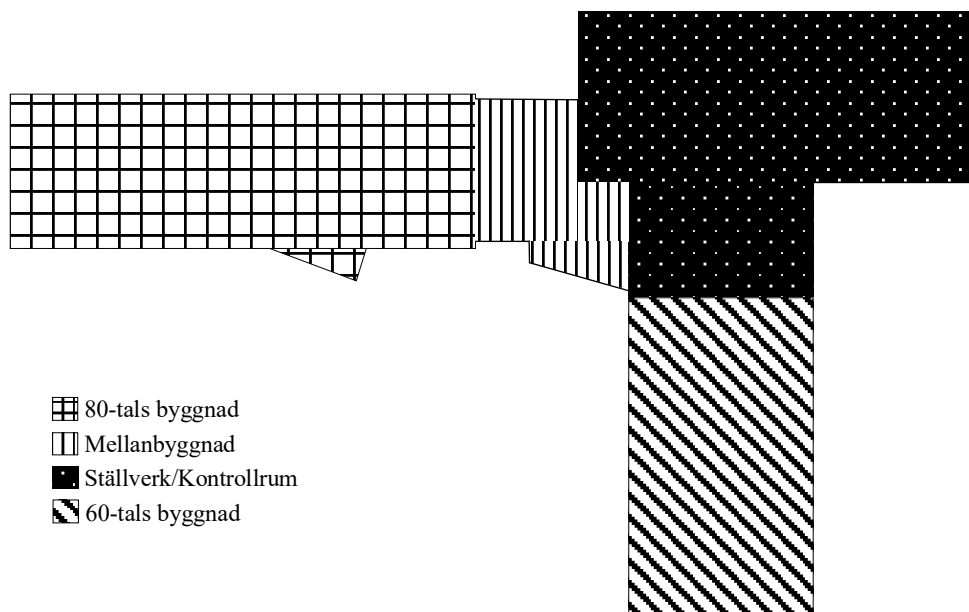
Idag finns det ett helt självförsörjande hus i Agnesberg i Göteborg. Huset har varit självförsörjande, vad gäller värme och el, sedan 2015. Husets energisystem baseras på solceller som producerar energi som i sin tur genererar vätgas som säsongslagras. (Nilsson Energy, u.å.).

### 3 Beskrivning av Skyddsgatan 16

Skyddsgatan 16 är en kontorsbyggnad som består av fyra delar och uppdelningen visas i figur 3.1 och 3.2. En del är byggd på 60-talet, en del är byggd på 80-talet och en del håller ett ställverk och ett kontrollrum. Dessa tre delar är sammanlänkande av en fjärde del som kallas för mellanbyggnad och används som hall och huvudentré.



Figur 3.1 Bild över kontorsbyggnaden. Bild tagen av Trelleborgs Energi AB.

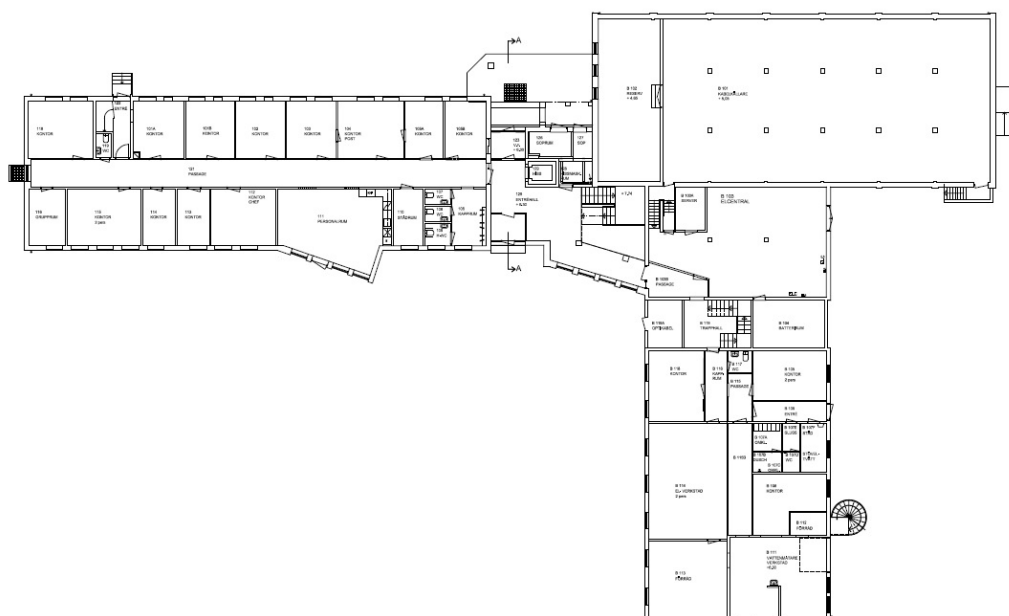


Figur 3.2 Schematisk bild över uppdelningen av kontorsbyggnaden. Figur av Diana Kron.

### 3.1 Platsbesök

Platsbesöket var en bra utgångspunkt för att se hur byggnaden fungerar idag. Det innebar dels att skapa en uppfattning om vilka installationer som finns, dels hur byggnaden utnyttjas. Vid besöket undersöktes det om Trelleborgs Energi hade några handlingar som skulle vara behjälpliga för denna studie. Ritningar och projekteringshandlingar tillhandahölls och dess information beskrivs närmare under varje del av byggnaden.

Idag arbetar 40 personer i byggnaden och kontorsrummen är fördelade i både 60- och 80-tals byggnaderna. Här finns också gemensamma utrymmen så som matsal, personalrum, grupprom och omklädningsrum som ritningar i figur 3.3 och 3.4 visar.



Figur 3.3 Ritning över plan 1 på Skyddsgatan 16.



Figur 3.4 Ritning över plan 2 på Skyddsgatan 16.

## 3.2 60-tals byggnaden

### 3.2.1 Användning och utrymmen

60-tals byggnaden är den äldsta delen av byggnaden och som ritningar i figur 3.3 och 3.4 visar finns det kontor, omklädningsrum, matsal, verkstäder, vilorum, toaletter, förråd och ett batterirum.

### 3.2.2 Ventilationssystem

Ventilationssystemet byttes 2011 till ett FTX-system från iv produkt, med en roterande värmeväxlare som figur 3.5 visar. Innan dess var byggnadens ventilationssystem ett självdragssystem. Ventilationen i denna del av byggnaden är alltid igång.



Figur 3.5 visar FTX-aggregatet av modell Envistar Top, installerat av iv produkt, för ventilationen i 60-tals byggnaden. Bild tagen av Diana Kron.

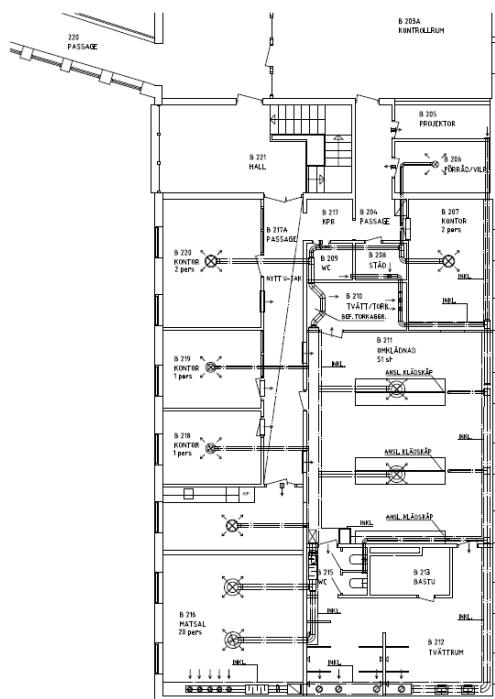
För att få fram den tekniska informationen om ventilationssystemet som installerades 2011 kontaktades iv produkt. De kunde ta fram alla handlingar som använts inför installationen i deras portal. Den tekniska informationen som erhöles för systemet visas i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Teknisk data över ventilationssystemet i 60-tals byggnaden.

Teknisk information	Värde	Enhet
Luftflöde	1,65	m <sup>3</sup> /s
Temperaturverkningsgrad	81,4	%
Verkningsgrad fläktar		
• Tilluft	55,9	%
• Frånluft	57,3	%
Fläkteffekt	1,47	kW/m <sup>3</sup> /s

Tabell 3.2 innehåller relevant information ifrån rambeskrivningen för VVS-installationer inför utbytet av ventilationssystemet som gjordes 2011. Figur 3.6 och 3.7 visar projekteringshandlingar ur förfrågningsunderlaget och detta blev ett underlag för





Figur 3.7 FFU över ventilationssystemet på plan 2 i 60-tals byggnaden.

Dessutom finns det i denna del av byggnaden ett batterirum som har ett eget F-system som ser till att det inte bildas för mycket vätgas i rummet. Flödet i batterirummet bestämdes med hjälp av Enberg (2002).

### 3.2.3 Uppvärmning

Uppvärmningen i denna del sker med direktverkande el, som distribueras via eldrivna radiatorer. Trelleborgs Energi AB har bestämt att en övergång till fjärrvärme ska göras och fjärrvärmecentralen är redan installerad.

### 3.2.4 Takinformation

Taket på denna del undersöktes på plats. Det är ett sadeltak av plåt som figur 3.8 visar och en mätning av lutningen gjordes till omkring 14°.





Figur 3.8 Sadeltaket av plåt på 60-tals byggnaden med en lutning på 14°. Riktning nordöst och sydväst. Bild tagen av Alexandra Bernardo.

Med hjälp av ritningarna i figur 3.3 och 3.4 gjordes en beräkning av arean för byggnadens tak. Beräkningen presenteras i bilaga 1 och visar en area på uppskattningsvis 310 m<sup>2</sup>.

### 3.3 80-tals byggnaden

#### 3.3.1 Användning och utrymmen

80-tals byggnaden är den nyaste delen av byggnaden och som ritningar i figur 3.3 och 3.4 visar finns det personalrum, kontor, toaletter, arkiv och grupprum.

#### 3.3.2 Ventilationssystem

Denna del av byggnaden har det äldsta ventilationssystemet. Mest troligt var det detta system som installerades när byggnaden uppfördes, vilket innebär att ventilationssystemet är ca 30–40 år gammalt. Eftersom systemet är så pass gammalt har det varit svårt att hitta systemhandlingar med teknisk information. Informationen som fanns att gå efter på ventilationsaggregatet visade att det var av typ Orion G och installerat av luftkonditionering ab.

Efter kontakt med Tommy Janius (2021), som tidigare arbetat på luftkonditionering ab, har det med hjälp av hans expertis kunnat konstaterats att det är ett remdrivet FTX-system. Detta har troligtvis en värmeåtervinning med hjälp av ett gasåtervinningsbatteri.

Ett antagande av temperaturverkningsgraden på ventilationsaggregatet i denna del av byggnaden gjordes efter kontakt med Janius (2021), till 40%. Detta då byggnaden är runt 30–40 år och sannolikheten att det inte finns någon gas kvar, i gasåtervinningsbatteriet, är ganska hög (Januis, 2021).





Figur 3.11 F-systemet i arkivet i 80-tals byggnaden. Bild tagen av Diana Kron.

I en del av kontorsrummen i denna del av byggnaden upptäcktes det att tilluftsdonen var blockerade, som figur 3.12 visar.



Figur 3.12 Ett blockerat tilluftsdon i ett av kontorsrummen i 80-tals byggnaden. Bild tagen av Diana Kron.

### 3.3.3 Uppvärmning

Uppvärmningen i denna del sker med hjälp av fjärrvärme som distribueras via vattenburna radiatorer. Ändring av uppvärmningssystemet är inte aktuellt.

### 3.3.4 Takinformation

Taket på denna del undersöktes på plats. Det är ett valmat sadeltak av tegel som figur 3.13 visar och en mätning av lutningen gjordes till omkring 25°.



Figur 3.13 Sadeltak av tegel på 80-tals byggnaden med en lutning på 25°. Riktning nordväst och sydöst. Bild tagen av Alexandra Bernardo.

Med hjälp av ritningarna i figur 3.3 och 3.4 gjordes en beräkning av arean för byggnadens tak. Beräkningen presenteras i bilaga 1 och visar en area på uppskattningsvis 405 m<sup>2</sup>.

### 3.4 Ställverket

#### 3.4.1 Användning och utrymmen

I denna del av byggnaden finns ett ställverk, förråd, verkstad, kontrollrum, elcentral och instrumentrum som visas på ritning i figur 3.3 och 3.4.

#### 3.4.2 Ventilationssystemet

Ställverket är inte anslutet till någon form av ventilationssystem utan denna del av byggnaden är ”oventilerad”.

#### 3.4.3 Uppvärmning

Här sker uppvärmningen på en del olika sätt. Ställverket värms upp med en aerotemper, vilket är en fläkt som värmer upp luft. Kontrollrummet värms upp med både en aerotemper och luft/luft värmepump. I källaren finns även en dieseldriven generator som i nuläget används vid strömavbrott.

#### 3.4.4 Takinformation

Taket på denna del undersöktes på plats. Det är ett pulpettak av papp som figur 3.14 visar och en mätning av lutningen gjordes till omkring 10°.



Figur 3.14 Pulpettak av papp på ställverket med en lutning på 10°. Riktning nordväst. Bild tagen av Diana Kron.

Med hjälp av ritningarna i figur 3.3 och 3.4 gjordes en beräkning av arean för byggnadens tak. Beräkningen presenteras i bilaga 1 och visar en area på uppskattningsvis 469 m<sup>2</sup>.

### 3.5 Mellanbyggnaden

#### 3.5.1 Användning och utrymmen

Mellanbyggnaden är den del av byggnaden som knyter ihop övriga byggnader. Detta visas på ritningen i figur 3.3 och 3.4. Denna del av byggnaden används som entré, trapphus och en passage till de olika delarna av byggnaden.

#### 3.5.2 Ventilationssystem

Mellanbyggnaden är inte anslutet till någon form av ventilationssystem utan denna del av byggnaden är ”oventilerad”.

#### 3.5.3 Uppvärmning

Uppvärmningen i denna del sker med hjälp av fjärrvärme som distribueras via vattenburna radiatorer. Ändring av uppvärmningssystemet är inte aktuellt.

#### 3.5.4 Takinformation

Taket på denna del undersöktes på plats. Det är två pulpettak av plåt som figur 3.15 och figur 3.16 visar. En mätning av lutningen på båda taken gjordes till omkring 6°.





Figur 3.15 Ett av pulpettaken på mellanbyggnaden med en lutning på 6°. Här finns luckan upp till taket, dessutom en del huvar för ventilationssystemet i 80-tals byggnaden. Riktning nordväst. Bilder tagna av Alexandra Bernardo.



Figur 3.16 Ett av pulpettaken på mellanbyggnaden med en lutning på 6°. Riktning sydöst. Bild tagen av Diana Kron.

Med hjälp av ritningarna i figur 3.3 och 3.4 gjordes en beräkning av arean för byggnadens tak. Beräkningen presenteras i bilaga 1 och visar en area på uppskattningsvis 107 m<sup>2</sup> för båda taken. Lutningen bortsågs ifrån vid beräkningen, eftersom den inte gjorde någon skillnad. Dessutom bortsågs den del av taket som figur 3.15 visar då där finns en del huvar och luckan upp till taket. Detta på grund av att det då inte finns någon kvalificerad yta kvar att placera solceller på. Därför blev arean uppskattningsvis 65 m<sup>2</sup>.

## 4 Metod

Denna studie har byggd på två examensarbeten med utgångspunkt att renovera en kontorsbyggnad med hänsyn till energieffektivisering, klimat och inomhuskomfort. Arbetena har undersökt samma byggnad men haft fokus på olika förbättringar. Detta arbete fokuserade på installationerna i byggnaden och det andra arbetet står Svensson och Plitz Vitanc (2021) för. Deras fokus har varit förbättringar i klimatskalet.

Eftersom det är ett samarbete har material bistått grupperna emellan under arbetets gång. Dessutom har digitala möten skett minst varannan vecka där problem, antaganden och stöttning av varandras arbeten och diskussioner har gjorts. Platsbesöket gjordes också tillsammans för att inte ta för mycket av Bergqvist (2021) tid.

Samarbetet har också inneburit att arbetet, vid vissa tidpunkter, har utförts gemensamt i IDA-ICE och med Miljöbyggnad.

### 4.1 Verktyg

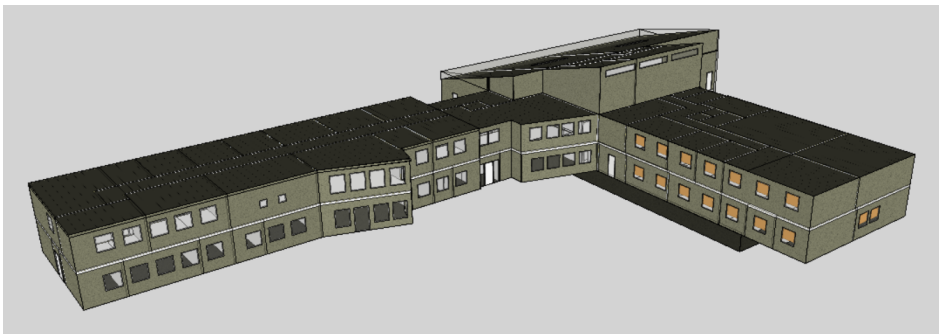
För att studera vårt fall, Skyddsgatan 16 med fokus på installationer, har följande program/metoder/verktyg använts. Detta för att kunna göra en analys kring vilket det bästa sättet, ur ett hållbarhetsperspektiv, är att göra renoveringen.

#### 4.1.1 IDA-ICE

Valet att använda IDA-ICE baserades på att det är ett beprövat energisimuleringsverktyg med en komplexitet som gör att simuleringarna stämmer väldigt bra överens med verkliga mätningar. Dessutom kunde hela byggnaden visualiseras i 3D vilket skapade en bra känsla för den, samtidigt som möjligheten att analysera olika typer av resultat fanns. En annan fördel är att programmet används på LTH så support från kunniga användare fanns och studentlicenser var lättillgängliga.

#### Uppbyggnad av modell

Svensson och Piltz Vitanc byggde upp en modell av byggnaden i IDA-ICE och denna användes som utgångspunkt, se figur 4.1. Arbetet fördelades på detta vis eftersom byggnadens klimatskal var mer komplext att bygga upp i programmet. Installationerna kunde implementeras i efterhand. Uppbyggnaden i IDA-ICE gjordes med hjälp av zoner, för att kunna styra varje rum för sig. Figur 4.2 visar zonindelning för byggnaden. I tabell 4.1 visas inställningar som mellan simuleringarna i IDA-ICE har ändrats och uppdateras för att anpassa varje simulering.



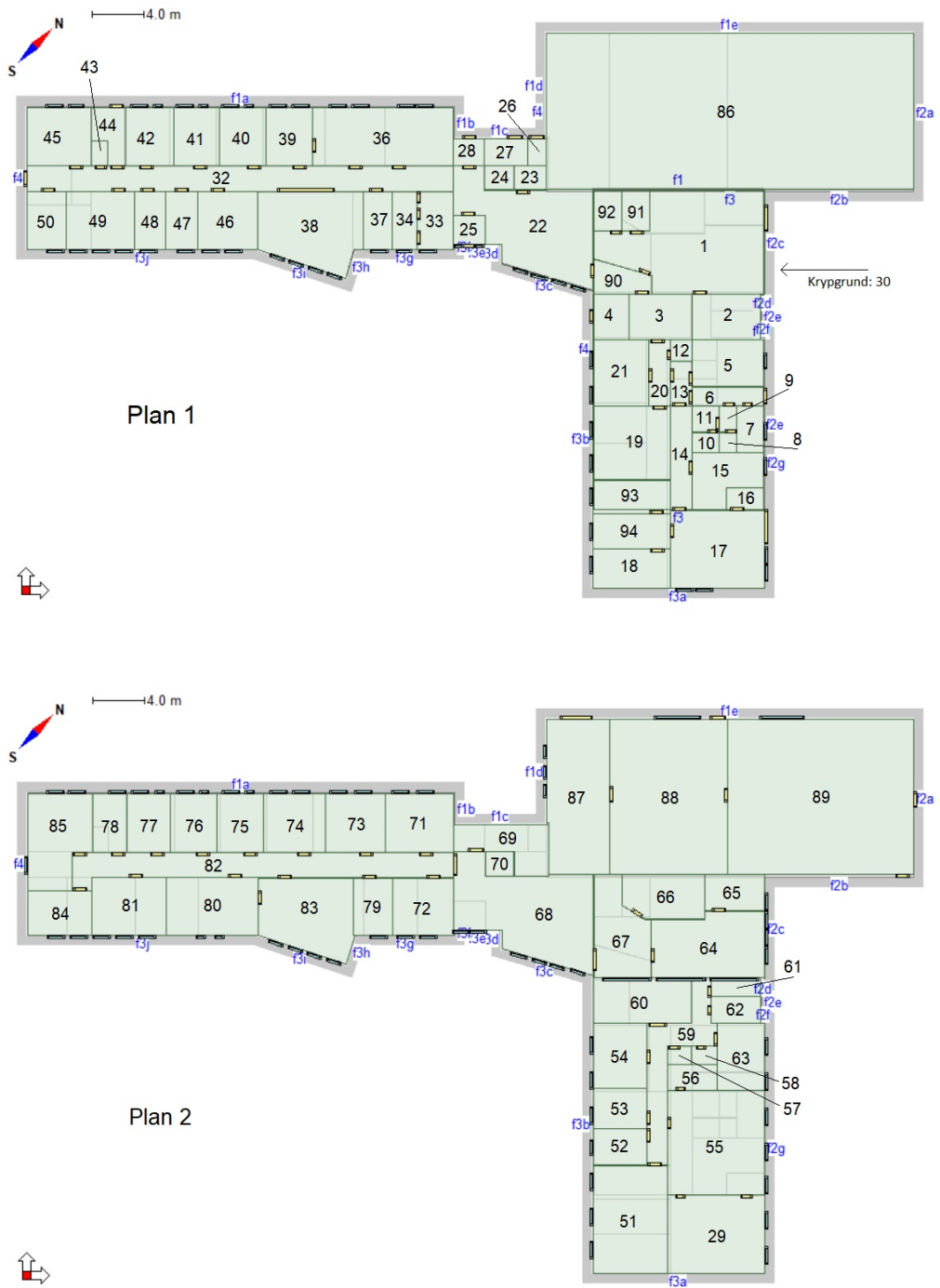
Figur 4.1 3D-modell av Skyddsgatan 16, uppbyggd i IDA-ICE.

Tabell 4.1 Lista över inställningar som ändrats i IDA-ICE.

<b>Teknisk information</b>	<b>Enhet</b>
Luftflöden	l/s
Variabla luftflöden	l/s, m <sup>2</sup>
Temperaturverkningsgrader	%
Inomhustemperatur	°C
Tidsscheman	h
Belysning	W
Antal personer	st
Luftläckage	l/s,m <sup>2</sup>
Tappvarmvatten	kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ,år
Ventilationssystem	-
Solskydd	-



# Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad



Figur 4.2 Zonindelning av plan 1 & 2 i IDA-ICE

### 4.1.2 Solenergisimulering

PVGIS är ett solenergisimuleringsprogram som EU-kommissionens gemensamma forskningscentrum har tagit fram. Programmet genererar bland annat en byggnads energiproduktion från solceller under ett år. Då det har funnits och utvecklats sedan 2001 är det en beprövat och ständigt uppdaterat program. Programmet är dessutom väldigt användarvänligt och har tydliga instruktioner på arbetsgången (EU Kommissionen, 2021).

En annan anledning till att ett fristående program valdes var att beräkningen för Miljöbyggnad skulle bli lättare vid sidan om simuleringsprogrammet IDA-ICE, än om simuleringen för solceller skulle göras i IDA-ICE.

### Simuleringsinställningar

I tabell 4.2 presenteras de parametrar som behövs för att simulera byggnadens maximala solenergiproduktion.

Tabell 4.2 Lista över simuleringsparametrar i PVGIS.

Teknisk information	Enhet
Orientering	%
Area	m <sup>2</sup>
Lutning	°
Antal moduler	st
Peak power,	kWp

### 4.1.3 LCA

Livscykelanalys är en metod för att se hur en produkt eller renovering påverkar miljön under hela livscykeln. Att inte enbart fokusera på vilka direkta effekter ändringarna har, utan att se till hela livscykeln är en nödvändighet för att kunna genomföra en hållbar renovering idag.

LCA-metoden som användes är Renobuild, en metod som fokuserar på att utvärdera renoveringar. Den finns i två versioner, en för bostäder och en för skolor. Då skolor är mest likt hur byggnaden på Skyddsgatan 16 fungerar, med tanke på ventilation, uppvärmning och rum så var utgångspunkten att använda denna version (RenoBuild, 2018). Denna metod användes för att kunna kontrollera vilken förbättring som är bäst ur klimatsynpunkt.

### 4.1.4 Miljöbyggnad 3.1

Miljöbyggnad är en svensk miljöcertifiering som använder 16 olika indikatorer grupperade under tre kategorier: energianvändning, inomhusmiljö och material. Indikatorerna har betygsnivåerna brons, silver och guld. Certifieringen var en utgångspunkt och ett stöd för att se vilka rimliga förbättringar som kunde göras i fallstudien. De indikatorerna som ansågs vara relevanta för studien valdes ut och

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

nyttjades. Miljöbyggnad för nybyggnation användes som en utgångspunkt för att större krav sätts på nybyggen och eftersom Trelleborgs Energi vill ha en så bra byggnad som möjligt valdes de strängare kraven. Miljöbyggnad valdes för att få en rimlighet i studiens implementeringar och dessutom är den välkänd för studenterna på LTH då den har förekommit i många olika kurser.

### Utvalda indikatorer

Nedan följer en presentation av de utvalda indikatorerna och deras betygs-kriterier utifrån Miljöbyggnad 3.1 för nybyggnad.

#### Indikator 1: Värmeeffektbehov

Betyget är anpassat till byggnadens geografiska lokalisering med hjälp av Boverkets geografiska justeringsfaktor. Gratisvärme och värmeeffekt för tappvarmvatten ingår ej. Indikatorns betygs-kriterier redovisas i tabell 4.3 (Sweden green building council, 2020).

Tabell 4.3 Betygs-kriterier för indikator 1.

Indikator 1	Brons	Silver	Guld
Lokaler	$\leq 30 * F_{geo}$	$\leq 24 * F_{geo}$	$\leq 18 * F_{geo}$

#### Indikator 3: Energianvändning

Indikatorns betygs-kriterier utgår ifrån BBR:s energikrav och redovisas i tabell 4.4 (Sweden green building council, 2020).

Tabell 4.4 Beräknade betygs-kriterier för indikator 3, utifrån BBR:s energikrav.

Indikator 3	Brons	Silver	Guld
Lokaler	BBR:s energikrav	70% av BBR:s energikrav	60% av BBR:s energikrav
	70 kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	49 kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	42 kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>
Med BBR:s tillägg	93 kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	72 kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	65 kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>

BBR:s tillägg då uteluftsflödet i utrymmen med temperaturreglering är större än 0,35 l/s, m<sup>2</sup> tillämpades i denna indikator. Även ett internt genererat värmeöverskott på 50 kWh/m<sup>2</sup>, A<sub>temp</sub> fick dras av (Sweden green building council, 2020). Nedan beräkning visar tillägget som gjordes, q<sub>medel</sub> visas i bilaga 3 och de nya betygs-kriterierna visas i tabell 4.4.

$$\text{Tillägg} = 40 \cdot (0,92 - 0,35) = 23 \text{ kWh/m}^2$$

#### Indikator 4: Andel förnybar energi

Indikatorns betygs-kriterier redovisas i tabell 4.5 (Sweden green building council, 2020).

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 4.5 Betygskriterier för indikator 4.

Indikator 4	Brons	Silver	Guld
Lokaler	> 50% av använd energi är förnybar Ursprungsgaranterad el och allokerad fjärrvärme accepteras.	Alternativ 1 > 75% av använd energi är förnybar + 10% förnybar flödande Alternativ 2: 80% av använd energi är förnybar. Ursprungsgaranterad el och allokerad fjärrvärme accepteras.	> 80% av använd energi är förnybar, varav > 5% är ny förnybar flödande lokalt genererad och används i byggnaden. Ursprungsgaranterad el och allokerad fjärrvärme accepteras.

### Indikator 7: Ventilation

Betygskriteriet som har undersökts i denna indikator är koldioxidhalten, se tabell 4.6 (Sweden green building council, 2020).

Tabell 4.6 Betygskriterier för indikator 7.

Indikator 7	Brons	Silver	Guld
Lokaler	Uteluftsflöde $\geq 7$ l/s och person + 0,35 l/s, m2 Atemp.	Koldioxidhalten i rum överstiger endast tillfälligt 1 000 ppm.	Alternativ 3: Koldioxidhalten i rum överstiger endast tillfälligt 900 ppm.

### Indikator 10: Termiskt klimat sommar

Indikatorns betygskriterier redovisas i tabell 4.7 (Sweden green building council, 2020)

Tabell 4.7 Betygskriterier för indikator 10

Indikator 10	Brons	Silver	Guld
Lokaler	PPD $\leq 15$ % vid mest kritiska förutsättningar.	Brons + PPD $\leq 10$ % vid mest kritiska förutsättningar.	Silver + enkät eller mätning.

## 4.2 Genomförande

Studien innefattar undersökning av fyra olika steg:

- Kvalitetssäkring av modell – Simulering IDA-ICE (nollfil)
- Befintlig byggnad – Simulering i IDA-ICE
- Förbättring installationer – Simulering i IDA-ICE, PVGIS och LCA
- Förbättring installationer och klimatskal – Simulering IDA-ICE och PVGIS

### 4.2.1 Kvalitetssäkring

För att säkerställa att modellen av byggnaden var tillförlitlig skapades en nollfil där endast den befintliga byggnadens klimatskal och dess ventilation togs i beaktning. Det vill säga att klimat och gratisvärme nollställdes (ingen solenergi i klimatfilen och konstant utetemperatur på 0°C). En grov handberäkning av byggnadens energibehov, med hjälp av gradtimmemetoden, gjordes. Denna jämfördes med en simulering av byggnaden med samma indata, i IDA-ICE. Strävan var att handberäkningen och simulering skulle ge samma resultat för att säkerställa modellen.

Följande inställningar användes för både IDA-ICE och handberäkningen:

- Klimatet sattes till ett nollklimat, det vill säga att det var noll grader hela året och ingen solinstrålning.
- Kyl- och värmebatteriet i ventilationssystemen stängdes av, då endast byggnadens energibehov på grund av termiska förluster var av intresse.
- All extern kyla togs bort, av samma anledning som ovan.
- Ingen gratisvärme, i form av personer, belysning eller utrustning, räknades med.
- Inget luftläckage användes.

Endast ventilationsflöden, temperaturverkningsgrad och inställningar av byggnadens klimatskal användes. Ventilationsflöden återfinns i bilaga 2: befintlig byggnad och temperaturverkningsgraderna ses i tabell 3.1 och avsnitt 3.3.2. All indata angående klimatskalet tillhandahölls av Svensson och Piltz Vitanc .

### 4.2.2 Befintlig byggnad

I detta avsnitt beskrivs hur och vilka parametrar som användes under energisimuleringen av Skyddsgatan 16 befintliga tillstånd i IDA-ICE.

### Energisimulering

Modellen som Svensson och Piltz Vitanc (2021) byggde upp användes som grund och inställningar gjordes därefter för att matcha byggnadens installationer. Klimatet ändrades till Malmö/Sturup, vilket var den närmst belägna klimatfilen som fanns tillgänglig. De zonerna med antagna flöden finns presenterade i bilaga 2: befintlig byggnad. De 40 personerna som arbetar i byggnaden har placerats ut i kontor, verkstad och vilorum som visas i bilaga 2: befintlig byggnad.

Nedan parametrar har ändrats:

Temperaturer:

- Inomhustemperaturen sattes till 21°C och maxvärdet till 25°C. Antagandet är baserat på Boverkets brukarindata som säger att i kontorslokaler kan lägsta inomhustemperatur sättas till 21°C (BBR, 2017). Arbetsmiljöverket säger att inomhustemperaturen som högst bör vara 26°C sommartid och 24°C vintertid, därför har ett medelvärde på 25°C valts som gäller för hela året (Arbetsmiljöverket, 2021).
- Lägsta och högsta innetemperatur i ställverket har valts till 18°C, respektive 20°C i samråd med Berqvist (2021) på Trelleborgs Energi.

Verkningsgrad:

- Ventilationsaggregatet i 80-tals byggnaden antogs ha en temperaturverkningsgraden på 40%.
- Aggregatets temperaturverkningsgrad i 60-tals byggnaden sattes till 81,4%.
- Fläktverkningsgrad i FTX-systemet i 60-talsbyggnaden sattes till 55,9% för tilluftsfläkten och 57,3% för frånluftsfläkten enligt kapitel 3.1.
- Fläktverkningsgrad i FTX-systemet i 80-talsbyggnaden antogs till 60% för både till- och frånluftsfläkten, enligt IDA-ICE standardinställning.

Luftläckage:

- Ofrivillig ventilation sattes till 0,9 l/s, m<sup>2</sup>, då byggnadens täthet anses vara relativt dålig. Detta värde har antagits i samråd med Svensson och Piltz Vitanc .
- Byggnadens fönster har antagits till att alltid vara stängda för att underlätta jämförelse av de olika förbättringarna. Då målet är att uppnå ett så bra klimat som möjligt ska det inte vara nödvändigt att öppna fönster.
- Då två zoner, 2 och 80, har F-system har läckage i dessa zoner simulerats för att efterlikna tilluftsventiler i väggen. Läckaget antogs till en area på 0,01 m<sup>2</sup>.

Tappvarmvattenanvändning:

- Då varmvattenanvändningen var okänd gjordes antagande om hur mycket tappvarmvatten som rimligtvis används i byggnaden. Utgångspunkten var schablonvärdet i BEN på 2 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>. För att anpassa detta värde till verkligheten användes den andelen area där personer väntas vistas, arean för de rum där FTX-systemen är inkopplade användes. Nedan ekvation visar beräkningen för det nya värdet (BBR, 2017).

$$2 \cdot \frac{A_{FTX}}{A_{temp}} = 2 \cdot \frac{1229}{2067,5} = 1,18 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$$

Internlaster:

- Belysning antogs till 100 W, då detta var IDA-ICE standardinställning och motsvarar en sämre lampa.

Schema:

- Ett schema för personnärvaro och belysning antogs till kontorstider, 08.00 – 17.00.
- Ett schema för det gamla ventilationssystemet i 80-tals byggnaden fördes in. Då det är i gång under kontorstider 08.00 – 17.00.
- Eftersom ventilationssystemet i 60-tals byggnaden är alltid i gång fördes även det in.

### 4.2.3 Förbättringar installationer

I detta avsnitt beskrivs hur och med vilka parametrar förbättringar gjordes i IDA-ICE, PVGIS och livscykelanalysen.

Förbättringarna kontrollerades genom följande steg:

- Energibehovssimulering (IDA-ICE) med följande förbättringar:
  - Förbättring A – Ventilation
  - Förbättring B – Ventilation och belysning
  - Förbättring C – Ventilation, belysning och solskydd
- Solenergisimulering (PVGIS) – Maximal solelsproduktion:
  - Förbättring D – Solceller
- LCA kontrollerades med följande förbättringar:
  - Förbättring A
  - Förbättring A och D
  - Förbättring A och vindkraft
  - Förbättring A, D och vindkraft

### **Energibehovssimulering (IDA-ICE)**

Filen av den befintliga byggnaden användes som grund och följande förbättringar gjordes i IDA-ICE:

#### *Förbättring A – Ventilation:*

- Ventilationsflöden antogs med hjälp av arbetsmiljöverkets krav på 0,35 l/s, m<sup>2</sup> + 7 l/s, person i alla rum med tilluftsflöden. Frånluftsflödena fördelades ut i de zoner som kräver frånluft: kök, toalett, dusch, omklädningsrum, garage samt andra förorenade rum (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Se bilaga 2: förbättring installationer för detaljerad information om flöden som antagits för 60- och 80-tals byggnaderna.
- För att anpassa flöden i rum med hög belastning men som inte används kontinuerligt under en dag, tillämpades ett belastningsschema i följande rum:
  - Omklädningsrum, zon 11 och 55: 07.30 – 08.30 och 16.30 – 17.30
  - Personalrum och matsal, zon 38 och 51: 09.00 – 09.30, 12.00 – 13.00 och 15.00 – 15.30

Scheman infördes efter de tider som zonerna antas vara i användning.

- För att anpassa ventilationen till när personer finns i byggnaden, det vill säga kontorstiderna 8.00-17.00 infördes ett schema. Dessutom, enligt avsnitt 2.5.1, rekommenderar arbetsmiljöverket att ventilationen ska starta en timme innan och sluta en timme efter att arbetsdagen är slut. Därför tillämpades ett schema på följande tider: 07.00 – 18.00.
- Det äldre FTX-systemet i 80-talsbyggnaden uppgraderades till ett nyare och mer effektivare system där en temperaturverkningsgrad på 81% antogs. Detta för att likställa båda ventilationssystemen i byggnaden med varandra.

#### *Förbättring B – Ventilation och belysning:*

- Alla ovan inställningar i förbättring A (ventilation) behölls.
- Belysningen byttes ut till LED-ljuskällor på 12 W, vilket motsvarar en 100 W glödlampa.

*Förbättring C – Ventilation, belysning och solskydd:*

- Alla ovan inställningar i förbättring B (ventilation och belysning) behölls.
- Solskydd valdes i samråd med Svensson och Plitz Vitanc . Valet blev en markisolett, ett utvändigt solskydd, då detta var det bästa alternativet som fanns att tillgå i IDA-ICE. Solskydden placerades på alla fönster förutom på ställverket och på fönsterna i zon 80, se figur 4.2 för zoner, då inga människor befinner sig i de zonerna. Dessutom vetter ställverkets fönster mestadels till nordväst och därför ansågs det inte som ett stort behov skulle vara där.

Tre simuleringar i IDA-ICE gjordes för att få fram de olika energibehoven vid de olika förbättringarna. I simulering A ändrades endast ventilationssystemet för att se hur mycket påverkan de ändringarna hade. Därefter gjordes simulering B, med ändringar i både ventilationssystemet och belysningen för att se hur stor påverkan dessa ändringar hade. I simulering C, infördes ändringar i både ventilation, belysning och solskydd.

Efter den tredje simuleringen togs data fram för all använd energi uppdelat på olika användningsområden, fastighetsel, verksamhetsel och totalt värmebehov. Dessa var i sin tur fördelade över årets 8760 timmar. Endast elbehovet var av intresse för kvittning av energi från solceller, då värmebehovet försörjs av fjärrvärme. En sammanställning av elbehovet under dagtid per månad togs fram. På grund av att solenergi endast kan tillgodogöras under dagtid och solelproduktionen varierar över årets olika månader.

## **Solenergisimulering - PVGIS**

### *Förbättring D - Solceller*

En simulering gjordes av hur mycket solenergi Skyddsgatan 16 kan producera. Arean för byggnaden tak finns i bilaga 1. Då hela taket inte är lämpligt för placering av solpaneler, räknades 10% av alla enskilda takareor bort. En solcellsmodul, SunPower X22-360, som finns på marknaden idag och som har den högsta verkningsgraden på marknaden, användes som utgångspunkt. Informationen om solcellsmodulen visas i tabell 4.8 (SunPower, 2017).

Tabell 4.8 Information från tillverkaren om SunPower X22-360.

<b>Solcell – SunPower X22-360</b>	
Area	1,046 x 1,558 m <sup>2</sup>
Effektivitet	22,2%
Maximal effekt	0,36 kWp

Sex olika simuleringar gjordes då byggnadens tak möjliggör placering av paneler i olika väderstreck, och dessutom har de olika delarna av byggnaden olika taklutningar. Tabell 4.9 visar indata som behövdes för simuleringar i PVGIS.



## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 4.9 Indata som användes i simuleringar i PVGIS.

Orientering	Takarea (m <sup>2</sup> )	Taklutning (°)	Orientering, PVGIS (°)	Antal moduler (st)	Peak power (kWp)
Nordväst	421,74	10	135	258	92,88
Nordväst	182,27	25	135	111	39,96
Sydöst	61,56	6	-45	37	13,32
Sydöst	182,27	25	-45	111	30,96
Sydväst	139,54	14	45	85	30,6
Nordöst	139,54	14	-135	85	30,6

Slutligen jämfördes den solenergiproduktionen med byggnadens elbehov under dagtid. Jämförelsen gjordes per månad för att undersöka om den månatliga soletproduktionen täcker det månatliga elbehovet, då soletproduktionen är lägre under vintermånaderna och högre under sommarmånaderna.

### Livscykelanalys

Renobuild är uppbyggt för att jämföra olika alternativ, dessa är namngivna efter alternativ 1, 2, 3, 4 etcetera i Excel-verktyget. Endast förbättring A (ventilation) och D (solceller) kunde implementeras i livscykelanalysen. Belysning och solskydd beaktades inte på grund av att det var svårt att hitta korrekt klimatpåverkansdata. Jämförelsen hade blivit felaktig. Eftersom byte av 60-tals byggnadens uppvärmningssystem redan är bestämt kommer detta inkluderas i livscykelanalysen. En förenkling har också gjorts som innebär att hela byggnaden kommer drivas på fjärrvärme.

Att få fram information om i vilka länder som produktionen av solceller, vindkraftverk och ventilationsaggregat sker, var problematiskt. Därför gjordes ett aktivt val att helt bortse ifrån transporter i livscykelanalysen.

Referenslivslängden i livscykelanalysen har valts till 50 år för att det anses vara en standard för livslängd för olika typer av byggnader (Erlandsson & Holm, 2015). Renoveringen antas därmed ha en livslängd på 50 år och under den perioden tar livscykelanalysen hänsyn till de åtgärder där livslängden är kortare.

Fyra förbättringskombinationer valdes ut för jämförelse med den befintliga byggnaden (alt. 2–5).

- Referensfall (Alt. 1) – Byggnaden som den är idag, utan några förbättringar.
- Alternativ 2 – Förbättring A (ventilation) samt ändring av uppvärmningsform.
- Alternativ 3 – Förbättring A (ventilation) och D (solceller) samt ändring av uppvärmningsform.
- Alternativ 4 – Förbättring A (ventilation), vindkraft samt ändring av uppvärmningsform.
- Alternativ 5 – Förbättring A (ventilation), D (solceller), vindkraft samt ändring av uppvärmningsform.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

Följande information har använts för jämförelse i Renobuilds Excel-verktyg vid alternativ 2–5:

### *Alternativ 2*

Ventilationsaggregat (byte i 80-tals byggnaden):

- Ventilationsaggregatet inkluderades i beräkningarna
- Dimensionerande luftflöde (frånluft) på 5652 m<sup>3</sup>/h användes.

Energi för uppvärmning:

- Från direktel till fjärrvärme
- Då uppvärmningen sker med både direktel och fjärrvärme har det totala värmebehovet delats upp procentuellt. Den andel av byggnaden som värms upp av direktel är 55% enligt bilaga 3. Detta innebär att det årliga värmebehovet efter renovering är 55% av IDA-ICE resultatet för värmebehovet för förbättring A (ventilation). Då det endast är denna andel som byts till fjärrvärme.

Byte av uppvärmningsform:

- Inkluderades ej eftersom fjärrvärmecentralen i 80-tals byggnaden redan är installerad.

Ändring i energianvändning mot referensfall:

- Besparingen av ändring i årligt värmebehov beräknades genom skillnaden mellan totalt värmebehov för den befintliga byggnaden och förbättring A (ventilation).
- Besparingen för ändring i årligt elbehov beräknades genom skillnaden för totalt elbehov för den befintliga byggnaden och förbättring A (ventilation).

### *Alternativ 3*

Analysen inkluderade att byta ut ventilationsaggregatet i 80-tals byggnaden, ändra uppvärmningsform från direktel till fjärrvärme samt tillförandet av egenproducerad el från solcellerna.

Alla inställningar för alternativ 2 inkluderades samt nedan:

Egenproducerad el:

- För solceller inkluderades installationen av anläggningen. Dessutom användes totala arean för anläggningens storlek på 1120 m<sup>2</sup>, framräknad i bilaga 4 och den årliga solenergiproduktionen.

### *Alternativ 4*

Analysen inkluderade att byta ut ventilationsaggregatet i 80-tals byggnaden, ändra uppvärmningsform från direktel till fjärrvärme samt tillförandet av egenproducerad el från vindkraft.

Alla inställningar för alternativ 2 inkluderades samt nedan:

Egenproducerad el:

- För vindkraft inkluderades installationen av en anläggning som finns på marknaden idag. Bygglovspliktigt vindkraftverk valdes då den klimatpåverkan som kunde användas var lika stor för de båda och att ett bygglovspliktigt vindkraftverk har fördelen att generera mer el. Den årliga elproduktionen antogs till 55 000 kWh/år, då detta är ett medelvärde av årliga produktionen, enligt tabell 2.1.

Övrigt, tillägg från extern analys:

- Klimatpåverkan för vindkraft fylldes i till 605 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Denna beräknades med 0,011 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kWh, information från avsnitt 2.5.3 som multiplicerades med den årliga produktionen.

### *Alternativ 5*

Analysen inkluderade att byta ut ventilationsaggregatet i 80-tals byggnaden, ändra uppvärmningsform från direktel till fjärrvärme samt tillförandet av egenproducerad el från solceller och vindkraft.

Alla inställningar för alternativ 2 inkluderades samt nedan:

Egenproducerad el:

- För alternativ 5 inkluderades installationen av anläggningarna. Dessutom användes totala arean för anläggningens storlek på 1120 m<sup>2</sup>. Både solcellers- och vindkraftens kombinerade elproduktion användes som årlig elproduktion.

Övrigt, tillägg från extern analys:

- Klimatpåverkan för vindkraft fylldes i till 605 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Denna beräknades med 0,011 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kWh, information från avsnitt 2.5.3 som multiplicerades med den årliga produktionen.

### **4.2.4 Förbättringar installationer och klimatskal**

LCA:n användes som en utgångspunkt för att avgöra vilket renoveringsalternativ som har minst klimatpåverkan. Utifrån det valda alternativet i LCA:n valdes den bästa förbättringen (A-D) ut enligt följande kriterier:

- Energibehov
- Inomhuskomfort
- Egenproducerad el

I tabell 4.10 visas de olika alternativ/förbättringar som studerats.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 4.10 Studiens olika alternativ/förbättringar som undersökts.

LCA	Energibehov	Solenergi
Alt 2 (ventilation)	Förb. A (ventilation)	Förb. D (solceller)
Alt 3 (ventilation och solceller)	Förb. B (ventilation och belysning)	-
Alt 4 (ventilation, vindkraft)	Förb. C (ventilation, belysning och solskydd)	-
Alt 5 (ventilation, solceller och vindkraft)	-	-

De valda förbättringarna kombinerades med Svensson och Piltz Vitanc (2021) bästa förbättringar för klimatskalet och simulerades i IDA-ICE.

### 4.2.5 Miljöbyggnad

Miljöbyggnad användes som ett stöd genom hela genomförandefasen. De steg som kontrollerades mot de utvalda indikationerna i Miljöbyggnad var:

- Befintlig byggnad
- Förbättring installationer
- Förbättring installationer och klimatskal

### Indikator 1 – Värmeeffektbehov

För att få fram värmeeffektbehovet användes Miljöbyggnads egna beräkningsverktyg för indikator 1. Byggnadens värmeförluster, på grund av värmetransmission, luftläckage och ventilation, beräknades. Värmeeffektbehovet beräknades endast för de delar av byggnaden som värms upp till 10°C eller mer. Den uppvärmda golvarean, exklusive den uppvärmda kryppgrunden och kabelkällaren, beräknades till 2067,5 m<sup>2</sup>.

Transmissionsförluster för alla byggnadsdelars respektive delareor och andelen köldbryggor fördes in. För att beräkna byggnadens ventilationsförluster har flödena för de olika ventilationssystemen summerats, se tabell 4.11, och de olika systemens temperaturverkningsgrad har angetts. Byggnadens ofrivilliga ventilation har antagits till 0,9 l/s, m<sup>2</sup> vid 50 Pa. Då byggnadens transmissionsförluster och köldbryggor har tagits fram av Svensson och Plitz Vitanc har framtagandet av denna indikator varit ett samarbete.

Tabell 4.11 Totalflöden för byggnadens olika system och olika förbättringar.

System	Befintlig byggnad (l/s)	Förbättringar installationer (l/s)	Förbättringar installationer & klimatskal (l/s)
FTX-11	945	485	485
FTX-80	470	700	700
F-system	170	170	170

### Indikator 3 – Energianvändning

Byggnadens årliga energianvändning beräknades och jämfördes med BBR:s energikrav. För att få fram betyget för indikator 3 gällande energianvändning, gjordes en beräkning av byggnadens primärenergital i tre avseenden, av den befintliga byggnaden, efter installationsförbättringar och efter de sammanslagna installations- och klimatskalsförbättringarna. BBR:s metod för beräkning av en byggnads primärenergital användes (BBR, 2011:6).

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left( \frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{f,i} \right) \times VF_i}{A_{temp}}$$

Beräkningarna är baserade på data från IDA-ICE-simuleringar. Byggnadens värms i dagsläget med både direktel och fjärrvärme och därför har en procentuell uppdelning av byggnaden gjorts, se bilaga 3. Denna uppdelning har gjorts eftersom av beräkningen av byggnadens primärenergital kräver olika viktningsfaktorer beroende på energibärare (BBR, 2011:6). Viktningsfaktorerna för detta fall ses i tabell 4.12.

Tabell 4.12 Viktningsfaktorer för byggnadens energibärare

Energibärare	Viktningsfaktor VFi
El ( $VF_{el}$ )	1,8
Fjärrvärme ( $VF_{fjv}$ )	0,7

För studiens förbättringar var denna uppdelning inte längre nödvändig då endast fjärrvärme användes.

För att kunna tillgodoräkna byggnadens producerade solenergi måste energin användas momentant. Därför togs både det månatliga elbehovet och elbehovet under dagtid fram, då solcellerna inte producerar lika mycket el vintertid och inte alls på natten.

### Indikator 4 – Andel förnybar energi

Denna indikator har tagits fram med hjälp av Miljöbyggnads beräkningsverktyg. Resultaten från energiberäkningarna fördelades ut procentuellt på de olika ursprungsenergislagen, så som förnybar flödande energi, förnybar energi baserad på biobränsle och ej förnybar energi. Även lokalt genererad ny förnybar flödande energi kunde tillgodoräknas.

Då Trelleborgs Energi tillhandahåller el till Trelleborgs kommun, har denna indikator baserats på Trelleborgs Energis el-mix (Smutselskollen, 2019).

### Indikator 7 – Ventilation

Denna indikator undersöker ventilationssystemets kapacitet, luftkvalité, donplacering och förvaltningsrutiner. I byggnader där människor är den största föroreningskällan, så

som en kontorsbyggnad, ska arbetsmiljöverkets krav på 0,35 l/s, m<sup>2</sup> golvarea och 7 l/s och person följas.

Denna indikator togs fram genom studiens IDA-ICE-simuleringar av byggnadens koldioxid-halter. De kritiska zonerna har undersökts och jämförts med Miljöbyggnads betygskriterier.

### **Indikator 10 – Termiskt klimat sommar**

Denna indikator bedömer det termiska klimatet i byggnaden med hjälp av PPD-index vid en kritiskt varm och solig dag. Byggnader med komfortkyla behöver utöver PPD-bedömningen även en godkänd enkät eller göra en mätning av det termiska klimatet.

Även denna indikator har tagits fram med hjälp av studiens IDA-ICE-simuleringar av PPD-index. De kritiska zonerna har undersökts och jämförts med Miljöbyggnads betygskriterier.

## 5 Resultat & Analys

Efter simuleringar i IDA-ICE och PVGIS har relevant data för utvärdering i livscykelanalysen och Miljöbyggnad 3.1 valts ut för att presenteras. Resultaten presenteras enligt följande uppdelning:

- Kvalitetssäkring – Handberäkning och simulering i IDA-ICE
- Befintlig byggnad – Simulering i IDA-ICE
- Förbättring installationer – Simulering i IDA-ICE och PVGIS, samt LCA
- Förbättring installationer och klimatskal – Simulering i IDA-ICE

### 5.1 Kvalitetssäkring

#### 5.1.1 Energibehov

Enligt handberäkningen blev den befintliga byggnadens värmebehov, med nollklimat och utan gratisvärme, 616 262 kWh/år. Simulering av samma förhållande i IDA-ICE gav ett värmebehov på 691 794 kWh/år.

#### Analys

Handberäkningen och simuleringresultatet stämmer inte exakt överens, förmodligen på grund av att IDA-ICE tar hänsyn till fler detaljer än vad handberäkningen kan göra. Värdena är ändå relativt nära varandra och därför anses kvalitetssäkringen vara tillförlitlig.

### 5.2 Befintlig byggnad

I detta avsnitt redovisas hur den befintliga byggnadens energibehov och inneklimat är, fastställt med hjälp av simulering i IDA-ICE.

#### 5.2.1 Energibehov

Byggnadens årliga energibehov presenteras i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Den befintliga byggnadens årliga el- och värmebehov enligt simulering i IDA-ICE.

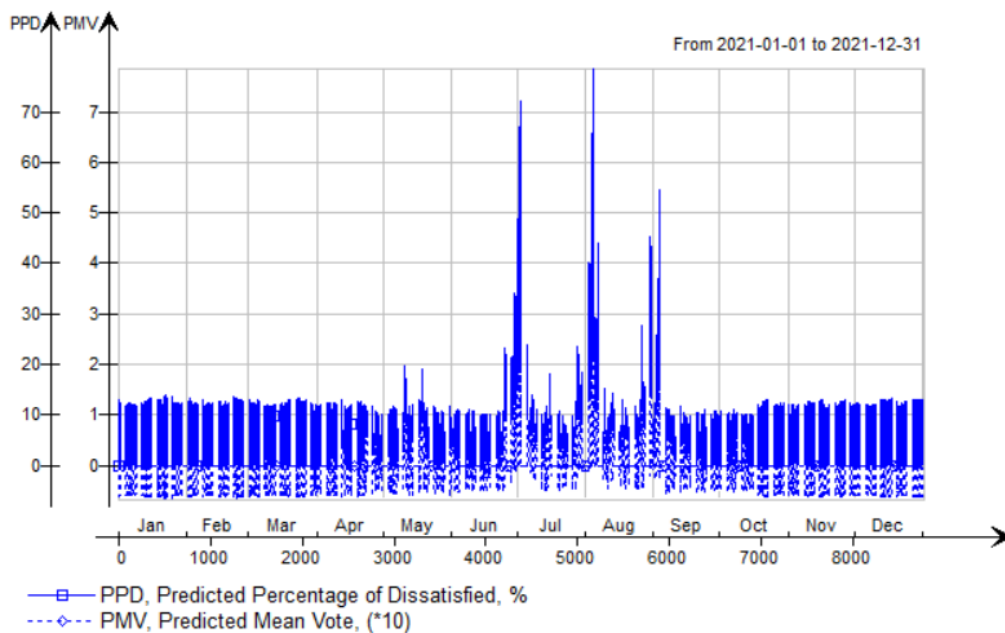
	Befintlig byggnad (kWh)
Fastighetsel	
– Kyla	2 486
– Fläktar	16 896
Verksamhetsel	
– Belysning	55 326
– Utrustning	35 433
<b>Totalt elbehov</b>	<b>110 141</b>
Uppvärmning	402 645
Tappvarmvatten	3 582
<b>Totalt värmebehov</b>	<b>406 227</b>

### 5.2.2 PPD

Den beräknade termiska komforten ses i tabell 5.2, de fem mest kritiska zonerna presenteras. Kontoret i zon 83 visade sig vara den mest kritiska zonen ur komfortsynpunkt med en PPD på 78,47% under sommarhalvåret. Detta synliggörs i figur 5.1. I bilaga 8 ses PPD:n för de zonerna i byggnaden där människor befinner sig. Figur 5.2 visar den operativa temperaturen för den mest kritiska zonen, zon 83.

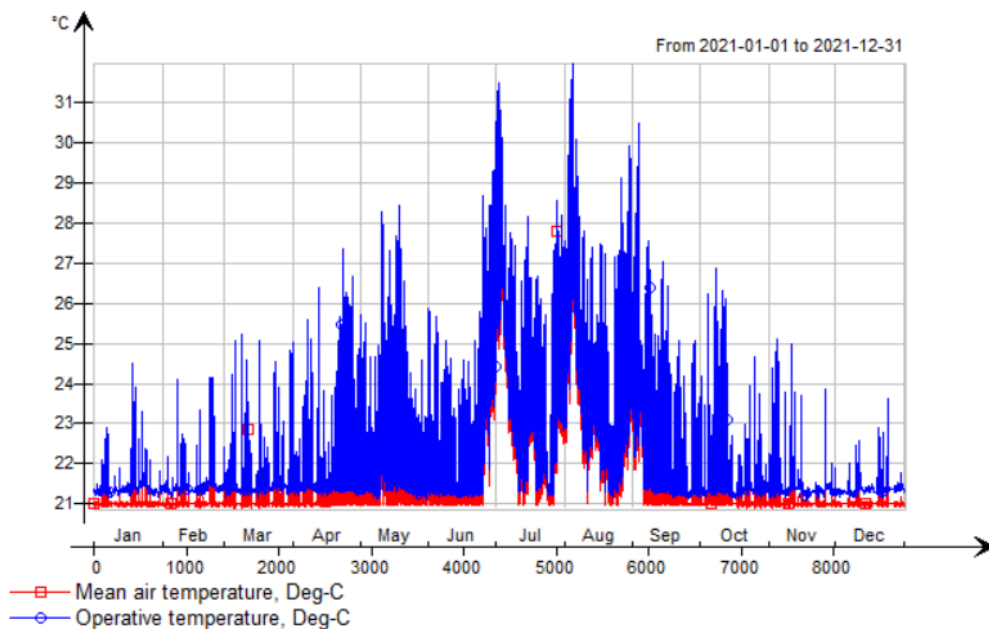
Tabell 5.2 Maxvärde av PPD för de mest kritiska zonerna i byggnaden.

Zon	Max PPD (%)
83	78,47
81	66,31
74	36,66
73	35,05
76	34,43



Figur 5.1 Presentation av PPD (blå heldragen linje) för zon 83.





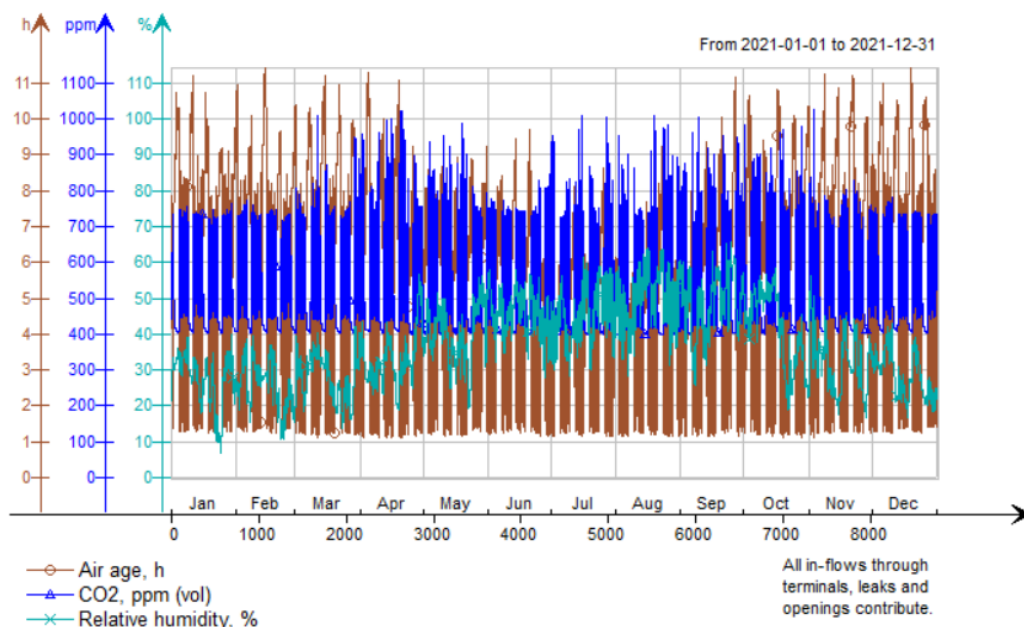
Figur 5.2 Presentation av den operativa temperaturen (blå linje) av zon 83.

### 5.2.3 CO<sub>2</sub> (ppm)

Koldioxidhalten för de fem mest kritiska zonerna i byggnaden presenteras i tabell 5.3. Den zonen med högst CO<sub>2</sub>-halt är ett kontor, zon 74, som uppgick till 1027 ppm. Figur 5.3 visar att CO<sub>2</sub>-halten endast överstiger 1000 ppm tillfälligt. Bilaga 9 visar CO<sub>2</sub>-halten för alla zoner i byggnaden.

Tabell 5.3 Maxvärde av CO<sub>2</sub>-halt för de fem kritiska zonerna i byggnaden.

Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)
74	1 027
73	1 027
71	1 024
42	1 006
41	977,3



Figur 5.3 Presentation av CO<sub>2</sub>-halt (blå linje) för zon 74.

### Analys

Simuleringen av den befintliga byggnaden visade att byggnadens totala energibehov ligger på 516 368 kWh/år för ett standardklimat för Malmö/Sturup. Den visar också att PPD:n är väldigt hög. I den kritiska zonen, zon 83, är den så hög som 78% och missnöjet beror på övertemperaturer, detta visas i figur 5.2. Koldioxidhalten i 5 zoner ligger över 900 ppm, som är Miljöbyggnads rekommenderade värde.

## 5.3 Förbättringar installationer

### 5.3.1 Energibehov

Byggnadens energibehov efter simulering presenteras i tabell 5.4.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.4 Byggnadens totala årliga el- och värmebehov enligt simuleringar i IDA-ICE. Befintlig byggnad jämfört med förbättringar som gjorts.

	Befintlig byggnad (kWh)	Förbättring A ventilation (kWh)	Förbättring B ventilation & belysning (kWh)	Förbättring C ventilation, belysning & solskydd (kWh)
Fastighetsel				
– Kyla	2 486	1 749	1 728	1 671
– Fläktar	16 896	8 149	8 149	8 149
Verksamhetsel				
– Belysning	55 326	55 739	6 689	6 689
– Utrustning	35 433	35 438	35 439	35 437
<b>Totalt elbehov</b>	<b>110 141</b>	<b>101 075</b>	<b>52 005</b>	<b>51 946</b>
Uppvärmning	402 645	369 494	409 294	429 226
Tappvarmvatten	3 582	3 582	3 582	3 582
<b>Totalt värmebehov</b>	<b>406 227</b>	<b>373 076</b>	<b>412 876</b>	<b>432 808</b>

### 5.3.2 PPD

Den beräknade termiska komforten presenteras i tabell 5.5. De fem kritiska zonerna i byggnaden visas för de olika simuleringar som gjorts. Bilaga 8 visar PPD:n för alla zoner i byggnaden under samtliga förbättringar.

Tabell 5.5 Maxvärde av PPD för de olika förbättringarna. Tabellen visar de fem kritiska zonerna i byggnaden.

Befintlig byggnad		Förbättring A ventilation		Förbättring B ventilation & belysning		Förbättring C ventilation, belysning & solskydd	
Zon	Max PPD (%)	Zon	Max PPD (%)	Zon	Max PPD (%)	Zon	Max PPD (%)
83	78,47	83	62,02	83	33,53	62	17,30
81	66,31	81	48,04	81	22,90	5	15,55
74	36,66	54	38,05	62	17,30	19	15,49
73	35,05	53	27,96	19	15,42	15	15,41
76	34,43	52	27,82	5	15,40	48	14,71

### 5.3.3 CO<sub>2</sub> (ppm)

Koldioxidhalten presenteras i tabell 5.6. De fem kritiska zonerna i byggnaden visas för de olika simuleringar som gjorts. Bilaga 8 visar halten CO<sub>2</sub> för alla zoner i byggnaden under samtliga förbättringar.

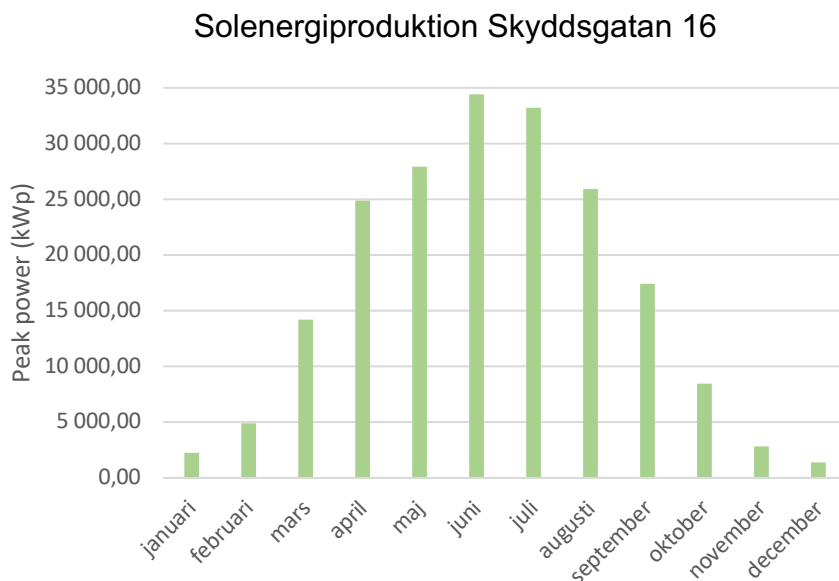
## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.6 Maxvärde av CO<sub>2</sub>-halt för de olika förbättringarna. Tabellen visar de fem kritiska zonerna i byggnaden.

Befintlig byggnad		Förbättring A ventilation		Förbättring B ventilation & belysning		Förbättring C ventilation, belysning & solskydd	
Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)	Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)	Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)	Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)
74	1 027	62	876,6	62	876,6	62	876,6
73	1 027	15	781,3	15	781,3	15	781,3
71	1 024	63	781,2	63	781,2	71	781,3
42	1 006	5	781,1	5	781,1	63	781,2
41	977,3	74	781,0	74	780,7	5	781,1

### 5.3.4 Solenergiproduktion

Den totala solenergiproduktionen från simuleringen är 202 455 kWh/år som visas i tabell 5.7. Resultatet visas månadsvis i figur 5.4. För information om byggnadens olika taks månadsproduktion se bilaga 4.



Figur 5.4 Totalt producerad solenergi enligt PVGIS, presenterad månadsvis.

I tabell 5.7 redovisas elförbrukningen dagtid för förbättring C (ventilation, belysning och solskydd). Tabellen visar också den månatliga produktionen av solenergi och vad differensen varje månad blir. Solenergianläggningens över- och underproduktions ses i figur 5.5.

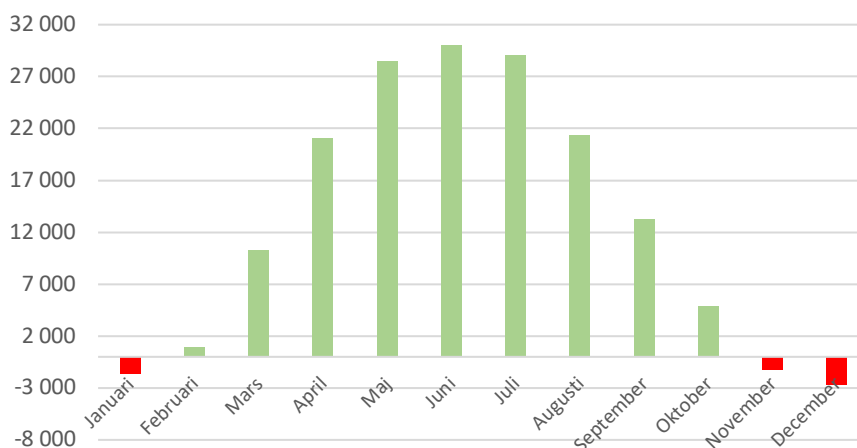
## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.7 Byggnadens dagliga elbehov kontra byggnadens solesproduktion per månad och den månatliga över- eller underproduktionen av solel.

	<b>Elförbrukning dagtid Förbättring C ventilation, belysning och solskydd (kWh)</b>	<b>Produktion solenergi Förbättring D solceller (kWh)</b>	<b>Differens (kWh)</b>
Januari	3 843	2 230	-1 613
Februari	4 009	4 923	914
Mars	3 978	14 193	10 215
April	3 792	24 870	21 078
Maj	4 027	32 528	28 501
Juni	4 366	34 420	30 054
Juli	4 166	33 224	29 058
Augusti	4 548	25 926	21 378
September	4 159	17 441	13 282
Oktober	3 608	8 461	4 853
November	4 108	2 830	-1 278
December	4 052	1 401	-2 651
<b>Totalt</b>	<b>48 656</b>	<b>202 446</b>	<b>-</b>

Total underproduktion av solenergi under ett helt år blir 5542 kWh.

### Över- och underskottsproduktion i kWh/månad



Figur 5.5 Byggnadens över- och underskottsproduktion av solel, per månad.

### Analys

Då den befintliga byggnaden hade höga koldioxidhalter valdes förbättring av ventilation som första åtgärd. Denna simulering visade att ppm-värdena sjönk, så pass att de hamnade under kravet för Miljöbyggnad. För att säkerställa att ppm-kravet hålls, har ventilationsåtgärden inkluderats i alla följande förbättringar. Dessutom är det äldre ventilationsaggregatet 30–40 år gammalt och behöver bytas ut för att öka effektiviteten.

Vid byte av belysning gick elanvändningen ner med ca 49 000 kWh/år. Däremot ökade värmebehovet på grund att mycket gratisvärme försvann.

Då PPD:n är hög i den befintliga byggnaden är det viktigt att få ner denna så mycket som möjligt. Efter förbättringen i ventilation förändrades inte PPD:n mycket. Vid byte av belysningen sjönk gratisvärmen en hel del i de kritiska zonerna och därmed även PPD:n, från 78% till 34%. Som sista åtgärd, sattes solskydd upp över de flesta av byggnadens fönster. Detta resulterade i att PPD:n sjönk ytterligare från 34% till 17% i de mest kritiska zonerna. Hur solskyddet påverkar dagsljusinsläppet har Svensson & Piltz (2021) undersökt i sitt arbete.

Eftersom Skyddsgatan 16 besitter en stor takarea finns det möjlighet att producera en hel del solenergi. Då solenergi omvandlas till el kan däremot endast byggnadens elbehov försörjas.

### 5.3.5 Livscykelanalys

Resultaten av de olika alternativen i livscykelanalysen presenteras i detta avsnitt. De olika alternativen är följande:

- Alternativ 2 – Förbättring A (ventilation)
- Alternativ 3 – Förbättring A (ventilation) och D (solceller)
- Alternativ 4 – Förbättring A (ventilation) och vindkraft
- Alternativ 5 – Förbättring A (ventilation) D (solceller) och vindkraft

Den andel av uppvärmningen som byts till fjärrvärme är 177 692 kWh. Beräkningen gjordes med resultat från tabell 5.4, förbättring A (ventilation) och avsnitt 4.2.3.

$$323\,076 \cdot 0,55 = 177\,692 \text{ kWh}$$

Ändring i årligt värmebehov blev 33 151 kWh. Det beräknades genom skillnaden mellan totalt värmebehov för den befintliga byggnaden och förbättring A (ventilation), som redovisas i tabell 5.4:

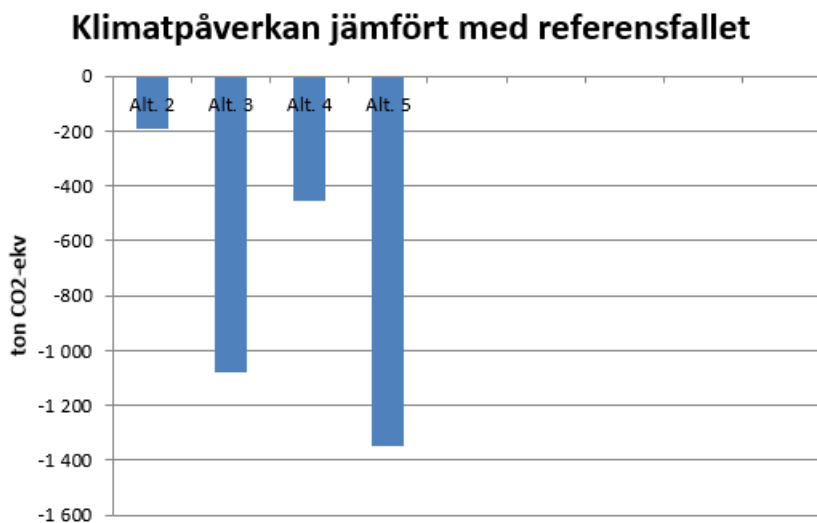
$$406\,277 - 373\,076 = 33\,151 \text{ kWh}$$

Ändring i årligt elbehov blev 9 066 kWh. Det beräknades genom skillnaden mellan totalt elbehov för den befintliga byggnaden och förbättring A (ventilation), som redovisas i tabell 5.4:

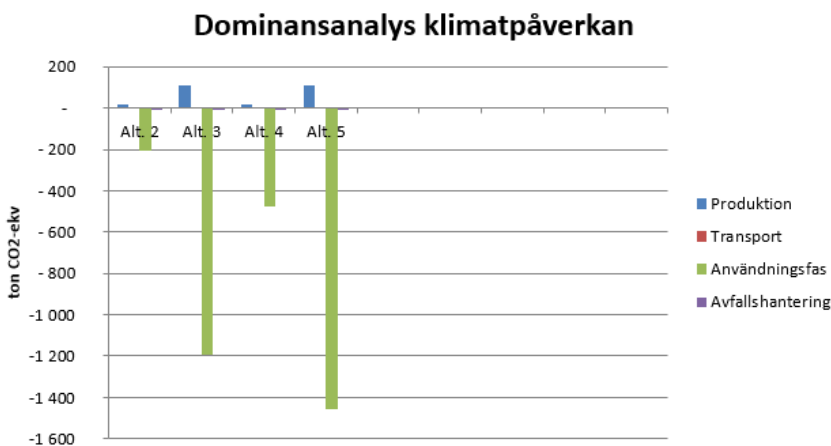
$$101\,141 - 101\,075 = 9\,066 \text{ kWh}$$

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

En jämförelse mellan den befintliga byggnaden och de olika alternativens klimatpåverkan presenteras i figur 5.6. Figur 5.7 visar dominansanalysen av klimatpåverkan och den miljömässiga återbetalningstiden presenteras i figur 5.8.

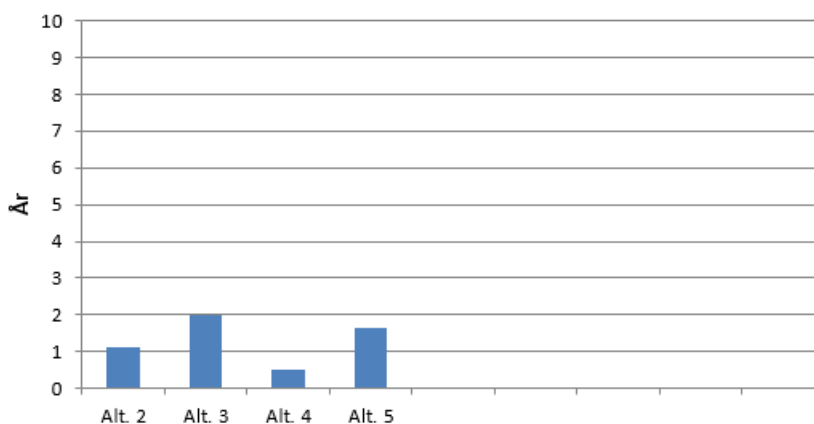


Figur 5.6 Utsläpp av CO<sub>2</sub>-ekv för de olika alternativen jämfört med referensfallet, den ursprungliga byggnaden.



Figur 5.7 Dominansanalys av de olika alternativen, beskrivet i ton CO<sub>2</sub>-ekv.

## Miljömässig pay-back-tid för klimatpåverkan



Figur 5.8 De olika alternativens återbetalningstid ur miljösynpunkt.

### Analys

Figur 5.6 visar att alla alternativ ger en lägre klimatpåverkan jämfört med den befintliga byggnaden. Den absolut lägsta klimatpåverkan fås med alternativ 5 (ventilation, solceller och vindkraft) i där besparingen av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter är nästan 1400 ton totalt.

Figur 5.7 visar var i livscykelns som klimatpåverkan blir som störst. Alla alternativ har en negativ påverkan under produktionsfasen men användningsfasen ger en betydligt lägre påverkan och väger där med upp. Dessutom har avfallshanteringen också en liten positiv klimatpåverkan.

Den miljömässiga återbetalningstiden som presenteras i figur 5.8 visar att alla föreslagna alternativ har en återbetalningstid på mindre än 2 år enligt Renobuild.

Att genomföra något av dessa fem alternativ är en gynnsam åtgärd ur klimatsynpunkt. Detta då återbetalningstiden är under 2 år och besparingen i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter är nästan 1400 ton.

## 5.4 Förbättring installationer och klimatskal

I detta avsnitt presenteras först resultatet av de installationstekniska förbättringar som är bäst klimat- och komfortsynpunkt. Sedan följer resultaten från de gemensamma förbättringar som båda examensarbetena har lett fram till.

### 5.4.1 Utvalda installationstekniska förbättringar

I tabell 5.8 presenteras de alternativ/förbättringar som är bäst ur renoveringssynpunkt för klimatet och byggandens inomhuskomfort.



## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.8 Studiens valda alternativ/förbättringar.

LCA	Energibehov	Solenergi	Vald kombination
Alt 2 (ventilation)	Förb. A (ventilation)	Förb. D (solceller)	Alt 3 → Förb. C och D
Alt 3 (ventilation och solceller)	Förb. B (ventilation och belysning)	-	
Alt 4 (ventilation, vindkraft)	Förb. C (ventilation, belysning och solskydd)	-	
Alt 5 (ventilation, solceller och vindkraft)	-	-	

### Analys

Resultatet av LCA:n visade att alla alternativ (2–5) är gynnsamma för klimatet. Alternativ 5 (ventilation, solceller och vindkraft) var det absolut bästa men är inte praktiskt genomförbart i verkligheten, då ett bygglov för vindkraft förmodligen inte kan motiveras mitt i en stad. Istället väljs alternativ 3 (ventilation och solceller) som en utgångspunkt för att det är mest realistiskt att implementera och fortfarande gynnsamt ur klimatsynpunkt.

Förbättring C (ventilation, belysning och solskydd) väljs ut som den bästa, dels på grund av att elbehovet halveras, dels för att den inkluderar solskydd som sänker byggnadens PPD och förbättrar inneklimatet avsevärt. Denna förbättring kombinerades med förbättring D (solceller) för att kunna producera el och täcka kontorsbyggnadens dagliga elbehov.

Alternativ 3 (ventilation och solceller) i LCA:n motsvarar egentligen förbättring A (ventilation) och D (solceller) men eftersom inomhuskomforten är en viktig del i denna studie väljs förbättring C (ventilation, belysning och solskydd).

### 5.4.2 Energibehov

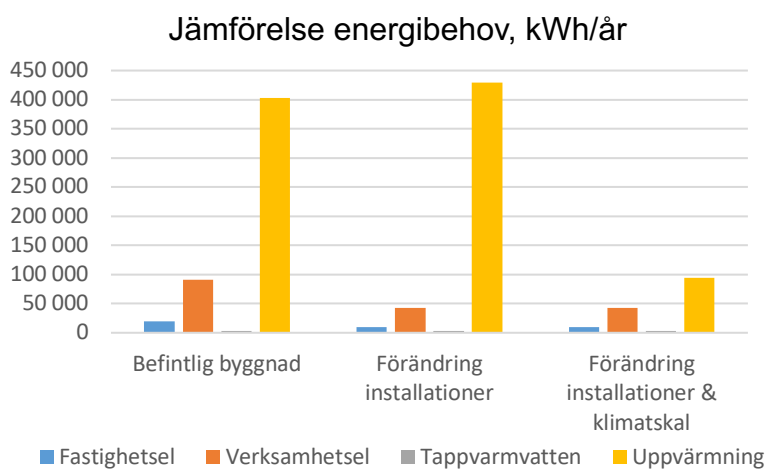
De markerade förbättringarna i tabell 5.8 som är studiens rekommendation att utföra ur installationssynpunkt, kombineras med Svensson och Piltz Vitancs (2021) klimatskalsförbättringar och resultat från IDA-ICE presenteras nedan.

Byggnadens energibehov efter simulering presenteras i tabell 5.9 och figur 5.9 presenterar en jämförelse mellan studiens förbättringar och den befintliga byggnadens energibehov.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.9 Byggnadens totala årliga el- och värmebehov enligt simuleringar i IDA-ICE. Befintlig byggnad jämfört med förbättring i installationer och installationer & klimatskal.

	Befintlig byggnad (kWh)	Förbättring installationer (kWh)	Förbättring installationer & klimatskal (kWh)
Fastighetsel			
• Kyla	2 486	1 671	1 674
• Fläktar	16 896	8 149	8 148
Verksamhetsel			
• Belysning	55 326	6 689	6 689
• Utrustning	35 433	35 437	35 442
<b>Totalt elbehov</b>	<b>110 141</b>	<b>51 946</b>	<b>51 953</b>
Uppvärmning	402 645	429 226	93 880
Tappvarmvatten	3 582	3 582	3 582
<b>Totalt värmebehov</b>	<b>406 227</b>	<b>432 808</b>	<b>97 462</b>



Figur 5.9 En jämförelse i energibehov mellan studiens förbättringar och den befintliga byggnaden.

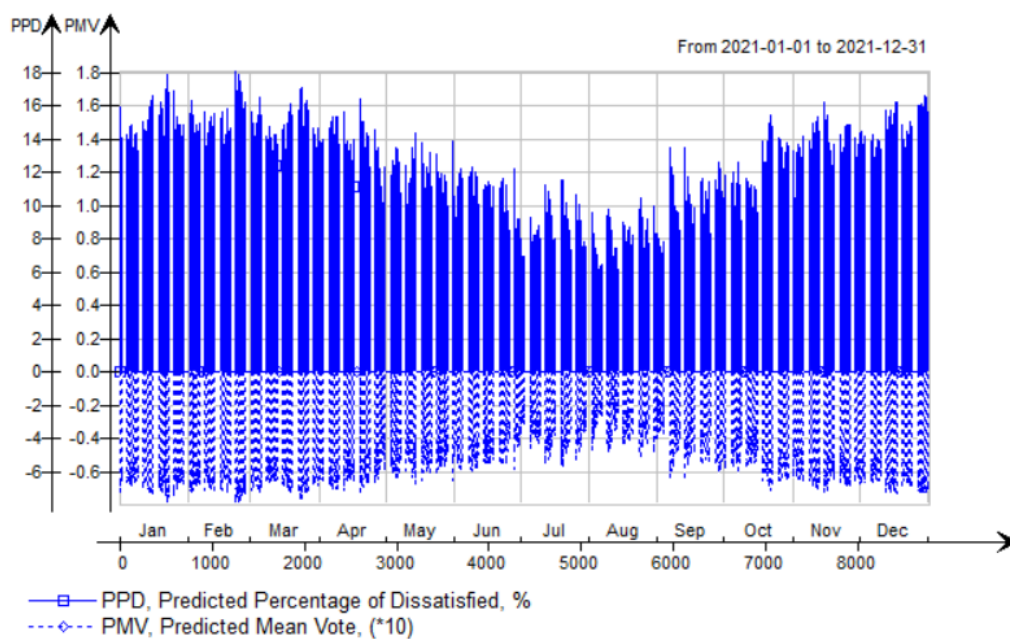
### 5.4.3 PPD

Den beräknade termiska komforten presenteras i tabell 5.10. De fem kritiska zonerna i byggnaden visas för den befintliga byggnaden, endast förbättring i installationer och båda gruppernas gemensamma förbättringar. Figur 5.10 visar den kritiska zonen i byggnaden, zon 19 och figur 5.11 visar den operativa temperaturen för den zonen. Bilaga 8 visar PPD för alla zoner i byggnaden under samtliga förbättringar.

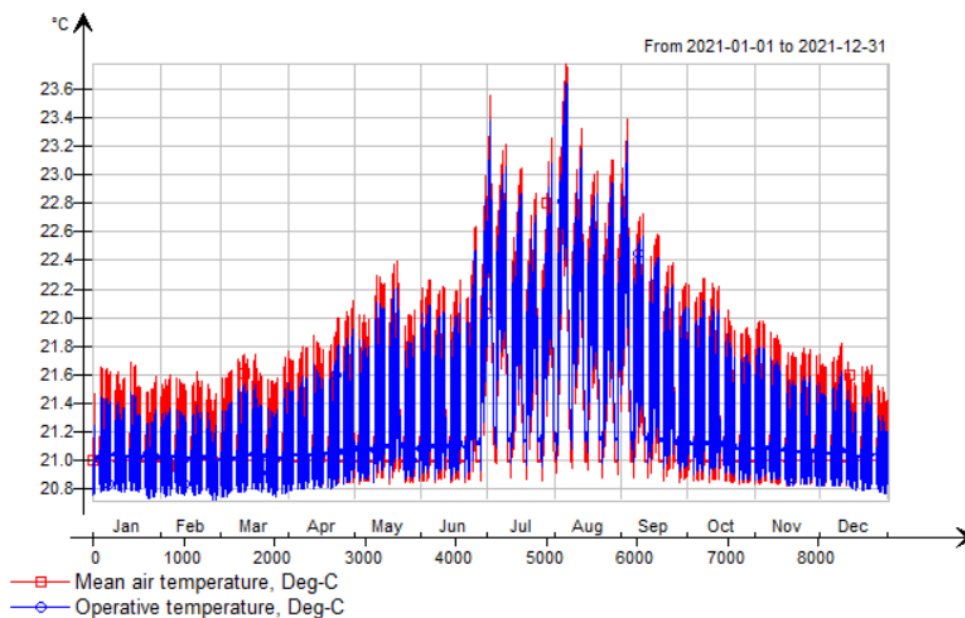
## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.10 Maxvärde av PPD för de olika förbättringarna. Tabellen visar de fem kritiska zonerna i byggnaden.

Befintlig byggnad		Förbättring installationer		Förbättring installationer & klimatskal	
Zon	Max PPD (%)	Zon	Max PPD (%)	Zon	Max PPD (%)
83	78,47	62	17,30	19	17,14
81	66,31	5	15,55	62	17,12
74	36,66	19	15,49	5	16,85
73	35,05	15	15,41	21	16,71
76	34,43	48	14,71	15	16,63



Figur 5.10 Presentation av PPD (blå heldragen linje) i förbättring installationer och klimatskal för zon 19.



Figur 5.11 Presentation av den operativa temperaturen (blå linje) i förbättring installationer och klimatskal för zon 19.

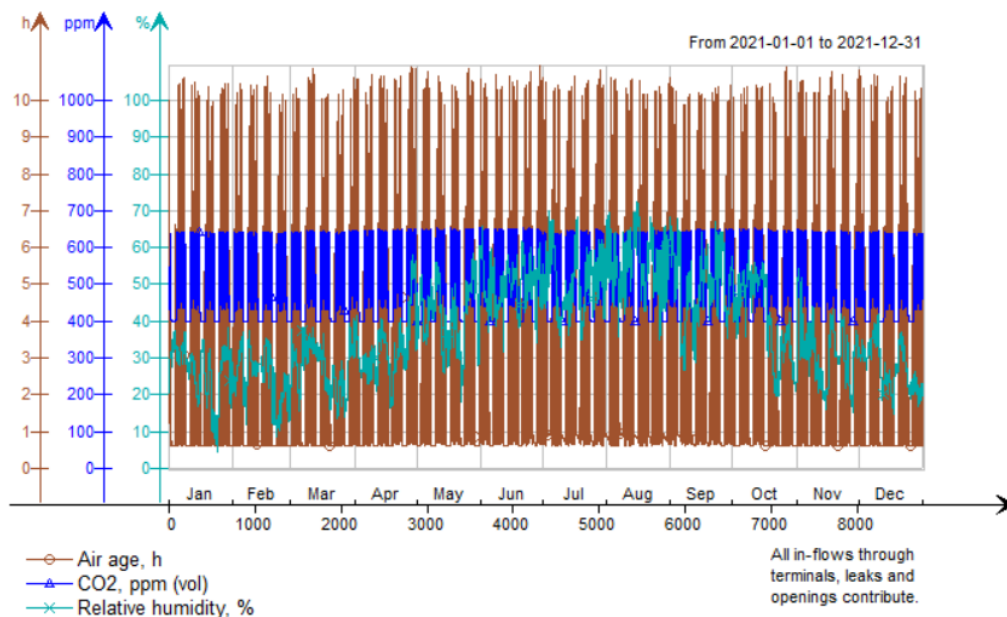
#### 5.4.4 CO<sub>2</sub> (ppm)

Halt av CO<sub>2</sub> presenteras i tabell 5.11. De fem kritiska zonerna i byggnaden visas för den befintliga byggnaden, endast förbättring i installationer och båda gruppernas gemensamma förbättringar. Bilaga 9 visar CO<sub>2</sub>-halt för alla zoner i byggnaden under samtliga förbättringar.

Tabell 5.11 Maxvärde av CO<sub>2</sub>-halt för de olika förbättringarna. Tabellen visar de fem kritiska zonerna i byggnaden.

Befintlig byggnad		Förbättring installationer		Förbättring installationer & klimatskal	
Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)	Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)	Zon	Max CO <sub>2</sub> ppm (vol)
74	1 027	62	876,6	62	876,6
73	1 027	15	781,3	15	781,3
71	1 024	71	781,3	71	781,2
42	1 006	63	781,2	63	781,2
41	977,3	5	781,1	5	781,1

Den årliga variationen i luftfuktighet för zon 19, visas i figur 5.12.



Figur 5.12 Redovisning av luftfuktighet (turkos linje), i förbättring installationer och klimatskal för zon 19.

### Analys

Skillnaden i totalt värmebehov per år blir väldigt stor när en sammanslagning av båda gruppernas förbättringar görs. Värmebehovet sjönk med 335 346 kWh/år. Klimatskalet har alltså en väldigt stor betydelse ur uppvärmningssynpunkt. Dessutom förändrades byggnadens termiska komfort en del. Från att vara kritisk på sommarhalvåret på grund av övertemperaturer, till att bli kritisk på vinterhalvåret istället. Enligt figur 5.11 är det rimligt att anta att detta inte bero på övertemperaturer. Utan snarare på grund av för låg luftfuktighet, som ses i figur 5.12.

## 5.5 Miljöbyggnad

I detta avsnitt presenteras resultaten från Skyddsgatan 16 utifrån Miljöbyggnads kriterier och krav. Först presenteras en sammanställning över det slutgiltiga resultatet för de olika indikatorerna som valdes ut i tabell 5.12. Sedan följer en djupare presentation av varje enskild indikators resultat, detta i en jämförelse mellan den befintliga byggnadens resultat och studiens olika förbättringar.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.12 Sammanställning av de slutgiltiga resultaten av de utvalda indikatorerna utifrån Miljöbyggnads kriterier.

Indikator	Befintlig byggnad	Förbättring installation	Förbättring installation & klimatskal
1. Värmeeffektbehov	Ej Brons	Ej Brons	GULD
3. Energianvändning	Ej Brons	Ej Brons	GULD
4. Andel förnybar energi	SILVER	GULD	GULD
7. Ventilation	SILVER	GULD	GULD
10. Termiskt klimat sommar	Ej Brons	Ej Brons	Ej Brons

### 5.5.1 Indikator 1 - Värmeeffektbehov

I tabell 5.14 visas resultatet för byggnadens värmeeffektbehov. Den befintliga byggnaden uppnår ej brons. Förbättring i installationer uppnår ej brons. Förbättring i installationer och klimatskal uppnår guld. Gränser för de olika betygen presenteras i tabell 5.13. En djupare inblick i resultatet kan göras i bilaga 5.

Tabell 5.13 Gränser för de olika betygen för den aktuella byggnaden.

	Brons	Silver	Guld
Gräns för betyg	27,0 W/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	21,6 W/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	16,2 W/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>

Tabell 5.14 Resultat av indikator 1 för befintlig byggnad, förbättring installationer och förbättring installationer och klimatskal.

	Befintlig byggnad	Förbättring installation	Förbättring installation & klimatskal
Beräknat värmeeffektbehov	30,6 W/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	28,6 W/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>	10,0 W/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub>

### Analys

I dagsläget har den befintliga byggnaden ett relativt stort värmeeffektbehov, då den inte når upp till betyget brons enligt Miljöbyggnad. Även efter ventilationsförbättringar är värmeeffektbehovet stort och når fortfarande inte brons. Det är tydligt att klimatskalet, och därmed U-värdet, har stor inverkan på byggnadens värmeeffektbehov, då byggnaden når betyget guld med lätthet efter implementering av det förbättrade klimatskalet.

### 5.5.2 Indikator 3 - Energianvändning

En djupare inblick i resultatet kan göras i bilaga 6 och baseras på byggnadens energibehov som finns i tabell 5.9.

I tabell 5.15 presenteras byggnadens primärenergital i det olika förbättringarna. Den befintliga byggnaden klarade ej bronskravet. Förbättring installationer uppnådde inte brons. Däremot förbättring installationer och klimatskal uppnådde guld.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.15 Resultat av indikator 3 för befintlig byggnad, förbättring installationer och installationer och klimatskal.

Befintlig byggnad	Förbättring installationer	Förbättring installationer & klimatskal
304 kWh/m <sup>2</sup> , år	165 kWh/m <sup>2</sup> , år	39 kWh/m <sup>2</sup> , år

### Analys

I dagsläget är byggnadens primärenergital högt över BBR:s krav på 70 kWh/m<sup>2</sup>, år för nybyggnation. När förbättringar i installationer görs sjunker primärenergitalet drastiskt men klarar fortfarande inte vare sig Miljöbyggnads eller BBR:s krav. Efter förbättringar i både installationer och klimatskal sjunker primärenergitalet ytterligare och uppnår miljöbyggnads krav för guld. Det är tydligt även i denna indikator att klimatskalet har betydelse för att kunna göra stor skillnad i byggnadens primärenergital.

### 5.5.3 Indikator 4 – Andel förnybar energi

I tabell 5.16 visas betyget för andel förnybar energi, för de tre olika alternativen. Den befintliga byggnaden uppnådde silver och studiens två förbättringar uppnådde båda guld för indikator 4. En djupare inblick i resultatet kan göras i bilaga 7.

Tabell 5.16 Resultat av indikator 4 för befintlig byggnad, förbättring installationer och förbättring installationer och klimatskal.

	Befintlig byggnad	Förbättring installationer	Förbättring installationer & klimatskal
Indikator 4	SILVER	GULD	GULD

### Analys

Då Trelleborgs Energi i dagsläget levererar 100% förnybar energi ger detta betyg silver enligt Miljöbyggnad. Däremot uppnås betyget guld vid förbättringen av installationer, då solceller implementeras. Den solel som kan tillgodoräknas byggnaden, enligt BBR (Tarnawski & Winkler, 2017), uppgår till 9% och resterande 91% består av förnybar energi. Denna fördelning av energikällor behålls till den sammanslagna förbättringen mellan installationer och klimatskal och uppnår därför betyget guld då också.

### 5.5.4 Indikator 7 – Ventilation

Resultat av halten CO<sub>2</sub> för de fem kritiska zonerna i byggnaden presenteras i tabell 5.11. Den befintliga byggnaden uppnår betyg silver och studiens båda förbättringar uppnår betyget guld, vilket presenteras i tabell 5.17.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Tabell 5.17 Resultat av indikator 7 för befintlig byggnad, förbättring installationer och förbättring installationer och klimatskal.

	Befintlig byggnad	Förbättring installationer	Förbättring installationer & klimatskal
Indikator 7	SILVER	GULD	GULD

### Analys

Koldioxid-halten i de flesta zonerna i den befintliga byggnaden ligger under Miljöbyggnads krav på 900 ppm, för betyget guld. Det finns dock fem zoner som överstiger detta krav. En av de kritiska zonerna har undersökts noggrannare, zon 74, i figur 5.3. Diagrammet visar att zonen endast överstiger 1000 ppm tillfälligt under ett år. Därför anses betyget silver vara berättigat.

Vid förbättringen av ventilationssystemet, det vill säga uppgradering av aggregat och förbättring av flöden i varje zon, förbättrades luftkvaliteten och koldioxidhalten sjönk till under 900 ppm. Därför klarar förbättring installationer och förbättring installationer och klimatskal betyget guld.

### 5.5.5 Indikator 10 – Termiskt klimat sommar

Maxvärde för PPD för de fem kritiska zonerna presenteras i tabell 5.10. Den befintliga byggnaden och studiens två olika förbättringar uppnår ej betyget brons vilket visas i tabell 5.18.

Tabell 5.18 Resultat av indikator 10 för befintlig byggnad, förbättring installationer och förbättring installationer och klimatskal.

	Befintlig byggnad	Förbättring installationer	Förbättring installationer & klimatskal
Indikator 10	Ej Brons	Ej Brons	Ej Brons

### Analys

För indikator 10 uppnås inte betyget brons, då PPD den överstiger 15% för alla steg. Den kritiska zonen, zon 19, för förbättringar i både installationer och klimatskal visar PPD-index under ett år i figur 5.10. Anledningen till att PPD:n inte sjunker under 15% beror däremot inte på över- eller undertemperaturer. Det visas i figur 5.11 att den operativa temperaturen håller sig mellan 21–25°C den största delen av tiden. Att PPD:n är för hög beror på att IDA-ICE presenterar PPD:n enligt Fangers komfortindex och någon av de övriga parametrarna utöver operativ temperatur påverkar resultatet. Troligtvis beror PPD-resultatet på att den relativa fuktigheten är för låg vintertid som figur 5.12 visar. Det skulle krävas en tillförsel av fukt i byggnaden för att komma runt detta problem.



## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

Om endast sommarmånaderna, juni, juli och augusti, tas i beaktning uppnår byggnaden brons efter båda gruppernas förbättringar, enligt figur 5.10 som visar att PPD:n är som högst 12% i den mest kritiska zonen.



## 6 Diskussion

### 6.1 Genomförande och resultat

Det visade sig att en renovering av klimatskalet har en större betydelse för energianvändningen i byggnaden än väntat. Detta är ett överraskande resultat då det antogs att ett utbyte av installationer, i detta fall ventilationsaggregatet, skulle vara av ungefär av samma betydelse. Det kan vara så att den stora förväntade skillnaden egentligen handlar om att gå ifrån antingen ett självdrag eller ett F-system. Eftersom det redan finns två FTX-system installerade i kontorsbyggnaden, det ena undermåligt dock, blir därför inte skillnaden så anmärkningsvärd.

Utbytet av ljuskällor i byggnaden har en förvånande stor effekt på elanvändningen. Det är en relativt enkel åtgärd som inte kräver förbättringar på systemnivå och vinsterna blir på så sätt lätta att nå. I studien visas att när gratisvärmens från belysningen försvinner, ökar värmebehovet istället. I förbättringarna innebär det att den producerade solenergin inte kan utnyttjas till el som belysningen drivs av, utan behovet av fjärrvärme ökar istället. Hänsyn måste dock tas till att utgångspunkten i IDA-ICE på 100 W/zon kan ha varit för hög. En undersökning av byggnadens belysningsanläggning borde ha gjorts då denna siffra antagligen är lägre i verkligheten.

Undersökningen av byggnadens maximala produktion av solenergi gjordes för att se till täcka behovet av el under så många månader som möjligt, under ett år. Detta gör att under en stor del av sommarhalvåret finns en överproduktion som inte kan tas tillvara på. Dessutom kan endast det dagliga elbehovet täckas eftersom solen ej får kvittas mot elbehovet nattetid. För att eventuellt kunna lösa problematiken med att solceller inte producerar el under natten skulle ett vindkraftverk kunna vara ett bra komplement. Om vindkraft hade inkluderats i beräkningar finns möjligheten att täcka en del av det elbehovet under natten. Dock beror vindkraftverk på gynnsamma vindförhållande och detta är därför svårt att ta hänsyn till eftersom vädret inte går att påverka. Det kan dock anses att det är stor sannolikhet att det blåser när solen inte skiner.

Ett annat alternativ för att utnyttja solenergin bättre kan vara lagring med hjälp av vätgas. Problemet är att det referensobjekt som nämns i kapitel 2.5.5 gäller nybyggnationer, det är därför osäkert om lösningen med vätgas går att implementera i en befintlig byggnad. Då en installation av ett vätgassystem kan medföra problem ur säkerhetssynpunkt då vätgas är explosivt. Placering av en vätgastank kan vara svår att få till i en befintlig byggnad med tanke på eventuell platsbrist. Skyddsgatan 16 har en underproduktion på 5542 kWh/år som i sin tur kräver ca 426 kg vätgas för att täcka elbehovet under vintertid. Denna mängd vätgas upptar en volym på 21,3 m<sup>3</sup> vid lagring. Vätgasproduktionen kräver i sin tur ca 24 500 kWh och detta behov är möjligt att täcka med sommarens överproduktion av solen.

Att utvändigt solskydd gjorde väldigt stor inverkan på PPD är ett faktum men däremot räckte det inte för att uppnå miljöbyggnads krav för guld. Efter lite efterforskning insågs det att missnöjet inte berodde på över- eller undertemperaturer, utan troligtvis på för låg

fukthalt vintertid som ses i figur 5.11. Frågan är om byggnadens PPD-resultat egentligen bör användas i Miljöbyggnad, då PPD-resultaten från IDA-ICE baseras på Fangers komfortindex och Miljöbyggnad utgår från PPD-index.

Miljöbyggnad som stöd är en bra utgångspunkt och gör att resultaten av förbättringarna blir konkreta och lätta att följa. Att använda Miljöbyggnad 3.1 för nybyggnation innebär att den befintliga byggnaden står inför högre krav än om Miljöbyggnad 3.1 för ombyggnation används. Det är därför intressant att de föreslagna förbättringarna klarar guld i många indikatorer även fast kraven är hårdare. Potentialen att renovera byggnaden miljömässigt hållbart, ur installationssynpunkt, finns därmed.

Valet att bortse ifrån transporter i livscykelanalysen gör att analysen inte blir helt komplett då en stor post försvinner. Det hade varit intressant att ta hänsyn till transporterna eftersom en del material till installationerna antagligen färdas lång väg och transporterna i sin tur står för en stor mängd CO<sub>2</sub>-utsläpp, vilket gör att det hade påverkat livscykelanalysen mer negativt.

En annan aspekt av livscykelanalysen är att det hade varit intressant att undersöka studiens förbättringar A (ventilation), B (ventilation och belysning), C (ventilation, belysning och solskydd). Då förbättring C i kombination förbättring D (solceller) väljs som det bästa alternativet för Skyddsgatan 16 men inte ingår som helhet i livscykelanalysen.

Dessutom hade en livscykelanalys av båda gruppernas förslag till förbättringar varit intressant att utföra. Då denna del av studien visar att förbättringarna har en positiv inverkan på klimatet visar utförandet av en livscykelanalys tillsammans om resultatet fortfarande är positivt eller ej. Det kan dock vara svårt att få till eftersom olika verktyg för livscykelanalyserna har använts.

Driftoptimering och injustering av befintliga installationer är en viktig del av förvaltning och underhåll. Det är svårt att veta hur stor skillnad i energianvändning en driftoptimering gör för en byggnad. Däremot är det konstaterat att genom underhåll och förvaltning finns där en möjlighet att göra en stor besparing. En grundläggande sak att befästa är att se till att personerna som vistas i byggnaden inte stör ventilationssystemen genom att exempelvis förhindra tilluftsflöden, som ses i figur 3.10.

Vid kombination av både installations- och klimatskalsförbättringarna blir det tydligt att installationerna ser till att inneklimatet i byggnaden blir bra och att produktionen av egen el kan ske. Klimatskalet ser till att förbättra byggnadens årliga energibehov drastiskt. Det kan därför konstateras att den befintliga byggnadens klimatskal inte är det bästa ur energisynpunkt. Vid sammanföring av alla förbättringar konstateras att PPD:n blir som mest kritisk under vinterhalvåret i jämförelse med endast installationsförbättringar, då PPD:n är som mest kritiskt under sommaren. Detta kan bero på att klimatskalet antas bli tätare efter renovering.

Att utföra studien i samarbete med ett annat examensarbete har varit roligt och vid vissa tillfällen utmanande. Utmaningarna har handlat om att grupperna befunnit sig i olika faser under arbetets gång men också att vissa beslut inte har kunnat fattas utan rådgivning mellan grupperna. Fördelarna överväger dock utmaningarna, då ett samarbete gynnar utbytet av erfarenheter och problemlösning som har hjälpt studien framåt. Att dessutom kunna ta del av varandras material och resultat har inneburit att arbetet ofta varit mer effektivt.

En bit in i arbetet insågs det att antalet zoner i IDA-ICE ökade simuleringstiden. Med 92 zoner tog en simulering ungefär sex timmar att utföra. Så istället för att dela in byggnaden exakt som den är utformad skulle till exempel alla närliggande kontor kombinerats till en enda zon. Hade detta tillvägagångssätt tillämpats från början hade simuleringstiden kortats ner markant. Anledningen till att detta inte togs i beaktning tidigare var på grund av oerfarenhet av programmet, då ingen av gruppmedlemmarna hade använt IDA-ICE förut.

### 6.2 Felkällor

På grund av för lång simuleringstid utfördes inte så många simuleringar som tänkt. Exempelvis hade ventilationsinställningarna varit intressanta att undersöka närmre. Dessa har till större del antagits i studien då det har varit svårt att hitta exakt information ifrån verkligheten och grova uppskattningar har fått göras. Resultaten kan därför komma att skilja sig från resultaten i verkligheten. Även temperaturverkningsgraden i det äldre ventilationssystemet hade varit intressant att undersöka närmre, genom en känslighetsanalys, då denna verkningsgrad antogs.

Det var nödvändigt att göra antagande om var i byggnaden personer befinner sig och det kan påverka resultaten, eftersom både PPD och CO<sub>2</sub>-halten bygger på var i byggnaden personer vistas. Till exempel är en felkälla att en person placerades i zon 62: vilorum. Detta blev orättvist eftersom det inte är troligt att det alltid befinner sig en person där och rummet är väldigt litet.

I slutet av studien framkom det att aggregatet i 80-tals byggnaden inte hade någon återvinning alls, utan det är endast ett FT-system i den delen. Det betyder att verkningsgraden som antogs till 40% är för hög eftersom det inte finns någon återvinning alls i det systemet. Detta gör att den befintliga byggnadens elbehov är högre än vad som visas i resultatet. Innebörden blir därför att det kommer vara större skillnader mellan den befintliga byggnadens elbehov och mellan förändringarna som föreslås, följaktligen är förändringarnas resultat egentligen ännu bättre.

### 6.3 Framtida studier

Den största energiposten för Skyddsgatan 16 är dess värmebehov och detta kommer att försörjas med fjärrvärme i framtiden. Eftersom byggnaden har kapacitet att producera en hel del mer solel än den kan utnyttja hade det varit intressant att undersöka möjligheten att installera någon form av värmepump, för att bättre utnyttja solelen även

till uppvärmningen. Alternativt någon form av kombination av både fjärrvärme och en värmepump.

Under arbetets gång har det upptäckts att en byggnad kan gynnas av både korttids- och långtidslagring av el. Då solceller inte producerar el under natten kan ett batteri vara ett alternativ till lagring på dygnsbasis. Medan långtidslagring kan användas under vinterhalvåret då solcellerna producerar betydligt mindre el. En annan aspekt ur energilagringssynpunkt är att undersöka möjligheten att implementera ett vätgaslagringssystem i en befintlig byggnad. Det finns många parametrar att undersöka, så som bygglovsmöjligheter och säkerhetsaspekter. En annan aspekt är att undersöka hur stort ingrepp det skulle innebära att installera ett vätgaslagringssystem i en befintlig byggnad.

## 7 Slutsats

### 7.1 Denna del av studien

De mest gynnsamma åtgärderna ur klimatsynpunkt är alternativ 5 (ventilation, solceller och vindkraft) i livscykelanalysen. Detta alternativ innebär att kombinera utbyte av uppvärmningssystem och ventilationsaggregat med installation av solceller och vindkraft. Detta alternativ ses dock ej som realistiskt eftersom vindkraft mitt i en stad inte är ett alternativ. Därför är förslaget att istället utföra alternativ 3 (ventilation och solceller): kombinera utbyte av uppvärmningssystem och ventilationsaggregat med installation av solceller. Klimatpåverkan av detta alternativ är fortfarande betydligt lägre än att behålla byggnaden i befintligt skick.

Alternativ 3 innehåller förbättring A (ventilation) och förbättring D (solceller) men för att inomhusklimatet också ska bli tillfredställande väljs förbättring C (ventilation, belysning och solskydd) istället. Även fast klimatpåverkan för denna förbättring inte kunde göras anses det ändå som det bästa valet.

Renoveringsförslaget för Skyddsgatan 16 är att implementera förbättring C (ventilation, belysning och solskydd) tillsammans med förbättring D (solceller). Detta innebär att byta ut det gamla ventilationsaggregatet i 80-talsbyggnaden samtidigt som en injustering av luftflödena görs. Dessutom behöver luftflödena i 60-tals byggnaden justeras och ett schema för båda ventilationssystemen införs. Förbättringen innebär också att byta ut all belysning i byggnaden till LED-ljuskällor och att montera solskydd på alla fönster utom ställverksbyggnaden. Förbättringen innebär också att installera solceller för att producera egen el.

### 7.2 Den totala studien

En renovering av byggnadens klimatskal är viktig för byggnadens värmebehov, medan en uppgradering och injustering av byggnadens ventilationssystem och installation av solskydd påverkar byggnadens termiska komfort. Installation av solceller täcker nio av årets tolv månaders elbehov, dock endast elbehovet under dagtid.

Det finns därför stora energi- och miljömässiga vinster i att renovera byggnaden, genom förbättringar i installationer och klimatskal. Dessutom är en stor fördel att den termiska komforten i byggnaden också blir bra.





## Referenser

Andrén, L., 2007. *Solvärmeboken*. 1:3 red. Italien: Europrinting. ISBN: 978-91-534-3008-7.

Arbetsmiljöverket, 2020. *Arbetsplatsen utformning*, Stockholm. ISBN 978-91-7930-677-9: Anna Varg.

Arbetsmiljöverket, 2021. *Andningskydd kan behövas vid arbete i någon annans hem*. [Online] Available at: <https://www.av.se/nyheter/2021/andningskydd-kan-behovas-vid-arbete-i-nagon-annans-hem/?hl=timme> [Använd 10 maj 2021].

Arbetsmiljöverket, 2021. *Temperatur och klimat*. [Online] Available at: <https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/#:~:text=Vid%20stillasittande%20arbete%2C%20d%C3%A5%20kroppen,mins%2014%2D15%20%C2%B0C.>

Axelsson, A., Friström, A. & König, J., 2018. *Lägg om växeln - Svenska bankers finansiering och investeringar i fossil kontra hållbar energi efter Parisavtalet*, Stockholm: Fair Finance Guide Sverige.

Axelsson, E. o.a., 2017. *Utbyggnad av solex i Sverige*, ISBN 978-91-7673-376-9: Energiforsk.

Babir, F., 2005. PEM electrolysis for production of hydrogen from renewable energy sources. *Solar Energy*, maj, pp. 661-669.

BBR, 2011:6. *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd)*, u.o.: Boverket.

BBR, 2012. *Regelsamling för funktionskontroll av ventilationssystem, OVK*, Karlskrona: Boverket.

BBR, 2017. *Boverkets författningssamling, BFS 2017:6 BEN 2*, u.o.: Yvonne Svensson.

BBR, 2020. *Boverkets författningssamling*, u.o.: Yvonne Svensson.

Belysningsbranschen, u.å.. *En ljusare framtid - Att spara energi och miljö med smart belysning*. [Online] Available at: [https://ljuskultur.se/wp-content/uploads/2016/04/en-ljusare-framtid\\_2013\\_final\\_low.pdf](https://ljuskultur.se/wp-content/uploads/2016/04/en-ljusare-framtid_2013_final_low.pdf) [Använd 05 Maj 2021].

Bergmark, W., 2021. *Verkningsgrad för solceller*. [Online] Available at: <https://hemsol.se/vanliga-fragor/verkningsgrad-solceller/#:~:text=Kommersiella%20solpaneler%20f%C3%B6r%20privatpersoner%20har,kWh%20per%20%C3%A5r%20i%20Sverige.> [Använd 03 Maj 2021].

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

Bergqvist, M., 2021. *Frågor rörande Skyddsgatan 16* [Intervju] (24 Mars 2021).

Boverket, 2021. *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*. [Online] Available at:

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/#:~:text=Den%20totala%20energianv%C3%A4ndningen%20i%20bygg,vilken%20var%20p%C3%A5%20314%20TWh>. [Använd 10 Maj 2021].

Boverket, 2021. *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [Använd 10 Maj 2021].

ByggaL, 2017. *Branschstandard ByggaL Metod för byggande av lufttäta byggnader*.

[Online] Available at: <http://byggal.se/wp-content/uploads/2017/09/Branschstandard-ByggaL-inkl-bilagor.pdf> [Använd 12 maj 2021].

Carlson, M., 2016. *Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande små- och storskalig energilagring av el*, Kristinehamn: Elsäkerhetsverket.

Claesson, S., Tillby, L., Simonson, F. & Lindvall, E. E., 2017. *Energieffektivisering i företag - en vägledning för bästa teknik*, Bromma: Statens energimyndighet.

Darpö, J., 2020. *Hur många fick lov? Och varför fick de andra nobben? - Statistik och betraktelser över tillstånd till vindkraft på land och till havs*, Uppsala: u.n.

DS New Energy, 2019. *En introduktion till Perovskites och Perovskite solceller*.

[Online]

Available at: <http://se.dsnsolar.com/info/an-introduction-to-perovskites-and-perovskite-35622184.html> [Använd 2021 Juni 10].

Ellevio, 2016. *Marknadsutveckling och samhällstrender*. [Online]

Available at: <https://www.ellevio.se/om-oss/om-elmarknaden/marknadsutveckling-och-samhallstrender/> [Använd 13 maj 2021].

Enberg, H., 2002. *Minimikrav på luftväxling : en tolkning av Boverkets byggregler, Arbetsmiljöverkets föreskrifter, Socialstyrelsens allmänna råd och andra dokument*, Enköping: Enköpings grafiska.

Energi- och klimatrådgivarna i Skåne, 2019. *Belysning i hemmet*. [Online] Available at:

<https://static1.squarespace.com/static/5628e082e4b00d6d15772ab0/t/5c894e50ec212db2025a19b8/1552502369911/EKRS-belysning.pdf> [Använd 07 Maj 2021].

Energi- och klimatrådgivarna i Skåne, u.å.. *LED - Light Emitting Diode*. [Online]

Available at: <https://www.ekrs.se/led> [Använd 05 Maj 2021].

Energimyndigheten, 2013. *LAMPGUIDEN: VÄLJ RÄTT LJUS*. [Online]

Available at:

<https://static1.squarespace.com/static/5628e082e4b00d6d15772ab0/t/56bddf5ef8baf34bbd9c3b5d/1455284064139/Lampguiden+V%C3%A4lj+r%C3%A4tt+lampa.pdf>

[Använd 07 Maj 2021].

Energimyndigheten, 2018a. *Förklaring av begrepp*. [Online]

Available at: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/forklaring-av-begrepp/> [Använd 04 Maj 2021].

Energimyndigheten, 2018b. *Varför försvann glödlampan?*. [Online]

Available at: <http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/jag-vill-energieffektivisera-hemma/inkop-av-produkter/belysning/varfor-forsvann-glodlampan/> [Använd 06 Maj 2021].

Energimyndigheten, 2019a. *Energiläget i siffror*. [Online]

Available at: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/> [Använd 6 april 2021].

Energimyndigheten, 2019b. *Olika typer av solceller*. [Online]

Available at: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/> [Använd 22 april 2021].

Energimyndigheten, 2019c. *Så undersöker du förutsättningarna för solet*. [Online]

Available at: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/har-mitt-hus-ratt-forutsattningar/sa-undersoker-du-forutsattningarna/> [Använd 28 April 2021].

Energimyndigheten, 2020. *Energiläget 2020*, Bromma: Energimyndigheten.

Energimyndigheten, 2021. *Energieffektiv belysning för en hållbar industri*. [Online]

Available at: <https://www.energimyndigheten.se/arkiv-for-resultat/Resultat/energieffektiv-belysning-for-en-hallbar-industri/> [Använd 03 Maj 2021].

Erlandsson, M. & Holm, D., 2015. *Livslängdsdata samt återvinningsscenarion för mer transparenta och jämförbara livscykelberäkningar för byggnader*, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet 2015.

EU Kommissionen, 2021. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*.

[Online] Available at: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis> [Använd 23 april 2021].

European commission, 2020. *A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives*, Bryssel: European commission.

Feby, 2009. *Kravspecifikation för Passivhus*. [Online]

Available at: <https://www.feby.se/files/2019-02/kravspecifikation-passivhus-version-2009-oktober.pdf> [Använd 12 maj 2021].

Folkhälsomyndigheten, 2014. *Folkhälsomyndighetens allmänna råd*, Stockholm: Nils Blom.

F

olkhälsomyndigheten, 2014. *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus*, Stockholm: Norstedts Juridik AB. ISSN: 2001-7804.

Fossilfritt Sverige, u.å.. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft*. [Online]  
Available at: <https://fossilfrittverige.se/wp-content/uploads/2021/01/Vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf> [Använd 23 april 2021].

Fredriksson, J., 2019. Effektivare värmeåtervinning ska spara energi. *VVS forum*, Volym E-tidning.

Henrysson, J. & Westander, H., 2019. *Svensk vindkraft kan minska klimatutsläppen med 50 procent*, Stockholm: Nätverket Vindkraftens klimatnytta.

Jacobsson, C., 2018. *Swegon*. [Online]  
Available at: <https://blog.swegon.com/sv/vad-%C3%A4r-skillnaden-mellan-vav-och-dcv> [Använd 19 April 2021].

Januis, T., 2021. *Ventilationsfrågor* [Intervju] (1 april 2021).

Kovacs, P., 2019. *Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system*, Borås: RISE Research Institutes of Sweden AB.

KTH, 2020. *Hållbar utveckling*. [Online]  
Available at: <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/hallbar-utveckling-1.350579> [Använd 12 Maj 2021].

KTH, 2021. *Ekologisk hållbarhet*. [Online]  
Available at: <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekologisk-hallbarhet-1.432074> [Använd 12 Maj 2021].

Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, 2002. *Vindkraft till lands och sjöss*, Eskilstuna: Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA.  
lamporochljus.se, u.å.. *Vad är lumen och watt?*. [Online]  
Available at: [https://www.lamporochljus.se/lumen-watt?gclid=Cj0KCQjwhr2FBhDbARIsACjwLo33Q23H8-2d4P\\_xASjoFn3kpMHGnycKKU8dV1GAueddeIN3HaDi7m4aAlaAEALw\\_wcB](https://www.lamporochljus.se/lumen-watt?gclid=Cj0KCQjwhr2FBhDbARIsACjwLo33Q23H8-2d4P_xASjoFn3kpMHGnycKKU8dV1GAueddeIN3HaDi7m4aAlaAEALw_wcB) [Använd 27 Maj 2021].

Lane, A.-L., u.å.. *Guide Energieffektiv kontorskyla*. [Online]

Available at: <https://www.ichb.se/innehall/guider/guide-energieffektiv-kontorskyla/> [Använd 03 Maj 2021].

Lindahl, J., Dalenbäck, J.-O. & Löwenhielm, W., 2018. *Solel och klimatpåverkan*, u.o.: Svensk solenergi.

Louwen, A., van Sark, W. G., Faaij, A. P. & Schropp, R. E., 2016. Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development. *Nature communications*, 6 December, pp. 1-4.

Nationalencyklopedin AB, u.å.. *Elektrolys*. [Online]

Available at: <https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/elektrolys> [Använd 29 april 2021].

Nationalencyklopedin AB, u.å.. *Energibärare*. [Online]

Available at: <https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/energibärare> [Använd 29 mars 2021].

Nationalencyklopedin AB, u.å.. *Energikälla*. [Online]

Available at: <https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/energikälla> [Använd 31 mars 2021].

Naturskyddsföreningen, 2016. *Faktablad: Vad är energi?*. [Online]

Available at: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-vad-ar-energi> [Använd 29 mars 2021].

Naturskyddsföreningen, 2018. *Faktablad: Energikällor*. [Online]

Available at: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-energikallor> [Använd 31 mars 2021].

Naturvårdsverket, 2020. *Beräkna dina klimatutsläpp*. [Online]

Available at: [https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Berakna-dina-klimatutslapp/#:~:text=Livscykelanalys%20\(LCA\)%20%C3%A4r%20en%20metod,%20%C3%B6rs%20%C3%A4lning%20konsumtion%20och%20avfallshantering.](https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Berakna-dina-klimatutslapp/#:~:text=Livscykelanalys%20(LCA)%20%C3%A4r%20en%20metod,%20%C3%B6rs%20%C3%A4lning%20konsumtion%20och%20avfallshantering.) [Använd 12 Maj 2021].

Naturvårdsverket, 2021. *Vanliga frågor om vindkraft*. [Online]

Available at: <https://www.naturskyddsforeningen.se/vad-vi-gor/klimat/fragor-om-vindkraft> [Använd 13 maj 2021].

Nilsson Energy, u.å.. *Demo site/R&D*. [Online]

Available at: <https://nilssonenergy.com/portfolio-item/demo-site/> [Använd 3 maj 2021].

Nohrstedt, L., 2018. Vätgasen lyfter mot nya höjder. *Ny Teknik*, 03 April.

Offentliga Fastigheter, 2014. *Energieffektiviserande renovering*, ISBN: 978-91-7585-150-1: Offentliga fastigheter.

Offentliga fastigheter, 2016. *Belysning i offentliga lokaler*, ISBN 978-91-7585-380-2: Offentliga fastigheter.

Ouammi, A. o.a., 2018. *Hydrogen Infrastructure for Energy Applications: Production, Storage, Distribution and Safety*. London ISBN: 978-0-12-812036-1: Elsevier.

Oxford PV, 2018. *Oxford PV perovskite solar cell achieves 28% efficiency*. [Online] Available at: <https://www.oxfordpv.com/news/oxford-pv-perovskite-solar-cell-achieves-28-efficiency> [Använd 28 April 2021].

Paramonova, S. & Thollande, P., 2016. Ex-post impact and process evaluation of the Swedish energy audit policy programme for small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, Volym 135, pp. 932-949.

Persson, J., 2012. *Lufttäthetens inverkan på energiberäkningar för byggnader*, Umeå: Institutionen för tillämpad fysik och elektronik.

Regeringen, u.å.. *Agenda 2030 och globala målen*. [Online] Available at: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/> [Använd 27 Maj 2021].

Regeringskansliet, 2018. *Handlingsplan Agenda 2030 2018-2020*, Stockholm: Finansdepartementet.

RenoBuild, 2018. *RenoBuild skola*. [Online] Available at: <https://renobuild.se/skola/> [Använd 19 maj 2021].

Smutselskollen, 2019. *Välj inte ett rent elavtal, välj ett rent elbolag!*. [Online] Available at: <http://www.smutselskollen.se/Elbolag/Trelleborgs-Energiforsaljning-AB/> [Använd 18 maj 2021].

*Småskalig vindkraft - Miniverk*. 2013. [Film] Regi av Sven Ruin. Sverige: Svensk vindkraftförening.

Solar Region Skåne, 2015. *Hur sköts en solcellsanläggning?*. [Online] Available at: <https://solarregion.se/om-solenergi/solceller/hur-skoter-man-en-solcellsanlaggning/#:~:text=Solceller%20har%20v%C3%A4rdigt%20l%C3%A5ng%20livsl%C3%A4ngd,kan%20ha%20n%C3%A5got%20kortare%20livsl%C3%A4ngd.> [Använd 27 04 2021].

Solcellsofferter, 2021. *Monokristallin eller polykristallin: Vilka solceller ska man välja?*. [Online]

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

Available at: <https://www.solcellsofferter.se/monokristallina-polykristallina-solceller/>  
[Använd 18 Maj 2021].

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2007. *Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen - Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler*, Borås ISBN: 91-85533-53-X:

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Statistiska centralbyrån, 2021. [www.scb.se](http://www.scb.se). [Online]

Available at: <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/elektricitet-i-sverige/> [Använd 31 mars 2021].

SunPower, 2017. *SunPower X-Series Residential Solar Panels X22-360*. [Online]

Available at: <https://us.sunpower.com/sites/default/files/media-library/data-sheets/sunpower-x-series-residential-solar-panels-x22-360-datasheet-514618-revc.pdf>  
[Använd 05 Maj 2021].

Svensk Energi, u.å.. [luleaenergi.se](http://luleaenergi.se). [Online]

Available at:

<https://www.luleaenergi.se/globalassets/privatkund/dokument/kundservice/ta-vara-pa-energi.pdf> [Använd 30 mars 2021].

Svensk Innemiljö, 2009. *Energihandboken*. 1:2 red. Växjö: Svensk Innemiljö. ISBN: 978-91-633-3324-8.

Svensk vindenergi, 2020. *Färdplan 2040 Vindkraft för klimatnytta och konkurrenskraft*. [Online]

Available at: <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2021/01/Färdplan-2040-rev-2020-2.pdf> [Använd 6 maj 2021].

Svensk vindenergi, 2021. *Stor investeringsvilja i vindkraft – men 59 procent av verken avslås*. [Online]

Available at: <https://svenskvindenergi.org/pressmeddelanden/stor-investeringsvilja-i-vindkraft-men-59-procent-av-verken-avslas> [Använd 6 maj 2021].

Svensson, J. & Piltz Vitanc, L., 2021. *Miljösmart renovering av kontorsbyggnad - med fokus på klimatskalet*, Lund: LTH.

Sveriges Miljömål, 2021. *Begränsad klimatpåverkan*. [Online]

Available at: <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/begransad-klimatpaverkan/>  
[Använd 12 Maj 2021].

Sveriges Miljömål, 2021. *Generationsmålet – miljöarbete för kommande generationer*.

[Online] Available at: <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/>  
[Använd 12 Maj 2021].



## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

Sweden green building council, 2020. *Miljöbyggnad 3.1 manual nybyggnad*. [Online] Available at: <https://www.sgbc.se/app/uploads/2020/05/Miljöbyggnad-3.1-Nybyggnad.pdf> [Använd 12 maj 2021].

Tarnawski, M. & Winkler, C., 2017. *Tillgodoräkna solex i BBR 25*, Stockholm: Energimyndigheten.

The Institution of Engineering and Technology, 2019. *Tin dioxide could triple lifetime of next-gen solar panels*. [Online] Available at: <https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/01/next-gen-solar-panels-have-triple-the-lifetime-and-improved-scalability-thanks-to-new-technique/> [Använd 28 April 2021].

UNDP Sverige, u.å.. *7 Hållbar energi för alla*. [Online] Available at: <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-7-hallbar-energi-alla/> [Använd 10 maj 2021].

Upphandlingsmyndigheten, u.å.. *Upphandla energieffektiv belysning*. [Online] Available at: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/miljomassigt-hallbar-upphandling/upphandla-med-hansyn-till-klimatet/upphandla-energieffektiv-belysning/> [Använd 03 Maj 2021].

Vattenfall, 2021. *Vindkraftsprojekt Näsudden Öst*. [Online] Available at: <https://group.vattenfall.com/se/var-verksamhet/vindprojekt/nasudden-ost> [Använd 6 maj 2021].

Vattenfall, u.å. *Ursprungsmärkning och miljöpåverkan på vår el*. [Online] Available at: <https://www.vattenfall.se/elavtal/energikallor/elens-ursprung/> [Använd 28 April 2021].

Vätgas Sverige, 2019. *Reformering till vätgas*. [Online] Available at: <https://www.vatgas.se/2019/03/07/reformering-till-vatgas-sa-funkar-det/> [Använd 23 april 2021].

Vätgas Sverige, u.å.. *Bränslecellen - så funkar den!*. [Online] Available at: <https://www.vatgas.se/faktabank/bransleceller/> [Använd 03 maj 2021].

Vätgas Sverige, u.å.. *Vätgas som enerilager*. [Online] Available at: <https://www.vatgas.se/faktabank/energilagring/> [Använd 3 maj 2021].

Wallentén, P., 2020. *Fönster och solskydd*, Helsingborg: LTH.

Warfvinge, C. & Dahlblom, M., 2010. *Projektering av VVS-installationer*. 1:15 red. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN: 978-91-44-05561-9.

Westander, H., 2021. *Statistisk granskning av Jan Darpös rapport*, Stockholm:



Westander Klimat och Energi.

Windforce, 2011. *Vindkraft - Horisontella vindkraftverk*. [Online]

Available at: <http://www.windforce.se/vindkraft-windflower.php> [Använd 13 maj 2021].

Wicon, u.å.. *Vindkraft*. [Online]

Available at: <http://www.wicon.se/index-vind.htm> [Använd 20 maj 2021].

WWF Världsnaturfonden, 2019. *wwf.se*. [Online]

Available at: <https://www.wwf.se/skog/varlden/vad-ar-biobransle/> [Använd 30 mars 2021].

WWF, u.å.. *VÅR ENDA FRAMTID: 100 PROCENT FOSSILFRITT*. [Online]

Available at: <https://www.wwf.se/klimat/fornybar-energi/> [Använd 23 maj 2021].

## Bilagor

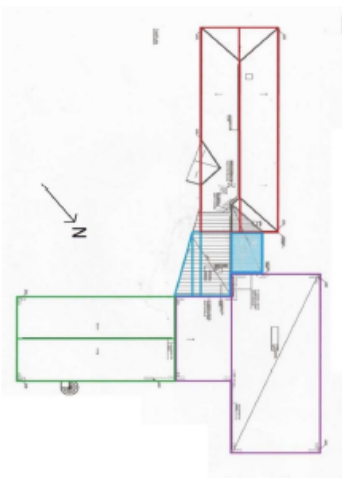
Förteckning över bilagor:

- Bilaga 1 – Beräkning av takarea
- Bilaga 2 – Flöden, antal personer, area för de olika zonerna
- Bilaga 3 – Specifikt luftflöde och procentuell uppdelning av Skyddsgatan 16
- Bilaga 4 – PVGIS indata
- Bilaga 5 – Indikator 1
- Bilaga 6 – Indikator 3
- Bilaga 7 – Indikator 4
- Bilaga 8 – PPD-resultat
- Bilaga 9 – Resultat CO<sub>2</sub>-halt (ppm)

## Bilaga 1 - Beräkning av takarea

60-tal		80-tal		Ställverk		Mellanbyggnad*	
Lutning	14 grader	25 grader	Lutning	10 grader	Lutning	6 grader	
Längd	22,8 m	33,2 m	Längd stora	28,6 m	Längd stora	11,4 m	
Bredd	13,2 m	11 m	Bredd stora	12,4 m	Bredd stora	3,8 m	
"Snebredd"	6,8 m	6,1 m	"Snebredd"	12,6 m	Längd lilla	7,2 m	
			Längd lilla	13,2 m	Bredd lilla	1,8 m	
			Bredd lilla	8,1 m	Bas	2,1 m	
			"Snebredd"	8,2 m	Höjd	7,2 m	
Area	310,1 m <sup>2</sup>	405,0 m <sup>2</sup>		468,6 m <sup>2</sup>	68,4 m <sup>2</sup>	Tot area	1252,1 m <sup>2</sup>
						-10%	1126,9 m <sup>2</sup>

\*Lilla taket kommer att räknas bort (skuggade delen) då detta har en däl huvuar och luckan upp till taket finns där. Den andra delen kommer att räknas som "platt tak" då lutningen är 6 grader och inte kommer göra stor skillnad i beräkningen.



## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

### Bilaga 2

– Flöden, area och placering av personer för zonerna i befintlig byggnad och förbättring installationer.

Endast zoner med som ingår i FTX-systemen presenteras, då resten av zonerna antas vara oventilerade.

#### Befintlig byggnad – FTX 60-tal

Zon	Typ av rum	Plan	Antal Pers	Area	Tilluft	Frånluft
5	Kontor	1	2	19,96	30	0
6	Entré (gammal del BV)	1	0	8,14	0	0
7	Städ	1	0	7,52	0	20
8	WC	1	0	2,01	0	20
9	Sluss	1	0	2,64	0	0
10	Dusch	1	0	3,22	0	30
11	Omklädnings (VAV)	1	0	4,22	30	0
12	WC	1	0	2,84	0	20
13	Passage	1	0	5,93	0	0
14	Hall	1	0	13,78	30	20
15	Kontor	1	2	19,61	30	0
16	Förråd	1	0	4,91	0	20
17	Garage	1	0	43,34	0	50
18	Fläkttrum	1	0	17,86	0	0
19	Elverkstad	1	2	34,02	100	0
20	Kaprum	1	0	8,65	0	0
21	Kontor	1	2	21,85	30	0
93	Förråd	1	0	15,49	0	50
94	Förråd	1	0	16,23	0	20
29	Tvätttrum/dusch/bastu/WC	2	0	45,79		260
51	Matsal (VAV)	2	0	47,61	200	200
52	Kontor	2	1	11,88	15	
53	Kontor	2	1	12,83	15	
54	Kontor	2	2	20,68	30	
55	Omklädnings (VAV)	2	0	60,70	380	130
56	Tvätttork	2	0	7,65		40
57	WC	2	0	2,69		20
58	Städ	2	0	2,95		20
59	Passage	2	0	29,13		0
61	Projektör	2	0	5,41		10
62	Villorum	2	1	8,02	10	
63	Kontor	2	2	18,69	30	

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

### Befintlig byggnad – FTX 80-tal

Zon	Typ av rum	Plan	Antal pers	Area	Tilluft	Frånluft
32	Korridor	1		66,10	0	0
33	Kapprum	1		12,32		45
34	WC x 3	1		8,65		45
36	Kontor	1	3	48,50	35	
37	Städ	1		9,65		15
38	Personalrum (VAV)	1		44,83	55	80
39	Kontor	1	1	16,11	10	
40	Kontor	1	1	15,98	10	
41	kontor	1	1	15,86	7,5	
42	kontor	1	1	16,58	7,5	
43	wc	1		2,46		15
44	entré (ny del BV)	1		9,35		
45	kontor	1	1	22,20	15	
46	kontor	1	1	20,60	15	
47	kontor	1	1	10,75	10	
48	kontor	1	1	10,87	10	
49	Grupprum	1		23,43	15	
50	Kontor	1	1	13,36	10	
71	Kontor	2	2	23,85	15	
72	WC/Städ	2		20,67		95
73	Kontor	2	2	21,11	15	
74	Kontor	2	2	21,86	15	
75	Kontor	2	1	15,96	10	
76	Kontor	2	1	16,33	10	
77	Kontor	2	1	15,26	10	
78	Trapphus	2		9,27	0	
79	Kopieringsrum	2		13,54	0	25
81	Kontor	2	2	25,53	20	
82	Korridor	2		58,42	0	
83	Kontor	2	2	40,86	25	
84	Grupprum	2		16,95	60	60
85	Konferensrum	2		32,89	90	90

### Befintlig byggnad - F-system

Zon	Typ av rum	Plan	Antal pers	Area	Tilluft	Frånluft
2	Batterierum	1		18,67	150	150
80	Arkiv	2		31,52	20	20

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

### Förbättring Installationer – FTX 60-tal

Zon	Rum	Plan	Antal pers	Area	Tilluft BBR	Tilluft min	Tilluft max	Frånluft min	Frånluft max
5	Kontor	1	2	19,96	21		25		
6	Entré (gammal del BV)	1	0	8,14					
7	Städ	1	0	7,52					10
8	WC	1	0	2,01					10
9	Sluss	1	0	2,64					
10	Dusch	1	0	3,22				5	35
11	Omklädnings (VAV)	1	0	4,22	2-30	5	35		
12	WC	1	0	2,84					10
13	Passage	1	0	5,93					
14	Hall	1	0	13,78	5		10		20
15	Kontor	1	2	19,61	21		25		
16	Förråd	1	0	4,91					15
17	Garage	1	0	43,34					30
18	Fläktrum	1	0	17,86					
19	Elverkstad	1	2	34,02	38		40		
20	Kapprum	1	0	8,65					
21	Kontor	1	2	21,85	22		25		
93	Förråd	1	0	15,49					15
94	Förråd	1	0	16,23					15
29	Tvätttrum/dusch/bastu/ WC	2	0	45,79					45
51	Matsal (VAV)	2	0	47,61	17- 138	20	140	20	140
52	Kontor	2	1	11,68	11		15		
53	Kontor	2	1	12,83	12		15		
54	Kontor	2	2	20,68	22		25		
55	Omklädnings (VAV)	2	0	60,70	22-92	25	95	25	95
56	Tvätt/tork	2	0	7,65					15
57	WC	2	0	2,69					10
58	Städ	2	0	2,95					10
59	Passage	2	0	29,13					
61	Projektor	2	0	5,41					10
62	Vilorum	2	1	8,02	10		10		
63	Kontor	2	2	18,69	21		25		

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

### Förbättringar installationer – FTX 80-tal

Zon	Rum	Plan	Antal pers	Area	Tilluft BBR	Tilluft min	Tilluft max	Frånluft min	Frånluft max
32	Korridor	1		66,10					
33	Kapprum	1		12,32					100
34	WC x 3	1		8,65					45
36	Kontor	1	3	48,50	38		40		
37	Städ	1		9,65					15
38	Personalrum (VAV)	1		44,83	16-190	20	190	75	245
39	Kontor	1	1	16,11	13		15		
40	Kontor	1	1	15,98	13		15		
41	kontor	1	1	15,86	13		15		
42	kontor	1	1	16,58	13		15		
43	wc	1		2,46					15
44	entré (ny del BV)	1		9,35					
45	kontor	1	1	22,20	15		15		
46	kontor	1	1	20,60	15		15		
47	kontor	1	1	10,75	11		15		
48	kontor	1	1	10,87	11		15		
49	Grupprum	1		23,43	51		55		
50	Kontor	1	1	13,36	12		15		
71	Kontor	2	2	23,85	23		25		
72	WC/Städ	2		20,67					110
73	Kontor	2	2	21,11	22		25		
74	Kontor	2	2	21,86	22		25		
75	Kontor	2	1	15,96	13		15		
76	Kontor	2	1	16,33	13		15		
77	Kontor	2	1	15,26	13		15		
78	Trapphus	2		9,27					
79	Kopieringsrum	2		13,54					60
81	Kontor	2	2	25,53	23		25		
82	Korridor	2		58,42					
83	Kontor	2	2	40,86	29		30		
84	Grupprum	2		16,95	34		35		40
85	Konferensrum	2		32,89	68		70		70

### Förbättringar installationer – F-system

Zon	Typ av rum	Plan	Antal pers	Area	Tilluft	Frånluft
2	Batterium	1		18,67	150	150
80	Arkiv	2		31,52	20	20

## Bilaga 3 - Specifikt luftflöde och procentuell uppdelning av Skyddsgratan 16

Specifikt luftflödet q <sub>medel</sub> (FTX-tilluft)	l/s, m <sup>2</sup>	Area(m <sup>2</sup> )*	(m <sup>2</sup> )	Andel
	0,923			
<b>Area</b>				
- Ställverket		572,9	1125,5	55%
- 60-talsbyggnad		552,6		
- 80-talsbyggnad		731,6	939,1	45%
- Mellanbyggnad		207,5		
- Atemp - IDA+CE		2732,7		
- Atemp - verklig**		2067,5		

\*\*Atemp - kabelkällare + kryppgrund

\*Summering av areor tagna från bilaga med zonbeskrivning och luftflöden.



Bilaga 4 - PVGIS Indata

Area olika väderstreck, minskas med 10% för att vara rimligt	Area (m2)	Lutning (grader)	Orientering (grader)	PVGIS info			PVGIS data	
				Antal moduler (st)	Peak power (W)	Peak power (kW)		PV energy production/år
NV	604,0	421,74	10,00	135,00	258,00	92 880,00	92,88	73 146,31
		182,27	25,00	135,00	111,00	39 960,00	39,96	27 233,37
SO	243,8	61,56	6,00	-45,00	37,00	13 320,00	13,32	12 034,49
		182,27	25,00	-45,00	111,00	39 960,00	39,96	38 449,42
SV	139,5	139,54	14,00	45,00	85,00	30 600,00	30,60	28 701,06
NO	139,5	139,54	14,00	-135,00	85,00	30 600,00	30,60	22 881,02
Tot	1126,9	1127			687,00			<b>202 445,67</b>

1 modul	1,046*1,558 =	1,6297 m2
1 modul	peak power	360 W

Totalt	687 moduler	1119,58 m2
--------	-------------	------------







## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

### Bilaga 6 - Miljöbyggnad Indikator 3, Energianvändning

VFjärr =	0,7	Enligt BBR
VFel =	1,8	Enligt BBR
Fgeo =	0,9	Enligt BBR
Atemp =	2067,5	m2 Enligt IDA-ICE (exkl. kryppgrund och kabelkällare)

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left( \frac{E_{upp,v,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{el,i} \right) \times VF_i}{A_{temp}}$$

Ursprungsfall		
Eupp(fjärr) =	181190,3 kWh/år	Enligt IDA-ICE
Eupp(el) =	221454,8 kWh/år	Enligt IDA-ICE
Ekyl =	2486 kWh/år	Enligt IDA-ICE
Etapp(fjärr) =	1432,8 kWh/år	Enligt IDA-ICE
Etapp(el) =	2149,2 kWh/år	Enligt IDA-ICE
Efast =	19382 kWh/år	Enligt IDA-ICE
<b>EPpet =</b>	<b>303,78 kWh/Atemp,m2,år</b>	

Förbättringar - Steg 1		
Eupp(fjärr) =	429226	Enligt IDA-ICE
Eupp(el) =	0	Enligt IDA-ICE
Ekyl =	1343,5	Enligt IDA-ICE
Etapp(fjärr) =	3582	Enligt IDA-ICE
Etapp(el) =	0	Enligt IDA-ICE
Efast =	1343,5	Enligt IDA-ICE
<b>EPpet =</b>	<b>165,02 kWh/Atemp,m2,år</b>	

Förbättringar - Steg 2		
Eupp(fjärr) =	93880	Enligt IDA-ICE
Eupp(el) =	0	Enligt IDA-ICE
Ekyl =	1343,5	Enligt IDA-ICE
Etapp(fjärr) =	3582	Enligt IDA-ICE
Etapp(el) =	0	Enligt IDA-ICE
Efast =	1343,5	Enligt IDA-ICE
<b>EPpet =</b>	<b>38,87 kWh/Atemp,m2,år</b>	

\*Producerad solex kan endast kvittas mot Ekyl och Efast enligt BBR.

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

---

Månad	IDA fastighetsel (kyla+fläkta r)	Elbehov dagtid	Elbehov natt	Producera d solel*
Januari	681	454	227	2230
Februari	651	459	192	4923
Mars	633	442	191	14193
April	658	479	179	24 870
Maj	822	560	262	32 528
Juni	992	812	180	34 420
Juli	1243	940	303	33 224
Augusti	1385	1067	318	25 926
September	760	547	213	17 441
Oktober	700	452	248	8 461
November	641	449	192	2 830
December	632	450	182	1 401
<b>Totalt</b>		<b>7111</b>	<b>2687</b>	

# Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

## Bilaga 7 - Indikator 4

### Indikator 4 Andel förnybar energi MB3

Nybyggnad



Uppgifter om elens residualmix återfinns på Energinärmarknadsinspektionens hemsida. Den förnybara elen som ingår i residualmixen fördelas till kategori 2.

För uppgifter om fjärrvärmens/och eller fjärrkylans fördelning, kontakta respektive energibolag eller använd informationen som finns på följande sida:

<http://www.energiforstatagen.se/statistik/fjarvarme/statistik/miljovanlordop.se/fjarvarme/berakningsverktyg/for/indikator-4-miljobyggnad-3.0/>

Det är energianvändningen och inte primärenergiet som ska användas i verktyget.

Byggnad

--

Ev kommentar

Byggnadens energiposter	Energi-användning kWh/m <sup>2</sup> arex/år	Energikälla	Procentuell fördelning per kategori och energikälla		
			1 Förnybar (flödande)	2 Förnybar (blo)	3 Ej förnybar
Hushållel (valfri)	0		0%	0%	0%
Verksamhetsel	44	biobränsle	0%	100%	0%
Fastighetseel	117	biobränsle	0%	100%	0%
Lokala solceller	0		0%	0%	0%
Fjärrvärme	89	biobränsle	0%	100%	0%
Lokala solfångare	0		0%	0%	0%
Lokalt tillvaratagen spillvärme	0		0%	0%	0%
Fjärrkyla	0		0%	0%	0%
Annan energi	0		0%	0%	0%
Total energianvändning	250		0	250	0
		Andel av total	0,0%	100,0%	0,0%
		Andel förnybart %		100,0%	
		"Lokalt genererad"	0,0%		

Indikatorbetyg	SILVER
----------------	--------

## Indikator 4 Andel förnybar energi MB3

Nybyggnad



Uppgifter om elens residualmix återfinns på Energimarknadsinspektionens hemsida. Den förnybara elen som ingår i residualmixen fördelas till kategori 2.

För uppgifter om fjärrvärmens/och eller fjärrkylans fördelning, kontakta respektive energibolag eller använd informationen som finns på följande sida:

<http://www.enemjfoastagen.se/statistik/fjarvarmestatistik/miljovardetog-av-fjarvarme/berakningsverktyg-for-indikator-4-miljobyggnad-3.0/>

Det är energianvändningen och inte primärenergitalet som ska användas i verktyget.

Byggnad

Trelleborgs Energi AB

Ev kommentar

Förändring installationer

Byggnadens energiposter	Energi-användning kWh/m <sup>2</sup> Å <sub>avg</sub> år	Energikälla	Procentuell fördelning per kategori och energikälla		
			1	2	3
			Förnybar (flödande)	Förnybar (blo)	Ej förnybar
Hushållel (valfri)	0		0%	0%	0%
Verksamhetsel	2	biobränsle	0%	100%	0%
Fastighetssel	2	biobränsle	0%	100%	0%
Lokala solceller	21	solenergi	100%	0%	0%
Fjärrvärme	209	biobränsle	0%	100%	0%
Lokala solfångare	0		0%	0%	0%
Lokalt tillvaratagen spillvärme	0		0%	0%	0%
Fjärrkyla	0		0%	0%	0%
Annan energi	0		0%	0%	0%
Total energianvändning	234		21	213	0
		Andel av total	9,0%	91,0%	0,0%
		Andel förnybart %	100,0%		
		"Lokalt genererad"	9,0%		

Indikatorbetyg	GULD
----------------	------



## Indikator 4 Andel förnybar energi MB3

Nybyggnad



Uppgifter om elens residualmix återfinns på Energimarknadsinspektionens hemsida. Den förnybara elen som ingår i residualmixen fördelas till kategori 2.  
 För uppgifter om fjärrvärmens/och eller fjärnkylans fördelning, kontakta respektive energibolag eller använd informationen som finns på följande sida:  
<http://www.energiforntagen.se/statistik/fjarvarmesstatistik/miljovardning/av-fjarvarme/berakningsverktyg-for-indikator-4-i-miljo-byggnad-3/0/>

Det är energianvändningen och inte primärenergitalet som ska användas i verktyget.

Byggnad	Trelleborgs Energi AB
Ev kommentar	Förändring installationer & klimatskal

Byggnadens energiposter	Energi-användning kWh/m <sup>2</sup> are/år	Energikälla	Procentuell fördelning per kategori och energikälla		
			1 Förnybar (flödande)	2 Förnybar (bio)	3 Ej förnybar
Hushållet (valfri)	0		0%	0%	0%
Verksamhetsel	2	biobränsle	0%	100%	0%
Fastighetssel	2	biobränsle	0%	100%	0%
Lokala solceller	21		100%	0%	0%
Fjärrvärme	47	biobränsle	0%	100%	0%
Lokala solfångare	0		0%	0%	0%
Lokalt tillvaratagen spillvärme	0		0%	0%	0%
Fjärnkyla	0		0%	0%	0%
Annan energi	0		0%	0%	0%
Total energianvändning	72		21	51	0
		Andel av total	29,2%	70,8%	0,0%
		Andel förnybart %	100,0%		
		"Lokalt genererad"	29,2%		

Indikatorbetyg	GULD
----------------	------

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Bilaga 8 - PPD-resultat

Zone	Befintlig byggnad		Ventilation ändrad Förändring A		Belysning + vent ändrat Förändring B		Belysning+vent ändrat+solsky Förändring C		Alla ändringar	
	Max PPD, %	Zone	Max PPD, %	Zone	Max PPD, %	Zone	Max PPD, %	Zone	Max PPD, %	Zone
Zone 83	73,47	Zone 83	62,02	Zone 83	33,53	Zone 62	17,3	Zone 19	17,14	Zone 19
Zone 81	65,31	Zone 81	48,04	Zone 81	22,9	Zone 5	15,55	Zone 62	17,12	Zone 62
Zone 74	35,66	Zone 54	38,05	Zone 62	17,3	Zone 19	15,49	Zone 5	16,85	Zone 5
Zone 73	35,05	Zone 53	27,96	Zone 19	15,42	Zone 15	15,41	Zone 21	16,71	Zone 21
Zone 76	34,43	Zone 52	27,82	Zone 5	15,4	Zone 48	14,71	Zone 15	16,63	Zone 15
Zone 75	34,36	Zone 75	20,08	Zone 15	15,24	Zone 47	14,7	Zone 76	16,31	Zone 76
Zone 77	34,03	Zone 76	20,04	Zone 48	14,71	Zone 46	14,47	Zone 75	16,29	Zone 75
Zone 71	26,84	Zone 77	19,82	Zone 47	14,69	Zone 42	14,44	Zone 77	16,26	Zone 77
Zone 46	23,23	Zone 74	19,62	Zone 42	14,62	Zone 40	14,41	Zone 83	16,19	Zone 83
Zone 48	22,19	Zone 73	18,68	Zone 40	14,59	Zone 41	14,41	Zone 46	16,13	Zone 46
Zone 47	20,72	Zone 62	17,04	Zone 41	14,59	Zone 53	14,39	Zone 45	16,11	Zone 45
Zone 41	17,01	Zone 71	15,11	Zone 76	14,57	Zone 76	14,39	Zone 53	16,11	Zone 53
Zone 62	16,74	Zone 5	15,08	Zone 75	14,56	Zone 75	14,38	Zone 71	16,11	Zone 71
Zone 42	16,32	Zone 15	14,95	Zone 77	14,53	Zone 21	14,35	Zone 42	16,08	Zone 42
Zone 40	16,15	Zone 48	14,71	Zone 53	14,42	Zone 77	14,35	Zone 74	16,08	Zone 74
Zone 5	14,9	Zone 47	14,69	Zone 46	14,4	Zone 52	14,34	Zone 40	16,04	Zone 40
Zone 15	14,8	Zone 19	14,64	Zone 39	14,39	Zone 39	14,25	Zone 41	16,04	Zone 41
Zone 54	14,65	Zone 42	14,43	Zone 52	14,37	Zone 74	14,19	Zone 52	16,03	Zone 52
Zone 53	14,54	Zone 40	14,41	Zone 74	14,35	Zone 73	14,14	Zone 73	16,02	Zone 73
Zone 52	14,53	Zone 41	14,4	Zone 21	14,32	Zone 45	14,05	Zone 39	16,01	Zone 39
Zone 39	14,41	Zone 46	14,36	Zone 73	14,3	Zone 50	14,02	Zone 81	16	Zone 81
Zone 21	14,3	Zone 21	14,26	Zone 45	14,26	Zone 81	13,89	Zone 54	15,96	Zone 54
Zone 19	14,11	Zone 39	14,22	Zone 50	14,1	Zone 83	13,89	Zone 63	15,94	Zone 63
Zone 50	14,1	Zone 50	14,12	Zone 71	13,84	Zone 54	13,84	Zone 47	15,73	Zone 47
Zone 45	13,88	Zone 45	13,97	Zone 48	13,84	Zone 71	13,79	Zone 48	15,73	Zone 48
Zone 36	13,48	Zone 36	13,33	Zone 63	13,6	Zone 63	13,61	Zone 36	15,72	Zone 36
Zone 63	13,27	Zone 63	13,29	Zone 36	13,5	Zone 36	13,5	Zone 50	15,6	Zone 50

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Bilaga 9 - Resultat CO2-halt (ppm)

Zone	Max CO2, ppm (vol)	Zone	Max CO2, ppm (vol)	Zone	Max CO2, ppm (vol)	Zone	Max CO2, ppm (vol)	Zone	Max CO2, ppm (vol)
Zone 74	1027	Zone 62	876,6	Zone 62	876,6	Zone 62	876,6	Zone 62	876,6
Zone 73	1027	Zone 15	781,3	Zone 15	781,3	Zone 15	781,3	Zone 15	781,3
Zone 71	1024	Zone 63	781,2	Zone 63	781,2	Zone 71	781,3	Zone 71	781,2
Zone 42	1006	Zone 5	781,1	Zone 5	781,1	Zone 63	781,2	Zone 63	781,2
Zone 41	977,3	Zone 74	781	Zone 74	780,8	Zone 5	781,1	Zone 5	781,1
Zone 62	876,6	Zone 73	781	Zone 73	780,7	Zone 73	780,8	Zone 21	780,5
Zone 47	867,9	Zone 71	780,2	Zone 71	780,5	Zone 74	780,5	Zone 73	780,2
Zone 48	867,1	Zone 81	778,8	Zone 54	780,5	Zone 54	780,5	Zone 74	780
Zone 81	866,6	Zone 54	778,8	Zone 81	779,4	Zone 81	780	Zone 54	777,8
Zone 77	864,8	Zone 21	776,6	Zone 21	774,1	Zone 21	779,1	Zone 81	777,1
Zone 75	863,8	Zone 13	755,1	Zone 36	755,6	Zone 36	755,6	Zone 36	755,1
Zone 76	861,2	Zone 36	754,3	Zone 13	748,3	Zone 39	745,1	Zone 39	743,9
Zone 50	858,3	Zone 39	743,6	Zone 39	743,1	Zone 13	740	Zone 13	724,3
Zone 40	855,9	Zone 6	733,2	Zone 59	738,4	Zone 6	722,2	Zone 6	718,1
Zone 39	824,6	Zone 59	725,6	Zone 52	731,7	Zone 48	717,2	Zone 50	717
Zone 36	817,2	Zone 52	720,4	Zone 53	731,3	Zone 47	717,2	Zone 76	716,7
Zone 83	774	Zone 53	720,1	Zone 57	728,1	Zone 77	717,1	Zone 75	716,7
Zone 32	761,6	Zone 48	717,2	Zone 58	727	Zone 53	716,8	Zone 77	716,6
Zone 37	760,8	Zone 75	717	Zone 6	726,2	Zone 76	716,8	Zone 52	716,4
Zone 46	760,7	Zone 47	717	Zone 48	717,1	Zone 75	716,8	Zone 47	716,3
Zone 43	760,4	Zone 76	716,9	Zone 47	717,1	Zone 83	716,2	Zone 48	716,3
Zone 44	753,4	Zone 42	715,9	Zone 76	716,7	Zone 52	715,7	Zone 53	715,6
Zone 45	752,5	Zone 40	715,6	Zone 75	716,7	Zone 41	715,4	Zone 45	714,5
Zone 78	743,1	Zone 77	715,5	Zone 77	715,9	Zone 40	715,3	Zone 40	714,4
Zone 49	727,9	Zone 41	715,4	Zone 50	715,3	Zone 42	714,7	Zone 41	714,4
Zone 38	725,4	Zone 83	715	Zone 46	714,4	Zone 50	713,6	Zone 42	714,2
Zone 5	717,8	Zone 45	713,5	Zone 83	713,4	Zone 46	709,7	Zone 83	713,7
Zone 15	717,8	Zone 57	711,6	Zone 41	713,8	Zone 45	709,9	Zone 59	703,4
Zone 63	717,8	Zone 50	711,5	Zone 40	713,1	Zone 14	702,3	Zone 14	700,1
Zone 54	716,9	Zone 58	710,3	Zone 42	711,8	Zone 59	701,2	Zone 57	700

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Zone21	716,1	Zone46	706,2	Zone45	707,7	Zone20	701	Zone58	699,8
Zone52	715,6	Zone14	702,8	Zone61	707,6	Zone12	696	Zone46	696
Zone53	713,1	Zone20	702,7	Zone20	702,2	Zone57	694,7	Zone7	695,9
Zone72	666,5	Zone12	699,5	Zone14	702	Zone58	694,1	Zone61	694,2
Zone79	666,5	Zone3	691,4	Zone12	699,4	Zone53	692,7	Zone20	692,1
Zone82	666,5	Zone61	690,2	Zone3	689,6	Zone60	685,7	Zone12	688,3
Zone80	666,2	Zone90	680,3	Zone90	687,7	Zone90	684,3	Zone60	686,8
Zone84	653,4	Zone22	678,8	Zone22	685,6	Zone61	682	Zone3	685,1
Zone85	640,5	Zone19	676,8	Zone22	684	Zone22	678,5	Zone90	677,3
Zone13	618	Zone60	675,5	Zone19	674,4	Zone72	665,5	Zone22	674,1
Zone6	608,9	Zone68	664	Zone68	667,8	Zone79	665,5	Zone82	659,8
Zone68	600,5	Zone67	661	Zone67	667,4	Zone82	665,5	Zone72	659,7
Zone67	598,6	Zone92	660,4	Zone92	666,6	Zone80	665,2	Zone79	659,7
Zone92	598,5	Zone7	659,2	Zone72	665,5	Zone7	661,7	Zone80	659,6
Zone64	596,8	Zone64	656,4	Zone79	665,5	Zone19	661,4	Zone19	656,2
Zone60	589,8	Zone82	654,8	Zone82	665,5	Zone68	658,6	Zone67	656
Zone22	586,9	Zone72	654,7	Zone80	665,2	Zone67	657,1	Zone68	655
Zone14	585,5	Zone80	654,6	Zone64	659,6	Zone92	656,5	Zone92	654,4
Zone59	581,2	Zone51	648,2	Zone1	646,9	Zone1	641,7	Zone1	651,6
Zone3	580,7	Zone1	642,6	Zone51	641,3	Zone51	640,4	Zone17	647,5
Zone61	578,5	Zone32	638,1	Zone32	632,4	Zone32	628,7	Zone51	639,5
Zone57	577,2	Zone37	637,9	Zone43	632	Zone43	627,9	Zone16	634
Zone58	576,8	Zone43	637,9	Zone43	631,8	Zone37	627,8	Zone32	633,1
Zone7	574,4	Zone44	637,4	Zone44	631,2	Zone44	627,3	Zone37	633
Zone1	570,4	Zone78	635,9	Zone78	630,3	Zone78	626,8	Zone43	633
Zone20	564,7	Zone38	620,8	Zone38	619,4	Zone9	616,9	Zone44	632,9
Zone12	563,2	Zone9	617,2	Zone9	616,8	Zone8	609,9	Zone78	633
Zone69	545,6	Zone8	611,1	Zone8	610	Zone38	607,6	Zone9	623,4
Zone25	537,2	Zone84	594,5	Zone84	590,4	Zone84	589,7	Zone8	615,9
Zone28	521,8	Zone17	583,6	Zone17	584,6	Zone17	585,5	Zone38	606
Zone65	521	Zone85	571,9	Zone11	574,2	Zone25	578,3	Zone84	589,6
Zone19	516	Zone11	571	Zone85	571,6	Zone11	574,4	Zone11	573,6
Zone17	514,1	Zone69	566,2	Zone69	569,8	Zone69	569,6	Zone10	565,3

## Installationsteknisk renovering av kontorsbyggnad

Zone23	508,4	Zone16	563,7	Zone10	565,4	Zone10	566,5	Zone94	561,4
Zone66	502,2	Zone10	562,9	Zone16	564,7	Zone16	565,5	Zone55	560,3
Zone9	501,3	Zone65	552,3	Zone25	555,6	Zone28	561,4	Zone85	559,4
Zone8	498,7	Zone66	538,8	Zone65	554,9	Zone85	558,1	Zone93	549,5
Zone16	498	Zone49	527,5	Zone66	543,8	Zone65	555,1	Zone56	548
Zone2	479,1	Zone25	515,1	Zone49	524,3	Zone66	544	Zone49	534
Zone51	475,9	Zone2	512,6	Zone55	518,5	Zone49	523,1	Zone29	522,7
Zone10	461,8	Zone55	511,2	Zone2	514,7	Zone2	512,5	Zone2	516,1
Zone11	460,7	Zone56	494,5	Zone56	500,7	Zone55	509,7	Zone25	490,4
Zone94	452,1	Zone94	464,4	Zone28	500,3	Zone23	496,7	Zone59	486,2
Zone93	447	Zone29	462,3	Zone29	466,2	Zone56	495	Zone28	474,4
Zone18	400	Zone93	457	Zone94	466,1	Zone94	467,7	Zone65	459
Zone33	400	Zone28	440,8	Zone93	457,2	Zone29	464	Zone66	458,8
Zone34	400	Zone23	429,5	Zone23	455,9	Zone93	460,1	Zone23	448,8
Zone29	400	Zone18	400	Zone18	400	Zone18	400	Zone18	400
Zone55	400	Zone33	400	Zone33	400	Zone33	400	Zone33	400
Zone56	400	Zone34	400	Zone34	400	Zone34	400	Zone34	400
Zone87	400	Zone87	400	Zone87	400	Zone87	400	Zone87	400
Zone88	400	Zone88	400	Zone88	400	Zone88	400	Zone88	400
Zone89	400	Zone89	400	Zone89	400	Zone89	400	Zone89	400
Zone91	400	Zone91	400	Zone91	400	Zone91	400	Zone91	400
Zone4	390,8	Zone4	390,8	Zone4	390,8	Zone4	390,8	Zone4	390,8
Zone24	390,8	Zone24	390,8	Zone24	390,8	Zone24	390,8	Zone24	390,8
Zone26	390,8	Zone26	390,8	Zone26	390,8	Zone26	390,8	Zone26	390,8
Zone27	390,8	Zone27	390,8	Zone27	390,8	Zone27	390,8	Zone27	390,8
Zone70	390,8	Zone70	390,8	Zone70	390,8	Zone70	390,8	Zone70	390,8
Zone86	390,8	Zone86	390,8	Zone86	390,8	Zone86	390,8	Zone86	390,8
Zone30	390,8	Zone30	390,8	Zone30	390,8	Zone30	390,8	Zone30	390,8