

Energieffektivisering

- en studie av Ladugårdsmarkens skola



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Examensarbete:
Maria Grandinson
Ingela Svensson

© Copyright Maria Grandinson, Ingela Svensson

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

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

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds Universitet
Lund 2006

Sammanfattning

Energieffektivisering

- en studie av Ladugårdsmarkens skola

Bostäder och lokaler står för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning. Det finns mycket att tjäna på att effektivisera energianvändningen, bl a bättre arbetsmiljö, ökad driftsäkerhet och bättre ekonomi. Under de senaste åren har elanvändningen inom lokalsektorn ökat kraftigt, medan energianvändningen för uppvärmning har minskat.

Energianvändningen i byggnader delas upp i poster för uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och verksamhetsel. Storleken på dessa beror på byggnadstekniska lösningar, installationstekniska system, brukarbeteende och verksamhet.

Faktorer som påverkar energianvändningen är bl a belysning, ventilation, värmesystem och hur klimatskalet är uppbyggt. Exempel på åtgärder för att minska energianvändningen är närvarostyrningar på belysning och ventilation. Det är viktigt med ordentligt underhåll av de ingående delarna i värme, ventilationssystem och belysning. Tilläggsisolering och fönsterbyte kan göra mycket för att minska värmeläckaget.

Ladugårdsmarken är en skola med hög energianvändning och det är främst elanvändningen som bidrar till de höga siffrorna. Eftersom byggnaden renoverades 1991 borde inte energianvändningen vara så hög som den är. Energiförlusterna beror till största delen på bristande isolering i byggnadens omslutande delar, dåligt U-värde på fönster och ett felaktigt konstruerat golvvärmesystem. Att belysningen ofta är tänd och saknar någon form av styrning samt att datorerna ofta står på stand-by bidrar också till den höga elanvändningen. Även ventilationens styrning skulle kunna anpassas bättre till verksamheten för att minska energiåtgången.

Nyckelord: Energieffektivisering, energibesparande åtgärder, tekniska krav,

Abstract

Reduction in energy consumption - a study of the school of Ladugårdsmarken

Habitations and premises use about 40 % of the total energy consumption in Sweden. There is a lot to gain by reducing the energy consumption, such as better work environment, increased dependability and better economy. During the past years the electrical consumption for premises has undergone a rapid growth, while the energy consumption for heating has been reduced.

The energy consumption for buildings can be divided in heating, hot water, and electricity. The size of these factors is due to constructional solutions, building services, behaviours and sort of activity.

Some factors that have influence on the energy consumption are illumination, ventilation, heating systems and how the building is constructed. A few actions that can be used to reduce the energy consumption are different kinds of control for the illumination and ventilation systems. It is important with proper care of the different parts of the heating, ventilation and illumination. Extra insulation and changes of the windows can reduce the heat leakage a great deal.

Ladugårdsmarken is a school with high energy consumption, mostly because of the electrical consumption. The building was renovated in 1991 and shouldn't have that kind of high consumption of energy. The loss of energy is mostly due to inadequacy of insulation, high U-values of the windows and incorrect construction of floor heating system. Switched on illumination without control and computers on stand-by also help to explain the electrical consumption. The control of the ventilation system should also be better adjusted to the activity of the building to reduce the energy consumption.

Keywords: energy consumption, reducing energy consumption, technical demands

Förord

Föreliggande examensarbete har kommit till som en avslutning på högskoleingenjörsutbildningen inom byggt teknik på LTH, Campus Helsingborg. Arbetet har utförts som grupparbete om två personer på institutionen för installationsteknik.

Rapporten behandlar effektivisering av energianvändning, vilket är ett problem som fler och fler blir medvetna om idag. Undersökningarna i rapporten är baserade på ett praktiskt exempel, Ladugårdsmarkens skola i Lund, som idag har en hög energianvändning. Den efterföljande analysen bygger främst på våra egna erfarenheter och samlade kunskaper efter utbildningen, men även på litteraturstudier inom det aktuella området. För att kunna bedöma effektiviseringsåtgärder har vi haft tillgång till ritningar och energianvändningsdiagram från Lundafastigheter. Till vår hjälp vid inventeringen av skolan hade vi dåvarande vaktmästaren Tyko Runesson, som vi vill rikta ett stort tack till.

Vi vill även tacka vår handledare Catarina Warfvinge, som har hjälpt oss i vår jakt på litteratur, med inläringen av datorprogrammet VIP+ och med alla frågor som har uppkommit under resans gång.

Vår förhoppning är att detta arbete ska kunna bidra till att Ladugårdsmarkens och andra skolors energianvändning kan minskas, och att det läggs större vikt vid energieffektivitet vid nybyggnation av skolor i framtiden.

Helsingborg november 2005

Maria Grandinson och Ingela Svensson

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Problematisering.....	1
1.3 Syfte	1
1.4 Avgränsningar.....	1
1.5 Metod.....	2
2. Energianvändning allmänt	3
3. Energianvändning i skolor	5
3.1 Värmeanvändning enligt REPAB.....	5
3.1.1 Riktvärden	5
3.2 Elanvändning enligt REPAB.....	6
3.2.1 Riktvärden	6
4. Energieffektivisering	8
4.1 Organisatoriska faktorer som påverkar energianvändningen	8
4.1.1 Energianalys	8
4.1.2 Driftorganisation.....	8
4.2 Tekniska faktorer som påverkar energianvändningen.....	9
4.2.1 Belysning	9
Tekniska krav	9
Fel och besiktning	10
Energibesparande åtgärder	10
4.2.2 Ventilation.....	11
Tekniska krav	12
Fel och brister.....	13
Energibesparande åtgärder	13
4.2.3 Värme	14
Tekniska krav	15
Golvvärme.....	15
Energibesparande åtgärder	16
4.2.4 Klimatskalet	16
Yttervägg	16
Källaryttervägg.....	17
Tak.....	17
Golv	18
Fönster	19
Energibesparande åtgärder	19

5. Analys av Ladugårdsmarkens skola	20
5.1 Analysmetod	20
5.2 Allmän beskrivning av Ladugårdsmarkens skola.....	20
5.3 Teknisk beskrivning och inventeringsresultat	21
5.3.1 U-värden och ventilationsflöden.....	22
5.4 Uppmätt eleffektbehov för verksamheten.....	23
6. Energiberäkningsprogrammet VIP+.....	25
6.1 Kort beskrivning av VIP+.....	25
6.2 Beräkning av Ladugårdsmarkens skolas energianvändning	25
6.3 Undersökning av energibesparande åtgärder.....	25
7. Analys av resultat	27
8. Slutsats	28
9. Källförteckning	30
9.1 Tryckta källor.....	30
9.2 Elektroniska källor	30
9.3 Muntliga källor	31
10. Bilagor.....	32
10.1 Resultat från VIP+, ursprungligt utförande	32
10.2 Resultat från VIP+, förbättrat U-värde för fönster.....	39
10.3 Resultat från VIP+, tilläggsisolering	40
10.4 Resultat från VIP+, sammansatta åtgärder.....	41

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Bostäder och lokaler står för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning. Det är till uppvärmning av ytor och vatten och till drift av apparater som den mesta energin används.¹ Det går att spara in ca 40 miljarder per år om energianvändningen halveras i befintliga bostäder och lokaler. Det är inte bara viktigt för ekonomin att energianvändningen minskas utan även för miljön. Genom att minska utsläppen av växthusgaser skonas naturen. Om inte hänsyn till miljön börjas tas på allvar så finns det risk för att vattenresurserna, matproduktionen och miljön hotas globalt. Det kan röra sig om kraftigare oväder med stormar, regn och översvämningar och på andra håll extrem värme och torka.²

Lägre energianvändning för också med sig positiva effekter som bättre arbetsmiljö, ökad driftsäkerhet och bättre ekonomi. För att kunna minska sin energianvändning måste man veta vilka faktorer som påverkar och hur stora eller många åtgärder det krävs för att få en märkbar förändring.

1.2 Problematisering

Vi vill försöka få svar på följande frågor:

- Vilka faktorer påverkar energianvändningen i en byggnad?
- Hur kan energianvändningen effektiviseras i en befintlig skola?
- Vilka faktorer bör beaktas vid nybyggnation?

1.3 Syfte

Syftet med vårt arbete är att utifrån ett praktiskt exempel, skolan Ladugårdsmarken i Lund, ta reda på möjliga orsaker till att energianvändningen är så hög för närvarande. Vi ska även undersöka olika metoder för effektivisering med hänsyn till byggfysikaliska egenskaper, så som U-värden och fukttilstånd.

1.4 Avgränsningar

Det hade varit intressant att jämföra den aktuella skolan med andra som har en låg energianvändning; titta på skillnader, likheter och problemlösningar, men det ryms inte i detta arbete.

¹<http://www.stem.se>

²<http://www.DN.se>

1.5 Metod

Vi har läst olika litteratur som är relevant för ämnet, men för att själva undersöka olika faktorer som påverkar energianvändningen har vi studerat en skola med hög energianvändning. Vi har besökt den aktuella skolan och tagit reda på vilka faktorer som styr användningen, utfört en energiberäkning och analyserat resultatet. Efter det har vi kunnat dra slutsatser och komma med förslag på åtgärder som kan minska energianvändningen. Energiberäkningarna är utförda i datorprogrammet VIP+.

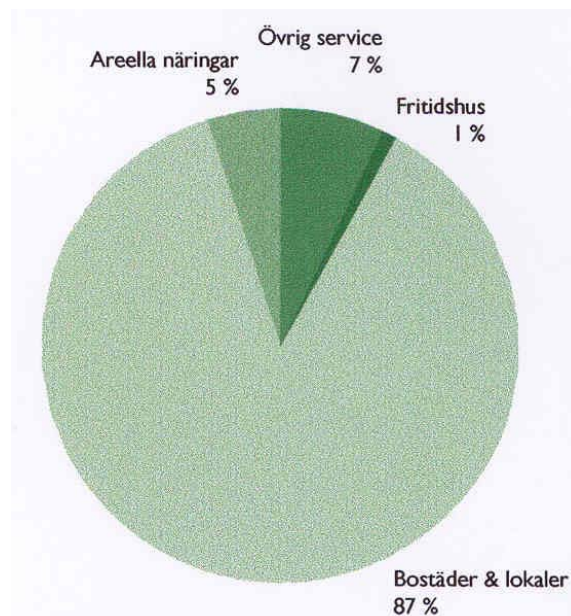
2. Energianvändning allmänt

Under de senaste åren har elanvändningen inom lokalsektorn ökat kraftigt medan energianvändningen för uppvärmning har minskat. Anledningen till att värmeanvändningen har minskat är en effektivare värmeåtervinning men också en ökad värmeförsörjning från det ökade antalet elapparater. Elen används för drift av pumpar, fläktar, kylanläggningar, hissar, datorer, kopieringsmaskiner, skrivare och belysning och de flesta av dessa apparater avger värme. Det ökade värmeföret bidrar samtidigt till att behovet av komfortkyla ökar, komfortkyla som i de flesta fall produceras av kylmaskiner och som därmed ytterligare ökar elanvändningen.³

Bebyggelsesektorn står för ca en tredjedel av Sveriges totala energianvändning och orsakar ca 15 % av det totala svenska koldioxidutsläppet.

Bebyggelsesektorn omfattar:

- Bostäder (småhus och flerbostadshus)
- Lokaler (kontor, skolor, sjukhus mm)
- Areella näringar (jordbruk, skogsbruk, fiske mm)
- Fritidshus
- Övrig service (gatu- och vägbelysning, avlopps- och reningsverk samt el- och vattenverk)



Figur 1 Fördelning av energianvändningen i bebyggelsesektorn.⁴

³ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerbostadshus*

⁴ Persson (2002): *Energianvändning i bebyggelsen*

Energianvändningen i byggnader delas upp i poster för uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och verksamhetsel. Storleken på dessa påverkas av byggnadstekniska lösningar, installationstekniska system, brukarbeteende och verksamhet. I lokaler varierar energianvändningen kraftigt över dygnet beroende på vilken typ av verksamhet som bedrivs.

I många typer av lokaler, t ex kontor och skolor, tillförs så mycket värme från belysning, solinstrålning, datorer, kopiatorer mm att det inte krävs så stor mängd köpt energi för uppvärmning. För att undvika ett samtidigt behov av värme och klimatkyla i dessa lokaler behövs energieffektiva fönster med bra solavskärmande egenskaper.

I lokaler står belysningen för en fjärdedel av elanvändningen, vilket gör att val av armaturer får en stor betydelse. För att minska energianvändningen för belysningen kan man t ex använda sig av närvarostyrning, högfrekvensdon i lysrörsarmaturer och byte av glödlampor till kompaktlysrör.

En viktig orsak till apparaters energianvändning är ”stand-by-förlusterna”, dvs den el som går åt utan att apparaterna används, t ex kopiatorer och datorer som inte stängs av över natten.⁵

⁵ Persson (2002): *Energianvändning i bebyggelsen*

3. Energianvändning i skolor⁶

Energianvändning för bostäder och olika typer av lokaler, däribland skolor, samlas in och sammanställs av REPAB. Underlaget erhålls från förvaltare och ägare i hela landet och statistiken redovisas i årsböcker. Energianvändningen redovisas i tre klasser låg, normal och hög och kan användas när man vill jämföra den egna skolans energianvändning med andra. Till de tre klasserna finns också en beskrivning av systemlösningar och användning som mest påverkar energianvändningen. Till REPAB rapporteras också kostnader som nyckeltal.

3.1 Värmeanvändning enligt REPAB

Energianvändningen för värme omfattar all uppvärmning och varmvattenberedning i gemensamma utrymmen och verksamhetsutrymmen. I kostnaderna ingår inte drift- och underhållskostnader utan endast inköp.

Värmeanvändningen kan påverkas på följande sätt:

Positivt

- Byggnadsår och isoleringsstandard efter 1975
- Återvinning av ventilation
- Drifttid, ventilation tidsstyrd
- Sten- eller betongbyggnad
- Minskning av rumstemperatur

Negativt

- Byggnadsår och isoleringsstandard före 1975
- Ingen återvinning av ventilation
- Drifttid, ventilation 24 tim/dygn
- Trä- eller plåtbyggnad
- Ökning av rumstemperatur

3.1.1 Riktvärden

Riktvärden för energianvändningen hos typfastigheter beskriver den nivå en välskött fastighet med angivna egenskaper bör nå.

Typfastighet LÅG innebär en fastighet med värmeisolering och täthet enligt 1975 års energinormer eller nyare. Byggnaden ska ha ventilation med effektiv värmeåtervinning och effektiv styr- och reglerutrustning. Rumstemperaturen är 20 °C, drifttider för ventilation ca 50 tim/vecka och förebyggande tillsyn och skötselronder ska praktiseras.

Riktvärde årlig användning (klimatzon 3) = 78 kWh/m² BRA

⁶ Repab (2000): Årskostnader skolor

Typfastighet NORMAL innebär en fastighet med värmeisolering motsvarande nybyggnadsstandard 1960-1975. Byggnaden ska ha ventilation med värmeåtervinning och effektiv styr- och reglerutrustning för värmeinstallation. Rumstemperaturen är 20 °C.

Riktvärde årlig användning (klimatzon 3) = 137 kWh/m²

Typfastighet HÖG innebär en fastighet med värmeisolering motsvarande nybyggnadsstandard 1959 eller tidigare, trä eller plåtbyggnad. Byggnaden har ventilation utan återvinning, men ändå effektiv styr- och reglerutrustning för värmeinstallation. Rumstemperaturen är 21-22 °C.

Riktvärde årlig användning (klimatzon 3) = 196 kWh/m²

3.2 Elanvändning enligt REPAB

Elanvändningen omfattar alla gemensamma utrymmen, verksamhetslokaler och installationer.

Elanvändningen kan påverkas på följande sätt:

Positivt

- Äldre fastighet – låg installations-täthet
- Självdragsventilation eller enbart frånluftsventilation
- Liten andel utvändig belysning
- Ingen hiss
- Ingen komfortkyla
- Verksamhet 5 dagar/vecka

Negativt

- Ny fastighet – hög installationstätt-het
- Mekanisk till- och frånluft
- Utvändig belysning i stor omfatt-ning
- Hissar
- Komfortkyla
- Verksamhet 6-7 dagar/vecka
- Skolkök

För att minska elanvändningen kan luftomsättningen nattetid sänkas med 50 % i fastigheter med mekanisk ventilation och kontinuerlig drift. Tidsstyrning eller automatisk släckning av belysning, byte till lysrör eller lågenergilampor och komfortkyla som är anpassad till verksamhetens krav bidrar också till minskad elanvändning.

3.2.1 Riktvärden

Riktvärden för elanvändningen hos typfastigheter beskriver den nivå en välskött fastighet med angivna egenskaper bör nå.

Typfastighet LÅG innebär äldre fastighet (byggd före 1960) med låg installations-täthet och frånluftsventilation med drifttid mindre än 50 tim/vecka (ingen kvälls-verksamhet). Byggnaden saknar hissar.

Riktvärde årlig användning= 35 kWh/m²

Typfastighet NORMAL innebär 60-talsfastighet med normal installationstäthet. Byggnaden har mekanisk från- och tilluftsventilation med drifttid mindre än 80 tim/vecka (utnyttjad kvällstid) och normal hisstandard.

Riktvärde årlig användning= 50 kWh/m²

Typfastighet HÖG innebär 80-talsfastighet med hög installationstäthet och me-kanisk från- och tilluftsventilation med drifttid mer än 80 tim/vecka (skola med högt utnyttjande under kvällar och veckoslut). Byggnaden har normal hisstan-dard och utvändigt belysning i stor omfattning. I denna grupp ingår även skolmat-sal med tillagningskök.

Riktvärde årlig användning= 80 kWh/m²

4. Energieffektivisering

4.1 Organisatoriska faktorer som påverkar energianvändningen⁷

4.1.1 Energianalys

En energianalys inleds lämpligast med en inventering av byggnadens el-, värme- och vattenanvändning. Innan resultatet analyseras kan det vara bra att göra en grov bedömning av energieffektivisering eftersom åtgärdsförslagen då kan koncentreras till de mest angelägna områdena. Vid förslag på åtgärder är det viktigt att konstatera det verkliga behovet av el och att dimensioneringen är anpassad till verksamheten. Därefter kan utrustningen göras effektivare. Passande åtgärder kan vara allt från omläggning av rutiner till större ombyggnader. Att två åtgärder kan ta ut varandra måste också beaktas, till exempel kommer värmeåtervinning på ventilationen inte att spara lika mycket om tidsstyrd ventilation införs samtidigt.

4.1.2 Driftorganisation

En förutsättning för effektiv energianvändning är en väl fungerande driftorganisation. En del av denna är att föra statistik över bland annat energikostnad, energianvändningens nivå relativt andra företag, förändringen vid genomförda åtgärder. Statistiken används sedan för att få:

- God funktion på anläggningen
- Låg energianvändning och bra ekonomi
- Motiverad driftpersonal
- Som underlag för analys och åtgärdsförslag
- Som underlag för uppföljning av genomförda åtgärder
- Som underlag för budget

Driftpersonalen är också viktiga för effektivisering, utbildning av personalen kan ge 3 – 7 % besparing beroende på anläggningens storlek och standard. Uppförning av drift- och underhållsinstruktioner sparar tid och ger struktur till underhållet. Instruktionerna ska anpassas till personalens kompetens och innehållet ska beskriva:

1. installationernas uppbyggnad
2. installationernas funktion
3. säkerhetsbestämmelser och myndighetskrav för installationen
4. kontinuerlig drift och underhåll för att uppnå avsedd funktion med så liten energianvändning som möjligt.

⁷ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

4.2 Tekniska faktorer som påverkar energianvändningen

4.2.1 Belysning⁸

Belysning på en arbetsplats kan, rätt placerad och använd, motverka syntrötthet och förslitningar i arbetet. Dessutom ger dålig belysning otrivsamma lokaler, trötta människor och drar ofta mer energi än en bra. En bra kombination av allmänbelysning och individuellt ställbar arbetsplatsbelysning ger ofta bättre ekonomi och även bättre trivsel och ökad arbetsinspiration. Rekommenderade belysningsstyrkor och bländtal finns i Boverkets Nybyggnadsregler, Arbetarskyddsstyrelsens kungörelser och i Ljuskulturs ”Belysning inomhus”.

Tekniska krav

Viktiga delar i en effektiv belysning är effektiva armaturer, HF-don, fullfärgslysrör och ljusa material på väggar, tak och golv.

HF-don är en sorts elektriska driftdon som idag finns på de flesta nya lysrörsarmaturerna i Sverige och går att använda på vanliga standardlysrör.⁹

Fördelarna med HF-don är:¹⁰

- Flimmerfritt ljus
- Energibesparing genom att släcka defekta ljuskällor så att onödiga tändförsök uteblir
- Låga energiförluster, sparar minst 20 % jämfört med konventionell belysning
- Tysta
- Låg andel oönskad värme

Don med varmstart gör belysningen möjlig att styra med närvarogivare. Med varmstart tål lysrören att tändas och släckas ofta och deras livslängd ökar. Reglerbara HF-don möjliggör att ljusnivån kan varieras utifrån elevernas behov. Med en dagsljussensor kan ljuset från belysningen styras för att ge en konstant ljusnivå. Förväntad livslängd för HF-donen är 11 - 12 år, om lysrören är tända 12 tim/dygn.¹¹

⁸ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

⁹ http://www.foxdesign.se/OmFox/Aktuellt/Kalender/Kalender_2004/Armaturer%20med%20HF-don.pdf

¹⁰ <http://www.el-finess.se/hf-don.htm>

¹¹ NUTEK (1995): *Rustad för skolan*

Nyckeltal: ¹²	Klassrum, gruppum	10 - 13 W / m ²
	Korridorer, kappum	5 - 8 W / m ²

Fel och besiktning¹³

Det vanligaste felet på belysningen är dålig planering, för mycket allmänbelysning och för lite arbetsplatsorienterad, som kräver stor belysningseffekt för tillräckligt ljus. Andra vanliga brister är gammal belysningsarmatur som riktar ljuset dåligt, dålig rengöring, föråldrade lysrör och fel placering vilket kan leda till direkt eller indirekt bländning. Vid besiktning är den visuella utvärderingen viktigast och man kan själv bedöma ljuskvaliteten och beräkna installerad belysningseffekt (summerade effekten på alla ljuskällor inklusive driftdon fördelat på lokalens yta). Om det verkar vara problem så bör en specialist anlitas. Användningstiden för belysningen är också viktig att kontrollera på. Lokaler med stora fönster kan tillgodogöra sig mycket dagsljus under vissa perioder medan mörka lokaler ofta kräver belysning under hela arbetstiden.

Energibesparande åtgärder¹⁴

Om byggnaden är i behov av åtgärder finns det många förslag att välja mellan, även om lönsamheten varierar. Vi går här igenom några åtgärder som minskar behovet av elenergi.

Belysningsunderhåll – Regelbundet byte och rengöring av ljuskällor (belysningen minskar med 15-20 procent per år, men drar lika mycket energi som en ny eller ren), rengöring och ommålning av rumsytor, rutinmässig översyn av ljusarmaturer. När belysningen har sjunkit till 70 procent av utgångsvärdet krävs underhåll.

Olika styrningar – Tidsstyrning på allmänbelysningen, manuell styrning så att varje person kan tända och släcka sin egen arbetsplatsbelysning, dagsljusstyrning med ljusdetektor så att ljusnivån regleras efter dagsljus.

Byte av lysrör – De tjocka lysrören, 38 mm, drar 10 procent mer än de tunna, 26 mm. Fullfärgslysror ger 15 procent mer ljus än enkelfärgslysror vid installation, efter 7500 timmar drygt 39 % mer. Dessa kräver alltså lägre effekt men ger ändå inte lägre belysningsstyrka.

Lysrörslampor – Drar 20 % av elenergi till glödlampor. Kostar mer men har 6-8 gånger längre livslängd.

Allmänbelysning – Förr fanns enbart allmänbelysning vilket var ineffektivt och gav dåligt ljus. I kombination med arbetsplatsbelysning ger den störst möjlighet till

¹² NUTEK (1995): *Rustad för skolan*

¹³ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

¹⁴ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

fullgod belysning och ofta även den lägsta belysningseffekten och energianvändningen.

Elektroniska driftdon – Används för reglering och bättre driftsförhållande för lysrör (26 mm). Sparar över 20 procent i energianvändningen och minskar underhållskostnader och slitage. Ökad belysningskomfort, inga blinkningar, ljudlös drift, flimmerfritt ljus. Ger mindre värmeutveckling, vilket ger minskat behov av komfortkyla. Nackdel: merkostnad på 300 kr för anslutning av ett rör, 350 kr för två.

Närvaro- och dagsljusstyrning – Rörelsedetektor som styr till- och från-koppling kan vara lönsam i korridorer, idrottshallar, konferensrum etcetera.

4.2.2 Ventilation

Ventilationens uppgift är att förse byggnaden med frisk, filtrerad, tempererad luft och föra bort överskottsvärme och förorenad luft. Ventilationssystemet kräver värme och el för uppvärmning och förflyttning av luften. Genom att konstatera behovet av luftflöde och se till att ingen onödig ventilation är igång kan energibehovet minskas avsevärt. God arbetsmiljö och låg energianvändning går att uppnå med genomtänkta system och bra styrning. Värmeåtervinning ur frånluften är ofta ekonomiskt intressant som energispar och effektiviseringsåtgärd om byggnaden är elvärmd. Storleken på luftflödena bestäms oftast av luktnivån, koncentrationen av skadliga föroreningar i lokaler eller värmealstringen. Styrande normer finns i Boverkets byggregler och Arbetsmiljöverkets regler.¹⁵

Det finns tre kategorier av ventilationssystem, beroende på drivkrafterna: självdrag (S), mekanisk frånluft (F) och mekanisk till- och frånluft (FT). Ett FT-system med värmeväxlare betecknas FTX och återvinner värme från frånluften till att värma tilluften. I ett FT-system drivs luften till och från bygganden med hjälp av fläktar. Det gör det lätt att filtrera bort smuts och värme och befukta uteluft, som kan tillföras var som helst i lokalen, och det är enkelt att återvinna frånluftens värme. Allmän ventilation kan utföras på två sätt:¹⁶

¹⁵ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

¹⁶ Warfvinge, Catarina (1999): *Installationsteknik AK för V*

- Deplacerande ventilation. (deplacera = skjuta undan) Tillförsel sker med låg hastighet vid golv och eftersom tilluftens temperatur är lägre än rummets så "flyter" luften ut efter golvet. Luften värms och stiger och skjuter därmed undan den gamla luften som sugts bort vid taket.

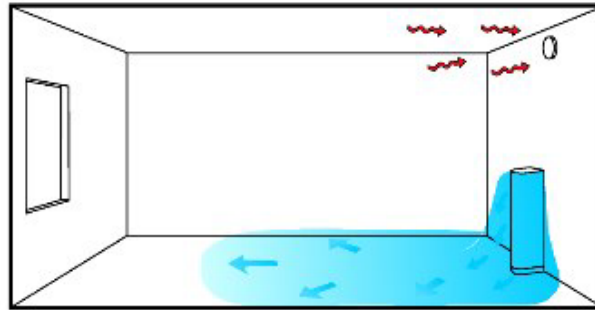


Bild 1 Deplacerande ventilation.¹⁷

- Omblandande ventilation. Ren, ny luft blandas kontinuerligt in i den gamla rumsluften som därmed "späds" ut.

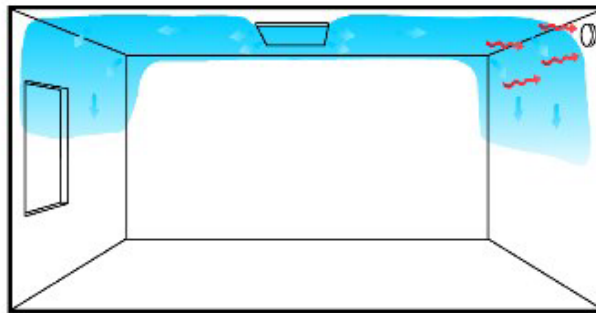


Bild 2 Omblandande ventilation.¹⁸

Tekniska krav¹⁹

Ett sätt att minska elanvändningen för fläktdrift är att anpassa ventilationen till faktiskt behov genom installation av närvaro- eller CO₂-givare. Närvarogivare innebär att ventilationen ökar från ett miniflöde till maximalt flöde när någon kommer in i rummet. Vid CO₂-reglering anpassas luftflödet efter CO₂-halten. Vid styrning av luftflödet till t ex klassrum krävs motordrivna spjäll till varje rum och flödesreglering av fläktarna. Energieffektivitet hos ventilationssystem mäts med hjälp av det sk SFP-värdet (specifik Fan Power, specifik fläkteffekt) som fås genom att dela motorernas effekt med luftflödet. Ju lägre värde desto bättre.

¹⁷ Swegon produktkatalog

¹⁸ Swegon produktkatalog

¹⁹ NUTEK (1995): *Rustad för skolan*

Nyckeltal: SFP vid ombyggnad	FTX	2 - 2,5 kW/(m ³ /s)
SFP vid nybyggnad	FTX	1,5 kW/(m ³ /s)

Effektiv ventilation innebär bl a:

- Luftflöde anpassat efter behov
- Fläktar med bakåtböjda skovlar
- Varvtals- eller ledskensreglering
- Väl belastade motorer med hög verkningsgrad
- Större aggregat
- Större kanaler

Fel och brister

Allra vanligast är brister i underhåll av ventilationsaggregat, filter och kanaler. Smutsen gör att luftflödet minskar påtagligt, värmeväxlare fungerar dåligt och så vidare. Ofta utnyttjas inte den bästa tekniken, till exempel ökad allmänventilation istället för att flytta eller byta ut don, och i många fall är inte värmeåtervinning installerat fastän det skulle vara ekonomiskt lönsamt.

Energibesparande åtgärder

Om luftflödet kan sänkas leder det till en minskning av elanvändningen i kubik (teoretiskt). En värmeväxlare sparar el, men elbehovet för fläktarna ökar något eftersom motståndet i anläggningen ökar om värmeåtervinning installeras. Fläktarnas förhöjda elanvändning är dock oftast försumbar jämfört med värmebesparingen. Här följer några åtgärder som minskar energianvändningen för ventilationssystemet.

Förbättrat underhåll – Rengöring och byte av filter, kanaler och don bör göras med jämna mellanrum. Om underhållet är försummat kan elåtgången minskas genom förbättrat underhåll. En ren anläggning ger mindre motstånd vilket innebär att fläktarna kan varvas ner utan att luftflödet minskar.

Dimensionering – Vid om- och nybyggnad lönar det sig många gånger att välja större ventilationsaggregat, som ger lägre tryckfall, än den standardmässiga dimensionen.

Anslutningar – Dåliga anslutningar mellan fläkt och kanal ger högre elåtgång eftersom fläkten måste hålla högre varvtal än vid bra anslutningar. Om dåliga anslutningar inte kan undvikas bör en rak kanalbit monteras mellan fläkten och böjen. Den raka delen måste vara minst två gånger fläktens diameter för att minska böjens försämrande inverkan.

Värmeåtervinning – Om luften är ren och luktfri kan en roterande värmeväxlare användas. Den kräver dock att både till- och frånluftsfläktarna är i samma fläktrum. Verkningsgraden är ungefär 70-80 %. Om luften inte är ren och luktfri kan istället en plattvärmeväxlare väljas. Denna kräver också att båda fläktarna är i samma fläktrum och verkningsgraden är här 50 - 60 %. Om till- och frånluftsfläktarna sitter långt från varandra kan en vätskekopplad värmeåtervinning installeras. Ett batteri placeras i vardera till- och frånluftskanal och ansluts till varandra genom en rörledning innehållande en så kallad brineväska. Den cirkulerande vätskan värms av frånluften och kyls av tilluften. Denna metod är vanligast vid ombyggnad och verkningsgraden är 50 - 60 %.

Luftflöden – En byggnads behov av ett visst luftflöde kan ändras i samband med att verksamheten utökas eller minskas. Vid sådana förändringar bör det undersökas om luftflödena, och därmed även elanvändningen, kan minskas. Hur mycket el som kan sparas beror på fläktens utformning och drift. En viktig del är också att flödet anpassas efter behovet istället för att alltid ligga på den nivå som det tillfälliga dimensionerande behovet kräver.

Drifttider – Kravet på värme och elbehovet för drift av fläktarna påverkas kraftigt om ventilationen kan vara igång kortare tid. Om möjligheten finns bör exempelvis ett kopplingsur installeras. Idag är de flesta programmerbara, kan särbehandla helgdagar och har högre noggrannhet än äldre. Som exempel kan nämnas att jämfört med en anläggning som alltid är igång dygnet runt, så sjunker drifttiden till 71 % om den stängs av på helger, och till 21 % om den bara är igång under arbetstid på vardagar.

4.2.3 Värme²⁰

En byggnad tillförs värme på flera olika sätt. En betydande del är internt genererad värme genom solinstrålning, elektriska apparater och från människors aktiviteter i byggnaden. Denna kan ersätta en del av den köpta värmeenergin om huset utformas på rätt sätt. Till exempel ska den största delen av fönsterarean placeras mot söder, väster och öster. Det är också viktigt att byggnadens värmesystem är reglerbart så att den ordinarie värmekällan kan minskas när gratisvärmens ökar. Eftersom internt genererad värme inte räcker för att värma huset behövs någon form av aktiv uppvärmning. Det kan ske på två olika sätt, antingen centralt för flera byggnader (fjärrvärme) eller lokalt för endast en byggnad (värmepanna). En fjärrvärmecentral kan försörja byggnader upp till ett helt kvarter. I centralen eldas det vanligen med olja och värmen fördelas sedan ut till hushållen med hjälp av vatten.

²⁰ Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

Tekniska krav²¹

Injustering av radiatorsystem kan ge en stor energisparning eftersom fördelningen av värme mellan rummen blir bättre. Det spar energi genom att framledningstemperaturen kan sänkas och att medeltemperaturen i huset blir lägre. Med rumsgivare i vistelsezonen istället för givare direkt på termostaterna stänger ventilerna på radiatorerna snabbare när temperaturen ökar under lektionen. Ofta varierar flödesbehovet och då är varvtalsreglering inte bara energieffektivt utan ofta en nödvändighet för att ge rätt tryckförhållanden över ventilerna.

Energieffektiva värmesystem innebär bl a:

- Injustering av värmesystemet
- Varvtalsreglerade pumpar
- Temperaturgivare i vistelsezon

Golvvärme

Ett vattenburet golvvärmesystem består av rör som läggs i slingor under golvytan. I rören cirkulerar varmvatten och golvet får lite högre temperatur än rumsluften. Temperaturen får dock inte överstiga 27 °C. Eftersom fötterna är värmekänsliga kan golvvärmens ha något lägre temperatur än ett radiatorsystem. Nackdelen med golvvärme är att det är trögt att reglera, men för att underlätta detta läggs ofta en slinga i varje rum. Ett golvvärmesystem i trägolv har mindre tröghet än ett i betong, men värmeledningsförmågan är sämre och slingorna måste läggas tätare eller ha högre temperatur för att uppnå samma effekt.²²

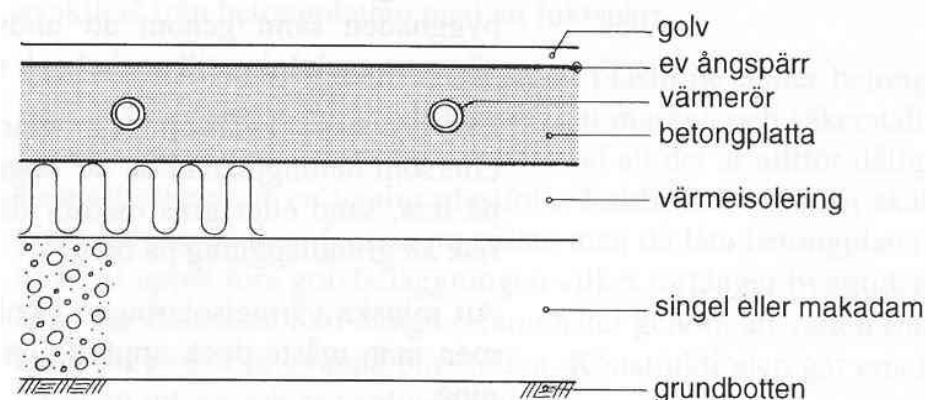


Bild 3 Lämplig uppbyggnad av golvvärmesystem.²³

För att golvvärmens ska bli en energibesparing måste huset lämpa sig för sådan uppvärmning, annars kan energianvändningen öka påtagligt. Om golvvärmens installeras fel kan den dessutom orsaka fuktskador i husgrunden. Fuktskador beror

²¹ NUTEK (1995): *Rustad för skolan*

²² Stållbom Werner et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*

²³ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

då på att det uppstår skillnader i temperaturen mellan hus och mark. Det är störst risk att detta händer i hus med dålig grundisolering.

I ett hus med golvvärme i bottenbjälklaget är värmeförlusterna från grunden till den underliggande marken större än i ett hus med annan uppvärmning. För att förhindra detta krävs en större isolertjocklek under husgrunden som ska vara minst 250 mm. Golvmaterialet påverkar också värmeförlusten. Parkettgolv ökar t ex värmeförlusten till marken. Exempel på bra golvmaterial är plastmattor och klinker.

Energibesparande åtgärder

När golvvärmen fungerar som det är tänkt ska inomhustemperaturen kunna sänkas med bibehållen komfort. Energianvändningen ökar alltid med golvvärme om inte inomhustemperaturen sänks. Beroende på hur välisolerad byggnaden är kan temperaturen sänkas olika mycket.²⁴

4.2.4 Klimatskalet

Yttervägg²⁵

Utvändig tilläggsisolering kan utföras med antingen mineralull eller cellplast. Utanpå isoleringen kan sedan valfritt fasadskikt användas. Väggen blir varmare, vilket förbättrar fuktförhållandet i konstruktionen. Normalt finns ingen risk för skadlig kondensation i väggen.

Till invändig tilläggsisolering används vanligen mineralull mellan reglar. Den ursprungliga väggen blir kallare och risken för frostsador i fasaden kan öka i miljöer med mycket slagregn. Väggen får en högre medelfukthalt, men det behöver inte medföra några allvarigare problem. Träreglar och träbjälkar mot ytterväggen riskerar dock fuktsador. Eftersom den ursprungliga väggens genomsläpplighet för vatten i ångfas oftast inte är känd, bör en ångspärr användas vid invändig tilläggsisolering. Risk för kondens finns vid fönstersmygar, som blir kallare eftersom utrymmet inte medger någon tilläggsisolering här, och vid eldosor, som ligger kvar i den kalla väggen.

²⁴ <http://www.energi.konsumentverket.se>

²⁵ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

Källaryttervägg²⁶

För att få bättre termisk komfort och spara energi kan källarytterväggar tilläggsisoleras. Det är mest effektivt att värmeisolera den del av väggen som ligger ovan och omedelbart under mark. Detta medför också att utgrävningen inte behöver bli så stor. Om dräneringen runt huset ändå måste läggas om, vilket medför större utgrävning, är det lämpligt att samtidigt värmeisolera och förbättra fuktskyddet för hela väggen.

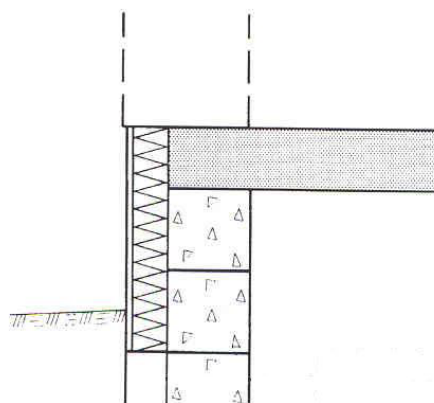


Bild 4 Exempel på isolering av källarvägg.²⁷

Om källarens rum ska renoveras är det vanligt att vilja tilläggsisolera källarväggarna invändigt. I allmänhet finns ingen information om hur källarväggens utsida ser ut beträffande dränerande skikt och fuktskydd, och därför bör fuktskyddet undersökas noga innan isoleringen appliceras. Utvändigt fukt kan tränga in i väggen och avdunsta på insidan utan att lämna några spår och om fuktavdunstningen hindras genom invändig beklädnad kan fuktskador uppstå.

Tak²⁸

Att investera i tilläggsisolering av vindsbjälklag är ofta lönsamt eftersom det är en enkel åtgärd och varm luft stiger uppåt. Takets funktionssätt förändras inte, men man bör tänka på att vindsutrymmet bli kallare vilket ökar risken för kondens vid alltför hög relativ fuktighet. Bjälklagets lufttäthet bör därför kontrolleras och eventuella otätheter åtgärdas innan tilläggsisolering. För att tilläggsisoleringen inte ska täppa till luftspalten vid takfoten bör en skiva monteras.

Dubbla plåttak är ofta svåra att tilläggsisolera eftersom utrymmet är begränsat. Några möjligheter finns dock:

²⁶ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

²⁷ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

²⁸ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

- *Utvändig isolering* – Vid denna åtgärd blir taket varmare och därför måste all ventilation stoppas för att inte kall luft ska föras in på den varma sidan av isoleringen. För att förhindra eventuella fuktproblem bör tilläggsisoleringen göras så tjock att det beräkningsmässigt inte uppstår kondensation.

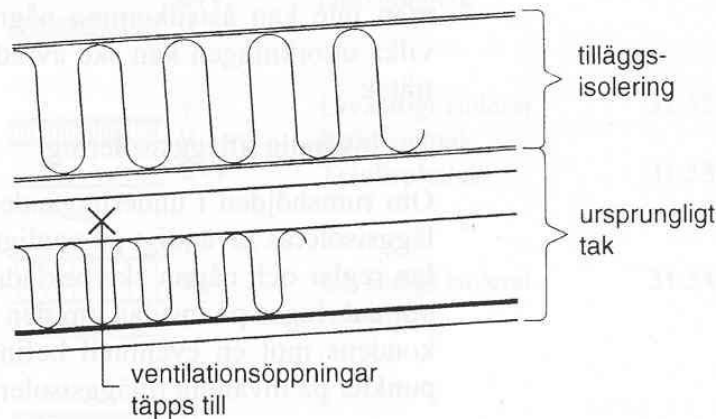


Bild 5 Utvändig tilläggsisolering av plåttak.²⁹

- *Inspsrutning* – Denna åtgärd är mycket svår att genomföra eftersom det krävs att luftspalten närmast yttertaket behålls och det är svårt att garantera att denna är genomgående. Materialen som används är lösull av mineralull, cellulosafiber eller cellplastkolor som alla har ganska stor luftgenomsläpplighet. Fukt inifrån kan då möjligen ventileras bort, men luftströmningen får inte bli så stor att värmeisoleringen påverkas. Det är därför svårt att bedöma hur mycket av utrymmet som ska fyllas med lösull.
- *Invändig tilläggsisolering* – Om rumshöjden är tillräcklig kan taket isoleras invändigt med t ex mineralull mellan reglar och någon skivbeklädning. För att undvika kondens bör ångspärr placeras på den nya isoleringens insida.

Golv³⁰

Det är möjligt att tilläggsisolera golv, men då endast på ovansidan om grundläggning är platta på mark. Tilläggsisolering medför att dörrar, skåp och trappor måste justeras. Det kräver också att rumshöjden är väl tilltagen från början.

²⁹ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

³⁰ Nevander, Elmarsson (2001): *Fukthandbok, praktik och teori.*

Fönster³¹

Ett konventionellt 3-glas fönster har U-värde på ca 1,8 W/m²,K. Det finns däremot energieffektiva fönster med ett U-värde på 1,0 W/m²,K ute på marknaden, dessa ger däremot mindre dagsljus men det kan kompenseras med en ökad fönsteryta. För att minska effekten av solvärme kan ett solvärmedämpande glas användas. Solvärmern kan då minskas med mellan 40 och 65 % jämfört med vanliga 3-glasfönster. Det är inte nödvändigt att byta ut de gamla fönstren för att spara energi. Befintliga fönster kan tilläggsisoleras med en tredje ruta eller utbyte av en ruta mot en med lågmissionsskikt

Nyckeltal: U-värde $\leq 1,0 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ³²

Energibesparande åtgärder

För att minska värmeläckaget i en befintlig byggnad kan de olika byggnadsdelarna tilläggsisoleras, antingen ut- eller invändigt. Detta är en relativt enkel och billig åtgärd eftersom det inte behövs något större ingrepp på den befintliga byggnaden för att minska värmeläckaget väsentligt. Att byta till mer energieffektiva fönster påverkar också hur stort värmeläckaget blir.

³¹ NUTEK (1995): *Rustad för skolan*

³² NUTEK (1995): *Rustad för skolan*

5. Analys av Ladugårdsmarkens skola

5.1 Analysmetod

För att undersöka energianvändningen på Ladugårdsmarken har vi tagit reda på hur mycket skolan egentligen förbrukar när det gäller värme och el. Vi har tagit del av driftstatistik, granskat ritningar över byggnaden och gjort en inventering på plats.

Vid platsbesöket jämfördes byggritningarna med det verkliga huset och allt som på något sätt påverkar energianvändning noterades. Konkret betyder detta att antal personer som använder byggnaden undersöktes och att elkrävande apparater som behövs för verksamheten inventerades med avseende på antal och effekt. Dessutom intervjuades driftspersonal och verksamhetens personal om öppettider och arbetstider.

Energiberäkningar har utförts både på befintlig byggnad och med olika effektiviseringsförslag.

5.2 Allmän beskrivning av Ladugårdsmarkens skola

Ladugårdsmarken är belägen på Norra Fäladen i Lund och påbörjade sin verksamhet 1991 efter en renovering av en befintlig byggnad. I huset ryms ett dagis med förskola, fritidshem och grundskola (inte högstadium). Byggnaden består av en bottenvåning och en suterrängvåning. Suterrängvåningen, som innehåller förråd, VS-rum, elcentral, slöjdsal (även skyddsrum) och studierum, finns under $\frac{1}{4}$ av skolans bottenvåning. Ovanför finns lektionssalar, lekrum, kök, toaletter och lärarrum. I mitten finns dessutom en samlingsal/gymnastiksal.



Bild 6 Ladugårdsmarkens skola, Lund³³

³³ <http://www.ladugardsmarken.lund.se>

5.3 Teknisk beskrivning och inventeringsresultat

Alla väggarna i bottenvåningen består av 300 mm oisolerad lättbetong med fasadskikt av puts. Suterrängvåningens väggar är av 350 mm betong i skyddsrummet och 200 mm betong i övrigt. Väggar med fönster i suterrängvåningen har även 100 mm mineralull, 90 mm lecablock och putsad fasad medan de väggar som räknas som källarväggar har 2 x 50 mm mineralull som isolering. Veggarna har störst andel fönster åt söder, 53,47 m², och minst åt norr, 24,03 m². Åt öster och väster finns 32,4 respektive 34,86 m² fönster.

Grunden består av 200 mm betong i skyddsrummet och 100 mm betong i övrigt. Under betongen ligger 50 mm cellplast med värmeslingor, utom i suterrängvåningen och samlingssalen. Istället för cellplasten finns 50 mm mineralull underst längs ytterväggarna (i yttre randfältet), under samlingssalen och skyddsrummet. Den resterande delen av suterrängvåningen är oisolerad.

Taket är ett kallt plåttak och består till största delen av bjälklag i 250 mm lättbetong och isolering av 200 mm lösull. Längs långsidorna har lösullen bytts till 95 + 50 mm speciella bjälklagsskivor. I samlingssalen består taket av invändig och utvändig plåt och däremellan finns 180 + 20 mm takskivor av mineralull.

Byggnaden värms till viss del upp av fjärrvärme men även av eldriven golvvärme. Värmeväxlare med 60 % verkningsgrad finns.

Inventeringen gav följande resultat:

- 200 personer, både elever och personal inräknade
- 19 datorer á 300 W
- 485 lysrör á 36 W
- Öppettider 6.30 – 18.00
- Skoltid 8.30 – 14.00
- Area: 1782 m²
- Volym: 4277 m³

5.3.1 U-värden och ventilationsflöde

Konstruktionsdelarnas U_p -värden har bestämts utifrån information från konstruktionsritningar och inventeringsresultat. Beräkningen har skett med datorprogrammet Isover energi. I tabellen nedan finns en sammanställning av alla U_p -värden.

Tabell 1 Sammanställning av konstruktionsmaterial och U_p -värden i Ladugårdsmarkens skola.

Byggnadsdel	Material	U_p -värde ($\text{W}/\text{m}^2, \text{K}$)
Fönster		1,60
Fönsterdörr		1,60
Ytterdörr		1,60
Yttervägg	15 Puts 300 Lättbetong	0,46
Källarvägg200	200 Betong	3,48
Källarvägg350	50 Mineralull 50 Mineralull 350 betong	0,32
Suterräng200	15 Puts 90 Leca block 100 Mineralull 200 Betong	0,27
Suterräng350	15 Puts 90 Leca block 100 Mineralull 350 Betong	0,26
Tak längs långsidorna	50 Mineralull 95 Mineralull Plastfolie 250 Lättbetong	0,17
Tak över samlingsalen	Stål 20 Mineralull 180 Mineralull Plastfolie Stål	0,17
Tak över resterande rum	200 Lösull Plastfolie 250 Lättbetong	0,15
Golv längs ytterväggarna och till samlingsalen	50 Mineralull 100 Betong	0,62

Golv2	50 Mineralull 50 Cellplast 100 Betong	0,35
Golv till suter- rängvåningen	100 Betong	4,37
Golv till resteran- de rum	50 Cellplast 100 Betong	0,68
Golv till skydds- rummet	50 Mineralull 200 Betong	0,60

Ventilationsflöden har bestämts utifrån inventeringsresultat och intervjuer med driftpersonal. Tilluftsflödena gäller hela året, eftersom det finns ett fritidshem i samma byggnad.

- 2000 l/s + 200 l/s för kök $\Rightarrow 7920 \text{ m}^3/\text{h}$
- 150 l/s natt och helg (toalett) $\Rightarrow 540 \text{ m}^3/\text{h}$
- drifttider: 6.00 – 20.00

Utifrån detta kan den genomsnittliga luftomsättningen i hela byggnaden beräknas:

$$\text{Omsättning, dag: } \frac{7920}{4276,8} = 1,852 \text{ oms/h}$$

$$\text{Omsättning, natt och helg: } \frac{540}{4276,8} = 0,126 \text{ oms/h}$$

5.4 Uppmätt eleffektbehov för verksamheten

För att kunna göra en energianalys krävs också att internvärmerna kan fastställas och i förekommande fall den el som den kräver.

Det genomsnittliga eleffektbehovet för datorer beräknas som det totala antalet datorer multiplicerat med dess effekt delat med skolans uppvärmda yta.

- 19 datorer
- 300 W/st

$$\text{Eleffekt till skolans datorer: } \frac{19 \cdot 300}{1782} = 3,2 \text{ W/m}^2$$

Det genomsnittliga eleffektbehovet för belysningen beräknas som det totala antalet lysrör multiplicerat med dess effekt delat med skolans uppvärmda yta.

- 485 lysrör
- 36 W/st

$$\text{Eleffekt till skolans lysrör: } \frac{485 \cdot 36}{1782} = 9,8 \text{ W/m}^2$$

Även personerna som vistas i skolan avger värme som påverkar energibalansen. I snitt finns:

- 200 personer samtidigt på skolan

Genomsnittlig värmeavgivning blir därmed: 11 W/m^2 .

6. Energiberäkningsprogrammet VIP+³⁴

6.1 Kort beskrivning av VIP+

VIP+ är ett energiberäkningsprogram för byggnader och bör inte användas för dimensionering av värme- eller kylsystem. Beräkningarna utgår från kända eller mätbara faktorer och med hjälp av indata för det aktuella huset kan energianvändningen för ett referenshus enligt BBR beräknas. De omfattar vanligtvis energibehovet för ett år, men kan ändras, och beräkningsmodellen är dynamisk, vilket innebär att en energibalans som inkluderar samverkan med byggnadens värmekapacitet upprättas timme för timme. Beräkningsresultatet blir bäst om bygganden innehåller likartade verksamheter med samma temperaturkrav. För fastigheter med skilda temperaturkrav bör byggnadsdelarna beräknas var för sig.

När man ska bygga upp en modell av huset används byggdels- och materialkataloger för att definiera olika konstruktioner. Efter det kan även area, orientering (väderstreck) och U-värden definieras. Drifttider, internt avgiven värme och ventilation ska också anges innan beräkningarna utförs. Klimatpåverkan och krav på rumstemperatur och luftväxling är fler faktorer som styr beräkningarna. Resultatet redovisas i tabellform. Den ekonomiska delen kan också beräknas, med hjälp av på förhand fastställda taxor.

6.2 Beräkning av Ladugårdsmarkens skolas energianvändning

Efter avslutad inventering använde vi införskaffade värden för att beräkna hur mycket energi byggnaden förbrukar i nuvarande tillstånd. Vi har tagit hänsyn till hur många personer som befinner sig i byggnaden samtidigt, vilken typ av lysrör som används, antalet datorer, värmeväxlarens verkningsgrad samt styrningen av ventilationssystemet, redovisat i kapitel 5. Något vi inte har tagit hänsyn till i beräkningsprogrammet är bieffekter av golvvärmesystemet. Detta i kombination med vissa antagna värden har gett oss ett lägre resultat, 145 kWh/m², än den verkligt uppmätta energianvändningen, 181 kWh/m². Skillnaden i verklig och beräknad energianvändning kommer med vår tillämpning inte att orsaka några större skillnader eftersom vi avser att undersöka effekter av energibesparande åtgärder, dvs relativ energianvändning istället för absolut.

6.3 Undersökning av energibesparande åtgärder

Utifrån förslag i kap 4 har vi undersökt några energieffektiviserande åtgärder i Ladugårdsmarkens skola. I uträkningarna används samma indata, förutom följande förbättringar som vi har föreslagit för att sänka energianvändningen.

- Förbättrat U-värde på fönster
- Tilläggsisolering
- Förbättrat U-värde på fönster + tilläggsisolering

³⁴ Manual VIP+

Vid den första uträkningen sänkte vi U-värdet på fönstren från 1,6 till 1,0 W/(m²,K). Detta fick till resultat att den tillförda energin för uppvärmning minskade från 145 kWh/m² till 139 kWh/m². Vid den andra uträkningen har vi lagt till tilläggsisolering i olika tjocklekar beroende på dess placering och den tillförda energin har kunnat sänkas till 131 kWh/m². Vid den tredje uträkningen har vi slagit ihop de båda förslagen och har då fått ner mängden energi som måste tillföras till 125 kWh/m², alltså en minskning på ca 15 %. För utförligare värden och resultat se bilagor.

7. Analys av resultat

Om vi jämför Ladugårdsmarkens värmeanvändning med Lunds kommuns andra skolor så visar det sig att den är på samma nivå som de andras. Om vi istället tittar på elanvändningen så är den bland de högsta i Lunds kommun och mycket högre än den borde vara. Orsakerna till detta kan vara många. En betydande faktor är golvvärmen, som placerats under betongplattan och med endast 50 mm isolering under. Detta gör att golvvärmen till stor del värmer marken istället för byggnaden och det därmed krävs mer energi för att få byggnaden varm. Den befintliga för tunna isoleringen och golvvärmen går inte att åtgärda. Men om golvvärme fortfarande önskas finns det möjlighet att stänga ner det gamla systemet och istället lägga nya värmeslingor ovanpå befintlig golvyta. Alternativet är att installera en annan typ av uppvärmningssystem t ex en slinga med vattenburen radiatorvärme. I så fall uppstår problem med inneklimatet i detta fall förmodligen låg golvtemperatur som i sin tur kräver kompensation med högre rumstemperatur.

Att ytterväggarna saknar isolering bidrar också till att värmeförluster. Även om lättbetong innehåller mycket luft och är isolerande till viss del så är isolering med mineralull eller cellplast mer effektivt. För att förbättra ytterväggarnas isolerförmåga går det att tilläggsisolera både ut- och invändigt. De olika alternativen medför olika effekter för den befintliga väggen som bör beaktas innan tilläggsisoleringen utförs. Fönsterarean är inte överdrivet stor men eftersom fönstren har ett U-värde på $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ finns det möjlighet att byta till mer energieffektiva fönster för att minska värmeförlusten och risken för kallras.

En stor del av elanvändningen kommer från belysning och datorer. Belysningen är ofta tänd, även om klassrummen inte används. Datorerna är utspridda i byggnaden och står ofta på stand-by när de inte nyttjas. Detta leder till högre elanvändning, men också till en del gratisvärme. Belysningen kan styras med olika sensorer som reagerar på närvaro och dagsljus. En annan åtgärd är att byta till effektivare lysrör.

Ventilationen är till viss del anpassad efter verksamheten. Från 20.00 till 6.00 är endast toalettventilationen igång. Eftersom byggnaden innehåller både skola och fritidshem och verksamheten pågår till kvällen så ventileras hela byggnaden inkl köket under den tiden. För att effektivisera ventilationen finns det möjlighet att använda sig av CO_2 - och värmegivare så att ventilationen styrs efter behov och inte går på full effekt hela tiden.

8. Slutsats

Skälen till varför energianvändningen borde försöka effektiviseras är många, inte minst för att skona den egna ekonomin. Det går ofta att göra med relativt enkla medel. Värmeanvändningen i lokaler har generellt sett minskat på grund av gratisvärmens från ett ökat antal elektriska apparater. Detta har istället medfört ett ökat behov av komfortkyla, som då ökar elanvändningen. En stor del av elanvändningen står belysningen för, vilket gör att valet av armaturer och placering av dessa är av stor betydelse. Att investera i någon form av styrning, t ex närvarodagsljus- eller tidsstyrning, kan också vara ett bra sätt att minska användningen. Även ”stand-by-förlusterna” från datorer och kopieringsmaskiner som inte stängs av bidrar till den höga energianvändningen. Ventilationen påverkar också energianvändningen, främst för att värma upp och transportera luften. Det viktigt att ventilation inte är igång i onödan, att systemet är väl genomtänkt och dimensionerat samt att en lämplig styrning av systemet används. Golvvärme ökar i princip alltid energianvändningen om inte inomhustemperaturen sänks, men när golvvärmen fungerar som det är tänkt så ska inomhustemperaturen kunna sänkas utan att komforten minskar. Det kräver en välisolerad grund för att inte den största delen av värmen ska värma marken istället för huset. En betydande del i energibesparingen är att tilläggsisolera byggnaden för att minska värmeförlusterna. Detta kan göras i alla byggnadsdelar, men viktigast är vindsbjälklaget alternativt taket eftersom den varma inomhusluften stiger uppåt.

Ladugårdsmarken har som det ser ut nu är av de högsta elanvändarna bland Lunds kommuns skolor. Värmeanvändningen är normal men borde ändå inte vara så hög som den är med tanke på att skolan har golvvärme. Golvvärmen är förmodligen den stora boven i sammanhanget på grund av värmeslingornas placering och den otillräckliga isoleringen under grunden. Den mesta av värmen går då neråt istället för upp i huset och för att kompensera detta kan fjärrvärmeanvändningen inte minskas. Det befintliga golvvärmesystemet borde därför stängas av, men om golvvärme ändå är önskvärt så kan nya slingor läggas ovanpå golvytan för att värmeläckaget till marken ska minimeras. På så sätt minskar även risken för eventuella fuktproblem till följd av temperaturskillnaden mellan hus och mark. En annan åtgärd kan vara att tilläggsisolera byggnadens väggar och tak för att minska värmeläckaget. Eftersom Ladugårdsmarkens skola inte har någon eller endast lite isolering kan detta vara en lönsamt eftersom det förbättrar U-värdet i väggarna avsevärt. Även att byta fönster till mer energieffektiva gör att huset behåller värmen bättre. Elanvändningen kan också minskas genom effektivare styrning av belysning. En enkel åtgärd är också att byta ut gamla energikrävande lysrör till modernare och mer elsnåla.

Givetvis är det lättare att beakta ovanstående faktorer vid nybyggnation, framför allt grundisoleringen och källarväggarna. Åtgärder som kräver alltför stora ingrepp brukar inte betraktas som ekonomisk lönsamma för en befintlig byggnad.

9. Källförteckning

9.1 Tryckta källor

Manual till VIP+

Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt (2001) *Fukthandbok, praktik och teori*. Stockholm. Elanders Svenkt Tryck AB

NUTEK (1995): *Rusta för skolan*

Persson, Agneta (2002): *Energianvändning i bebyggelsen*. Eskilstuna, Multitryck

Repab (2000): *Årskostnader Skolor*

Ställbom Werner, Catrin et al (1992): *Energieffektiviseringshandbok - del 2 Lokaler och flerfamiljshus*. Stockholm, Stockholm energi

Swegon produktkatalog

Warfvinge, Catarina (1999): *Installationsteknik AK för V*. Lund, KFS AB

9.2 Elektroniska källor

<http://www.DN.se> *Energiåtgången i hus kan halveras* Uppdaterad 14 jan 2004

<http://www.el-finess.se/hf-don.htm> 050920

<http://www.energi.konsumentverket.se> *Grundtips för golvvärme* 050920

http://www.foxdesign.se/OmFox/Aktuellt/Kalender/Kalender_2004/Armaturer%20med%20HF-don.pdf *Information från HF-gruppen* 050920

<http://www.ladugardsmarken.lund.se> 051026

<http://www.stem.se> *Effektiv energianvändning* 051003

<http://www.stem.se> *Effektivisering i bostäder och lokaler* 051003

9.3 Muntliga källor

Lundafastigheter

Gustavsson, Tomas, konstruktör

Runesson, Tyko, dåvarande vaktmästare på Ladugårdsmarken

Warfvinge, Catarina, universitetslektor

10. Bilagor

10.1 Resultat från VIP+, ursprungligt utförande

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2005-10-17 (17:22:34)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	Malmö
Latitud	55.6 grader
Markreflektion	40.00 %
Vindhastighet	65.00 % av klimatdata
Horisontvinkel mot markplan	S:30 SV:30 V:30 NV:30 N:30 NO:30 O:30 SO:30 °
'Söderfasadens' vinkel mot söder	0 °
Verksamhetstyp	Ej Bostad
Ventilationsvolym	4276.8 m ³
Uppvärmad bruksarea enl SS021052	1782.0 m ²

Aktuellt Hus

Byggdeltstyper - Katalog

Byggdeltstyp	Material	Skikt-	Värme-	Densitet	Värme-	U-värde	Delta-	Luft läck.	Expo-
		tjocklek	ledningstal	kapacitet	U-värde	q50			
		m	W/m ² °C	kg/m ³	J/kg°C	W/m ² °C	W/m ² °C	l/s,m ²	nent
Yttervägg	Puts	0.015	1.000	2000	950	0.458	0.000	1.67	0.00
	Lättbetong	0.300	0.150	500	1050				
Källarvägg200	BETONG	0.200	1.700	2300	800	3.476	0.000	1.67	0.00
Källarvägg350	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840	0.317	0.000	1.67	0.00
	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840				
	BETONG	0.350	1.700	2300	800				
Suteräng200	Puts	0.015	1.000	2000	950	0.265	0.000	1.67	0.00
	LECABLOCK	0.090	0.130	330	880				
	MINERALULL36	0.100	0.036	50	840				
	BETONG	0.200	1.700	2300	800				
Suteräng350	Puts	0.015	1.000	2000	950	0.259	0.000	1.67	0.00
	LECABLOCK	0.090	0.130	330	880				
	MINERALULL36	0.100	0.036	50	840				
	BETONG	0.350	1.700	2300	800				
Tak	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840	0.171	0.000	1.67	0.00
	MINERALULL36	0.095	0.036	50	840				
	PLAST1	0.000	0.700	1400	1000				
	Lättbetong	0.250	0.150	500	1050				
Tak2	STÅL	0.001	60.000	7800	460	0.173	0.000	1.67	0.00
	MINERALULL33	0.020	0.033	50	840				
	MINERALULL36	0.180	0.036	50	840				
	PLAST1	0.000	0.700	1400	1000				
Tak3	STÅL	0.001	60.000	7800	460				
	LÖSULL2	0.200	0.042	50	750	0.152	0.000	1.67	0.00
	PLAST1	0.000	0.700	1400	1000				
	Lättbetong	0.250	0.150	500	1050				

Bygghelstyper - Katalog

Bygghelstyp	Material	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m ² °C	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m ² °C	Delta- U-värde W/m ² °C	Luft läck. q50 l/s,m ²	läck. Expo- nent
Golv1	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840	0.618	0.000	1.67	0.00
	BETONG	0.100	1.700	2300	800				
Golv2	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840	0.349	0.000	1.67	0.00
	CELLPLAST1	0.050	0.040	20	1400				
	BETONG	0.100	1.700	2300	800				
Golv3	BETONG	0.100	1.700	2300	800	4.370	0.000	1.67	0.00
Golv4	CELLPLAST1	0.050	0.040	20	1400	0.676	0.000	1.67	0.00
	BETONG	0.100	1.700	2300	800				
Golv5	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840	0.596	0.000	1.67	0.00
	BETONG	0.200	1.700	2300	800				

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Area m ²	Sol- absorb. tion %	Form- faktor vind	Nivå Lägsta m	Nivå Högsta m	Mot- temp °C	Andel av effekt- behov %	U-Värde med mark och Delta-U W/m ² °C
Yttervägg	SÖDER		62.3	0.0	-0.6	0.0	3.0		0	0.458
Yttervägg	VÄSTER		104.2	0.0	0.7	0.0	3.0		0	0.458
Yttervägg	NORR		77.6	0.0	-0.6	0.0	3.0		0	0.458
Yttervägg	ÖSTER		95.5	0.0	-0.5	0.0	3.0		0	0.458
Källarvägg200	JORD		66.5	0.0	0.0	0.0	0.0		0	3.476
Källarvägg350	JORD		12.6	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.317
Suteräng200	SÖDER		9.0	0.0	-0.6	0.0	0.0		0	0.265
Suteräng350	SÖDER		15.6	0.0	-0.6	0.0	0.0		0	0.259
Suteräng350	VÄSTER		14.3	0.0	0.7	0.0	0.0		0	0.259
Suteräng350	JORD		25.4	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.259
Suteräng350	NORR		8.3	0.0	-0.6	0.0	0.0		0	0.259
Golv1	JORD		212.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.618
Golv2	JORD		195.4	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.349
Golv3	JORD		292.7	0.0	0.0	0.0	0.0		0	4.370
Golv4	JORD		971.5	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.676
Golv5	JORD		112.9	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.596
Tak	TAK		436.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.171
Tak2	TAK		285.7	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.173
Tak3	TAK		849.8	0.0	0.0	0.0	0.0		0	0.152

Solskyddstyper

Benämning	Gräns- temperatur °C	Gräns- effekt W/m ²	Reduktion F1 %	Reduktion F2 %	Skärm- vinkel grader	Högsta Vindhastighet m/s
Markis	0.0	50.0	0.0	0.0	45.0	10.0

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggnadstyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Skugg F1 %	fakt. F2 %	U-värde W/m ² °C	Form- faktor vind	Nivå Lägst m	Nivå Högst m	Luft läck. q50 50Pa l/s,m ²	Expo- nent	Sol- skydd
Fönster1		SÖDER	13.0	18	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster2		SÖDER	8.6	52	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster2		VÄSTER	4.3	52	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster3		SÖDER	2.1	26	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster4		SÖDER	2.1	26	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster5		SÖDER	8.6	52	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster6		SÖDER	2.1	26	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster7		SÖDER	2.1	26	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster8		SÖDER	8.2	74	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster8		VÄSTER	22.9	74	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster8		NORR	13.1	74	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster8		ÖSTER	26.1	74	0	0	1.60	-0.5	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster9		VÄSTER	4.7	76	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster9		NORR	4.7	76	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster9		ÖSTER	6.3	76	0	0	1.60	-0.5	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster11		SÖDER	4.2	73	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster11		NORR	5.3	73	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster12		SÖDER	2.0	74	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster12		VÄSTER	3.0	74	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönster12		NORR	1.0	74	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönsterdörr1		SÖDER	2.4	50	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönsterdörr1		VÄSTER	4.8	50	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönsterdörr1		NORR	2.4	50	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönsterdörr1		ÖSTER	4.8	50	0	0	1.60	-0.5	0.0	3.0	1.67	0.00	
Fönsterdörr2		VÄSTER	2.1	55	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	
Ytterdörr1		NORR	3.5	58	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Ytterdörr1		ÖSTER	10.4	58	0	0	1.60	-0.5	0.0	3.0	1.67	0.00	
Ytterdörr2		SÖDER	7.8	65	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.67	0.00	
Ytterdörr4		VÄSTER	4.7	0	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.67	0.00	

Driftdata

Driftfalls benämning	Vecko- dagar	Dag nr.	Tid	Process energi W/m ²	Process energi W/lgh	Person energi W/m ²	Tappvar mv. W/m ²	Tappvar mv. W/lgh	Högsta rumstem p °C	Lägsta rumstem p °C
LM dag	MÅND-FR ED	1 - 365	6 - 20	13.00	0.00	11.00	0.20	0.00	30.00	20.00
LM natt	MÅND-FR ED	1 - 365	20 - 24	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	30.00	20.00
LM natt	MÅND-FR ED	1 - 365	0 - 6	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	30.00	20.00
LM helg	LÖRD	1 - 365	0 - 24	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	30.00	20.00
LM helg	SÖND	1 - 365	0 - 24	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	30.00	20.00

Ventilationsaggregat

	Tilluft		Frånluft		Verkn.gr		Lägsta
Aggregat- benämning	Fläkttryck Pa	Verkn.gr. %	Fläkttryck Pa	Verkn.gr. %	Återvinning %	Tilluftstemp °C	
Aggregat 1	400.00	50.00	400.00	50.00	60.00	15.00	

Ventilationsaggregat - Drifftider och flöden

Vecko- dagar	Tilluft oms/h	Frånluft oms/h	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
Aggregat 1				
MÅND-FRED	1.85	1.85	1 - 365	6 - 20
MÅND-FRED	0.13	0.13	1 - 365	20 - 24
MÅND-FRED	0.13	0.13	1 - 365	0 - 6
LÖRD-SÖND	0.13	0.13	1 - 365	0 - 24

Installationer

Krav på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3	Nej		
Värmeåtervinning från spillvatten till tappvarmvatten			
Verkningsgrad	0.00	%	
Komfortkyla Kylfaktor	0.0		
Max RH i rumsluft	0.0	%	
El till cirkulationspump	0.0	% av kyleffekt	
Rumstemperaturens termostatgräns	0.0	0.0	°C

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Skugg F1 %	fakt. F2 %	U-värde W/m ² °C	Formfaktor vind	Nivå Lägst m	Nivå Högst m	Luft läck. q50 50Pa l/s,m ²	läck. Expo- nent	Sol- skydd
Fönsterdörr2	VÄSTER	2.1	55	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.60	0.00		
Ytterdörr1	NORR	3.5	58	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.60	0.00		
Ytterdörr1	ÖSTER	10.4	58	0	0	1.60	-0.5	0.0	3.0	1.60	0.00		
Ytterdörr2	SÖDER	7.8	65	0	0	1.60	-0.6	0.0	3.0	1.60	0.00		
Ytterdörr4	VÄSTER	4.7	0	0	0	1.60	0.7	0.0	3.0	1.60	0.00		

Driftdata

Driftfalls benämning	Vecko- dagar	Dag nr.	Tid	Process energi W/m ²	Process energi W/lgh	Person energi W/m ²	Tappvar mv. W/m ²	Tappvar mv. W/lgh	Högsta rumstem p °C	Lägsta rumstem p °C
Referens	MÅND-FRED	1 - 365	6 - 20	5.00	0.00	1.00	0.20	0.00	30.00	20.00
Referens	MÅND-FRED	1 - 365	20 - 24	5.00	0.00	1.00	0.20	0.00	30.00	20.00
Referens	MÅND-FRED	1 - 365	0 - 6	5.00	0.00	1.00	0.20	0.00	30.00	20.00
Referens	LÖRD	1 - 365	0 - 24	5.00	0.00	1.00	0.20	0.00	30.00	20.00
Referens	SÖND	1 - 365	0 - 24	5.00	0.00	1.00	0.20	0.00	30.00	20.00

Ventilationsaggregat

Aggregat- benämning	Tilluft		Frånluft		Verkn.gr. Återvinning %	Lägsta Tilluftstemp °C
	Fläkttryck Pa	Verkn.gr. %	Fläkttryck Pa	Verkn.gr. %		
Aggregat 1	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	15.00

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Vecko- dagar	Tilluft oms/h	Frånluft oms/h	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
Aggregat 1				
MÅND-FRED	1.85	1.85	1 - 365	6 - 20
MÅND-FRED	0.13	0.13	1 - 365	20 - 24
MÅND-FRED	0.13	0.13	1 - 365	0 - 6
LÖRD-SÖND	0.13	0.13	1 - 365	0 - 24

Installationer

Värmeåtervinning från spillvatten till tappvarmvatten			
Verkningsgrad	0.00	%	
Komfortkyla Kylfaktor	0.0		
Max RH i rumsluft	0.0	%	
El till cirkulationspump	0.0	% av kyleffekt	

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Angiven Energi kWh			Tillförd Energi kWh					
	Transmission	Luft-läckning	Ventilation	Varm-vatten	Kylning	Solenergi	Åter-vinning	Process Person	Uppvärmning
Månad 1	46825	0	18623	265	0	0	10803	13770	40547
Månad 2	42759	0	16246	240	0	0	9424	11974	37894
Månad 3	41545	0	15696	265	0	0	9061	13171	35346
Månad 4	32373	0	11507	257	0	0	6338	12572	25086
Månad 5	21633	0	8119	265	0	0	2894	13770	13757
Månad 6	14402	0	5622	257	0	0	533	12572	7198
Månad 7	11969	0	5370	265	0	0	302	13171	4574
Månad 8	12450	0	5865	265	0	0	360	13770	4384
Månad 9	16687	0	6373	257	0	0	1253	11974	9499
Månad 10	24695	0	9942	265	0	0	4656	13770	16372
Månad 11	33717	0	13448	257	0	0	7714	13171	26263
Månad 12	42597	0	16192	265	0	0	9373	12572	37201

Detaljerat Resultat

Referenshus med referensdrift

Period	Angiven Energi kWh			Tillförd Energi kWh					
	Transmission	Luft-läckning	Ventilation	Varm-vatten	Kylning	Solenergi	Åter-vinning	Process Person	Uppvärmning
Månad 1	14855	0	18006	265	0	0	9003	7955	16127
Månad 2	13632	0	15706	240	0	0	7853	7185	14534
Månad 3	13227	0	15102	265	0	0	7551	7955	13095
Månad 4	10335	0	10908	257	0	0	5439	7698	8345
Månad 5	6965	0	7104	265	0	0	3290	7955	3132
Månad 6	4921	0	3994	257	0	0	1067	7698	508
Månad 7	4640	0	3639	265	0	0	386	7955	325
Månad 8	4637	0	4011	265	0	0	637	7955	344
Månad 9	5719	0	5189	257	0	0	2062	7698	1224
Månad 10	7947	0	9181	265	0	0	4534	7955	4876
Månad 11	10771	0	12857	257	0	0	6426	7698	9739
Månad 12	13569	0	15621	265	0	0	7811	7955	13694

Nyckeltal

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus	
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	25.02	61.23	61.23	Wh/m ² °C
Yttre värmekapacitet	24.67	151.43	151.43	Wh/m ² °C

Nyckeltal

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus	
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift	
Medeltemperatur	20.00	20.00	20.00	°C
Medelvärde ventilation	0.85	0.85	0.85	oms/h
Processenergi medel	5.00	5.00	5.42	W/m ²
Personenergi medel	1.00	1.00	4.59	W/m ²
Fs-värde medel	0.258	0.633	0.633	W/m ² °C
Fs-värde max tillåtet		0.335	0.335	W/m ² °C
Omslutningsarea		4034.75	4034.75	m ²
Summa U-värde * Area	1039.56	2553.61	2553.61	W/°C
Luftläckage vid 50 Pa	6455.60	6724.58	6724.58	l/s
Invändigt tryck medel	0.0	0.0	0.0	Pa

Jämförelse energibalans Referenshus - Aktuellt hus

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift
Avgiven energi (kWh):			
Transmission omslutningsytor	111218	332373	341652
Luftläckage	0	0	0
Ventilation	121318	124417	133002
Tappvarmvatten	3122	3122	3122
Kylning	0	0	0
Tillförd energi (kWh):			
Solenergi genom fönster	0	0	0
Energiåtervinning värmeväxlare	56060	69455	62711
Energiåtervinning värmepump	0	0	0
Energiåtervinning Solvärme	0	0	0
Personenergi	15610	15610	71626
Processenergi	78052	78052	84629
UPPVÄRMNING	85943	296206	258122
EL KOMFORTKYLA	0	0	0
Uppvärmning per golvarea (kWh/m ²)	48	166	145
Elförbrukning som ingår i 'UPPVÄRMNING':			
El till värmepump	0	0	0
El till tilluftsfläktar	0	7043	7043
El till frånluftsfläktar	0	7043	7043
El till Cirkulationspumpar	0	0	0

10.2 Resultat från VIP+, förbättrat U-värde för fönster

Nyckeltal

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus	
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift	
Medeltemperatur	20.00	20.00	20.00	°C
Medelvärde ventilation	0.85	0.85	0.85	oms/h
Processenergi medel	5.00	5.00	5.42	W/m ²
Personenergi medel	1.00	1.00	4.59	W/m ²
Fs-värde medel	0.258	0.605	0.605	W/m ² °C
Fs-värde max tillåtet		0.335	0.335	W/m ² °C
Omslutningsarea		4034.75	4034.75	m ²
Summa U-värde * Area	1039.56	2441.08	2441.08	W/°C
Luftläckage vid 50 Pa	6455.60	6724.58	6724.58	l/s
Invändigt tryck medel	0.0	0.0	0.0	Pa

Jämförelse energibalans Referenshus - Aktuellt hus

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift
Avgiven energi (kWh):			
Transmission omslutningsytor	109956	320664	329998
Luftläckage	0	0	0
Ventilation	121375	124464	133405
Tappvarmvatten	3122	3122	3122
Kylning	0	0	0
Tillförd energi (kWh):			
Solenergi genom fönster	0	0	0
Energiåtervinning värmväxlare	56058	69398	62553
Energiåtervinning värmepump	0	0	0
Energiåtervinning Solvärme	0	0	0
Personenergi	15610	15610	71626
Processenergi	78052	78052	84629
UPPVÄRMNING	84736	284601	247022
EL KOMFORTKYLA	0	0	0
Uppvärmning per golvarea (kWh/m ²)	48	160	139
Elförbrukning som ingår i 'UPPVÄRMNING':			
El till värmepump	0	0	0
El till tilluftsfläktar	0	7043	7043
El till frånluftsfläktar	0	7043	7043
El till Cirkulationspumpar	0	0	0

10.3 Resultat från VIP+, tilläggsisolering

Jämförelse energibalans Referenshus - Aktuellt hus

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift
Energjätervinning Solvärme	0	0	0
Personenergi	15610	15610	71626
Processenergi	78052	78052	84629
UPPVÄRMNING	85943	269311	233313
EL KOMFORTKYLA	0	0	0
Uppvärmning per golvarea (kWh/m ²)	48	151	131
Elförbrukning som ingår i 'UPPVÄRMNING':			
El till värmepump	0	0	0
El till tilluftsfläktar	0	7043	7043
El till frånluftsfläktar	0	7043	7043
El till Cirkulationspumpar	0	0	0

10.4 Resultat från VIP+, sammansatta åtgärder

Jämförelse energibalans Referenshus - Aktuellt hus

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift
Avgiven energi (kWh):			
Transmission omslutningsytor	109956	293402	303138
Luftläckage	0	0	0
Ventilation	121375	124666	135062
Tappvarmvatten	3122	3122	3122
Kylning	0	0	0
Tillförd energi (kWh):			
Solenergi genom fönster	0	0	0
Energiåtervinning värmeväxlare	56058	69304	62139
Energiåtervinning värmepump	0	0	0

Jämförelse energibalans Referenshus - Aktuellt hus

	Referenshus	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Referensdrift	Referensdrift	Aktuell drift
Energiåtervinning Solvärme	0	0	0
Personenergi	15610	15610	71626
Processenergi	78052	78052	84629
UPPVÄRMNING	84736	257742	222318
EL KOMFORTKYLA	0	0	0
Uppvärmning per golvarea (kWh/m ²)	48	145	125
Elförbrukning som ingår i 'UPPVÄRMNING':			
El till värmepump	0	0	0
El till tilluftsfläktar	0	7043	7043
El till frånluftsfläktar	0	7043	7043
El till Cirkulationspumpar	0	0	0