



Utvärdering av energibesparingsåtgärder för kulturhistoriska byggnader

Tofta Herrgård – ett beräkningsexempel

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

HELENE LINDSTRAND OCH KRISTIN SKAAR

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2014
Examensarbete 2014:66

EXAMENSARBETE 2014:66

Tofta Herrgård – ett beräkningsexempel
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

HELENE LINDSTRAND OCH KRISTIN SKAAR

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2014

Utvärdering av energibesparingsåtgärder för kulturhistoriska byggnader
Tofta Herrgård – ett beräkningsexempel
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

HELENE LINDSTRAND OCH KRISTIN SKAAR

© HELENE LINDSTRAND OCH KRISTIN SKAAR 2014

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2014:66

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Avdelningen för *byggnadsteknologi*
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Tofta Herrgård. Foto: Lindstrand 2014

Chalmers reproservice / Institutionen för byggt Teknologi
Göteborg 2014

Utvärdering av Utvärdering av energibesparingsåtgärder för kulturhistoriska byggnader

Tofta Herrgård – ett beräkningsexempel

Examensarbete inom höskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

HELENE LINDSTRAND OCH KRISTIN SKAAR

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Syftet med detta examensarbete är att studera en befintlig kulturhistorisk byggnad och ge förslag på energibesparingsåtgärder. De föreslagna åtgärdernas påverkan på byggnadens kulturhistoriska värde undersöks och jämförs.

Den kulturhistoriska byggnad som har valts som beräkningsexempel är Tofta Herrgård. Tofta Herrgård ligger i Kungälv kommun mellan Göteborg och Marstrand och byggdes på 1700-talet. Den är uppförd i karolinerstil.

För att få en uppfattning om Tofta Herrgårds energiåtgång har byggnadens transmissions- och ventilationsförluster beräknats. De totala transmissionsförlusterna uppgår till 52 298 kWh/år och beräkningarna visar att 42,3 % av förlusterna står ytterväggarna för. Även fönstren släpper ut mycket energi, närmare 29 % av de totala transmissionsförlusterna. Ventilationsförlusterna beräknas till 18 066 kWh/år.

De energibesparingsåtgärderna som har undersökts är tilläggisolering av ytterväggen och vindsbjälklaget, fönsterbyte, fönsterrenovering och värmeåtervinning. Störst energibesparing ger tilläggisolering av ytterväggarna, värmeåtervinning och fönsterbyten. Åtgärderna ger en minskad energiåtgång på 14 210 kWh/år, 13 550 kWh/år respektive 12 756 kWh/år.

Att genomföra någon av dessa åtgärder ger dock stora konsekvenser på byggnadens kulturhistoriska värde. Istället rekommenderas alternativa lösningar som inte kräver stora fysiska ingrepp i byggnaden. De skulle kunna vara en sänkt inomhustemperatur, lättstyrda reglersystem, nattisolering för fönstren, LED-lampor istället för glödlampor och användning av förnyelsebar energi är exempel på den typen av lösningar. Det är dock viktigt att komma ihåg att det inte finns en generaliserad lösning som passar alla byggnadsminnen utan varje byggnad kräver en egen utredning.

Nyckelord: Kulturhistorisk byggnad, transmissionsförluster, energibesparingsåtgärder

Evaluation of energy saving measures for culturally valuable buildings

Tofta Herrgård – a case study

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

HELENE LINDSTRAND OCH KRISTIN SKAAR

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of building technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is to study an existing culturally valuable building and suggest measures for energy savings. The effects of suggested measures on the building will be evaluated and thereafter examined.

The building chosen for this report is Tofta Herrgård. Tofta Herrgård is located in Kungälv kommun between Göteborg and Marstrand. It was built in the 18th century.

Transmission losses and ventilation losses have been calculated in order to evaluate Tofta Herrgårds energy consumption. The buildings total transmission losses have been calculated to 52 298 kilowatt hours per year. The calculations show that 42.3% of the transmission losses pass through the outer walls and 29 % through the windows. The ventilation losses have been calculated to 18 066 kilowatt hours per year.

The chosen energy saving measures are additional insulation of the outer walls and of the attic, window replacement, and heat recovery. Additional insulation of the outer walls, heat recovery and window replacement would be most effective in reducing energy consumption. These measures would each reduce transmission losses with 14 210 kWh per year, 13 550 kWh per year, and 12 756 kWh per year, respectively.

Implementing the chosen measures will have major consequences on the buildings cultural value. Instead, alternative measures that would not harm these cultural values should be chosen. Such measures could be a reduced indoor temperature, shutters and covered window during the night, LED lamps as well as shifting to renewable energy sources. Each building should be evaluated individually since generalized measures cannot be used for these types of buildings.

Key words: Culturally valuable building, transmission losses, energy saving measures

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Problemställning	1
1.4 Avgränsningar	1
1.5 Metod	2
2 TOFTA HERRGÅRD	3
2.1 Historisk bakgrund	3
2.1.1 Historiska användningsområden	4
2.2 Byggnadsbeskrivning	5
2.3 Lagskydd	5
3 TOFTA HERRGÅRDS ENERGIBEHOV	6
3.1 Transmissionsförluster – beräkningsgång	6
3.2 Beräkning av u-värden	9
3.2.1 Yttervägg	9
3.2.2 Bottenbjälklag	10
3.2.3 Vindsbjälklag	11
3.2.4 Fönster och dörrar	11
3.3 Beräkning transmissionsförluster	12
3.3.1 Köldbryggor	13
3.3.2 Summa transmissionsförluster	13
3.4 Ventilationsförluster	13
3.4.1 Beräkning ventilationsförluster	14
4 ENERGIBESPARINGSÅTGÄRDER	15
4.1 Fönster	15
4.1.1 Fönsterbyte	16
4.1.2 Renovering och insättning av LE-glas	17
4.2 Tilläggsisolering	18
4.2.1 Vindsbjälklag	19
4.2.2 Yttervägg	20
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete 2014:66	III

4.3	Värmeåtervinning	22
5	ALTERNATIVA ENERGIBESPARINGSÅTGÄRDER	23
5.1	CEN-standardisering	24
6	RESULTAT OCH SLUTSATS	25
7	DISKUSSION	27
8	REFERENSER	28
9	BILAGOR	30

Förord

Detta examensarbete på 15 högskolepoäng har genomförts våren 2014. Det är utfört vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland.

Främst vill vi tacka vår handledare Eivind Claesson, antikvarie på Länsstyrelsen, som hjälpt oss att formulera en frågeställning vilket har gjort det möjligt för oss att utföra detta examensarbete. Vi vill även tacka Camilla Altahr-Cederberg på Riksantikvarieämbetet på Gotland för hennes hjälp i slutskedet av rapporten och vår handledare på Chalmers, Ingemar Segerholm, för hjälp med våra beräkningar.

Göteborg juni 2014

Helene Lindstrand och Kristin Skaar

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige finns det många kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Precis som andra byggnader påverkar de klimatet negativt och har i vissa fall hög energiförbrukning. Att energieffektivisera kulturhistoriskt värdefulla byggnader är dock inte helt enkelt eftersom det kan innebära att dessa värden förstörs, exempelvis skulle utvändiga tilläggsisolering och fönsterbyten påtagligt förändra utseendet på byggnadsminnena. Det är dock lika viktigt, ur både ett ekonomiskt- och hållbarhetsperspektiv, att minska energianvändningen även för dessa byggnader.

Tidigare har många energibesparingsåtgärder på kulturbyggnader gjorts utan vetenskaplig grund och utan noggranna beräkningar på kostnader. Med bakgrund av detta efterfrågar nu Länsstyrelsen i Västra Götaland exempelberäkningar på olika energieffektiviseringsåtgärder för byggnadsminnen som kan ge en ungefärlig uppskattning av åtgärdernas egentliga energibesparing. För att avgöra om åtgärderna är rimliga och genomförbara behöver ingreppens konsekvenser på byggnadens kulturhistoriska värde diskuteras med kunniga inom området. Resultatet kan sedan användas för att ge lämpliga förslag på åtgärder till Länsstyrelsens kunder.

För att genomföra beräkningarna används Tofta Herrgård som exempelbyggnad. Tofta Herrgård som ligger strax norr om Göteborg byggnadsminnesförklarades år 1984 av Länsstyrelsen. Huvudbyggnaden började byggas på tidigt 1700-tal och är nu en ståtlig herrgårdsbyggnad i trä, med två våningar och brutet tak.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att studera en befintlig kulturhistorisk byggnad och sedan ge förslag på energibesparingsåtgärder. De föreslagna åtgärdernas olika påverkan på byggnadens kulturhistoriska värde undersöks och jämförs.

1.3 Problemställning

Vilka energibesparingsåtgärder kan rekommenderas för Tofta Herrgård och liknande byggnadsminnen?

1.4 Avgränsningar

Arbetet avgränsas till byggnadsminnen med trästomme. Huvudbyggnaden på Tofta Herrgård har valts som exempelbyggnad.

Arbetet avgränsas också till att endast undersöka energibesparingsåtgärderna; fönsterbyte, fönsterreparation och insättning av LE-glas, tilläggsisolering av vindbjälkslag och yttervägg samt värmeåtervinning i ventilationssystem.

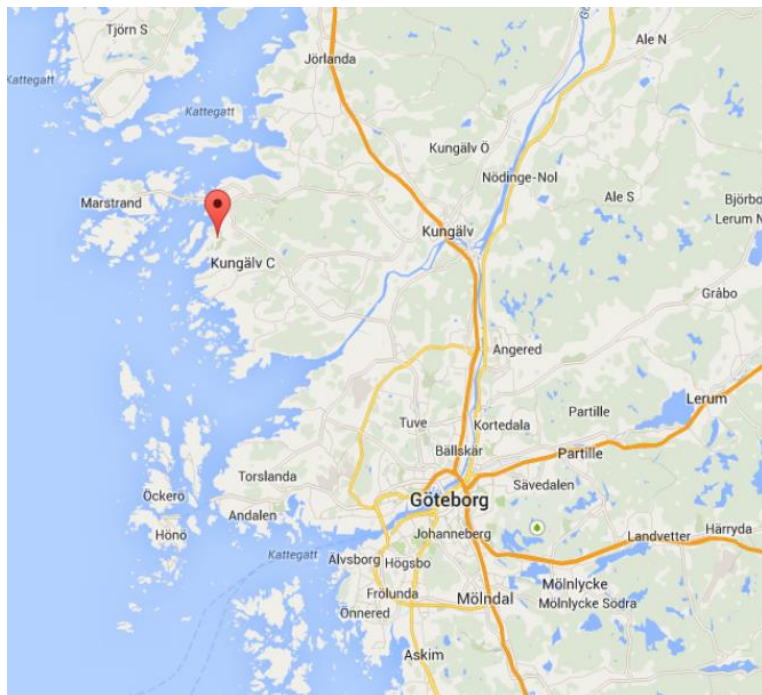
1.5 Metod

För att genomföra examensarbetet har följande metod valts:

- Insamling av historisk fakta, skyddsföreskrifter samt byggnadsteknisk information om Tofta Herrgård.
- Litteraturstudie av de olika energibesparingsåtgärderna.
- Beräkning av energiförbrukning.
- Genom intervju diskuteras de föreslagna åtgärdernas konsekvenser på byggnadernas kulturhistoriska värde.
- Sammanställning av resultat.

2 Tofta Herrgård

Tofta herrgård är belägen mellan Göteborg och Marstrand i Kungälv kommun, se Figur 2.1. Herrgården är uppförd i karolinsk stil. Den karolinska stilen uppkom under karolinertiden, 1654-1718, och den kännetecknas av en särskild arkitektur, måleri och inredningskonst (www.ne.se).



Figur 2.1 Den röda punkten visar Tofta Herrgårds placering (Google Maps, 2014).

2.1 Historisk bakgrund

Det är svårt att exakt ange huvudbyggnadens byggnadsår eftersom uppgifterna före 1780-talet är knapphändiga. I byggnadsinventeringen av Tofta Gård, ”Tofta” av Christer Blomqvist berättas att året 1782 som står skrivet ovanför byggnadens entré troligtvis anger tidpunkten för en omfattande till- och ombyggnad av en äldre enplans herrgårdsbyggnad, troligen från tidigt 1700-tal, till två våningar med brutet tak, se Figur 2.2.



Figur 2.2 Tofta Herrgårds huvudbyggnad (Lindstrand 2014).

När gården fick en ny ägare år 1800 gjordes nästa utbyggnad av huvudbyggnaden, huset försågs med ytterligare en våning på både östra och västra gaveln. Utbyggnaden i öster användes som salong och i den västra anlades skafferier, mjölkammare och kryddkammare.

Byggnaden fick sitt nuvarande utseende och inredning vid den senaste ombyggnationen som påbörjades år 1902. Enplansvåningarna på gavlarna byggdes på med en våning och ännu en låg tillbyggnad mot öster, med nytt kök och förråd, upprättades (Hermond, 1982).

Bortsett från tillbyggnationerna har inte husets planlösning ändrats nämnvärt. Mittdelen av huset, både på bottenvåningen och övervåningen, har således kvar den ursprungliga rumsfördelningen med bland annat matsal, serveringsgång, och trapphall. Många rum har kvar kakelugnar och annan fast inredning, se Figur 2.3.



Figur 2.3 Kakelugn i ett av rummen på nedervåning (Lindstrand 2014).

2.1.1 Historiska användningsområden

Tofta herrgård har en lång historia med en rad olika ägare som främst har livnärt sig på jordbruket. Enligt de första jordeböckerna från år 1573 står det att det odlades korn, havre, bönor och lin på Tofta. I jordeböckerna från år 1659 står det att smöret ”utgjorde den viktigaste skattepersedeln” och att gårdsbruket vid den här tiden främst fokuserade på boskapsskötsel (Blomqvist, 1980).

Ett bränneri för brännvin och en vädermjölskvarn uppfördes år 1805 respektive år 1807. Brännvinsproduktionen lades sedan ner i slutet på 1800-talet och ersattes med ett mejeri. Kvarnen hade för sin tid en hög kapacitet och kunde mala ca 600 kilo i timmen vid god vind (Blomqvist, 1980). Under sillperioden hade jordbruket blivit bortprioriterat men det ändrades i samband med att Daniel Kilman år 1811 tog över gården. Blomqvist skriver att Daniel Kilmans son Olof Johan belönades för sina fina jordbruksinsatser på Göteborg och Bohusläns första lantbruksmöte år 1847.

När Bertil och Lillemor Karlander köpte Tofta herrgård år 1981 drev de till en början gården på ett traditionellt sätt med kor, grisar och spannmål. De rustade samtidigt upp byggnaderna på gården och den öppnades senare för besökare. Idag finns det

konferensverksamhet och företagsevenemang på Tofta herrgård. Huvudbyggnaden används i dag främst som kök och kontor samt för konferenser. En del av övervåningen används också som bostad för familjen.

2.2 Byggnadsbeskrivning

I en kulturhistorisk dokumentation inför byggnadsminnesförklaringen (Hermond, 1982) av Tofta herrgård står det att huvudbyggnaden är en träbyggnad i två fulla plan med en delvis utgrävd källare samt en inredd vind på gavlarna. Husets fasad har en vitmålad stående locklistpanel med inbrädade knutar och taket är ett s.k. mansardtak med valmade gavlar och takkupor. Taket är också täckt med ett trekupigt rött lertegel. Den mellersta delen av byggnaden kännetecknas av att den är uppförd i karolinsk stil och entrén är utformad i empire- jugendstil med ett välvt regnskydd. Fönstren är symmetriskt placerade och i den mellersta delen består de av två lufter med åtta smårutor medan fönstren på bottenplan, på de tillbyggda gavlarna, består av fyra lufter med åtta smårutor, se Figur 2.4. Nord- och sydfasadernas utformning kännetecknas av frontespiser och är prydda med ett solur samt en träsnidad kartusch med Eric och Charlotte Hallins initialer.



Figur 2.4 Fönster med åtta smårutor och två lufter. Sett inifrån ett av rummen på nedervåningen (Lindstrand 2014).

2.3 Lagskydd

Enligt kulturminneslagen (KLM) kap.3 § 1: ”en byggnad som är synnerligen märklig genom sitt kulturhistoriska värde eller som ingår i ett kulturhistoriskt synnerligen märkligt bebyggelseområde får förklaras byggnadsminne av länsstyrelsen”. Tofta herrgård byggnadsminnesförklarades år 1984 efter att länsantikvarien den 20 december år 1982 väckt frågan. Riksantikvarieämbetet och Bohuslänsmuseum föreslog en byggnadsminnesförklaring den 25 respektive den 18 februari år 1983. Den 17 november beslöt även Kungälv kommun att de skulle föreslå att Tofta herrgård byggnadsminnesförklarades. Med bakgrund av detta förklarade Länsstyrelsen den 23 januari år 1984 byggnaderna på Tofta herrgård till byggnadsminnen, se Bilaga 1. Byggnadsminnesförklaringen av Tofta herrgård innebär att Länsstyrelsen genom olika skyddsföreskrifter anger hur byggnaden ska vårdas och i vilka avseenden den inte får ändras (SFS 1988:950. Kulturminneslagen).

3 Tofta herrgårds energibehov

För att få en uppfattning om hur energiåtgången i huvudbyggnaden på Tofta Herrgård ser ut i dagsläget görs en beräkning av byggnadens transmissions- och ventilationsförluster.

3.1 Transmissionsförluster – beräkningsgång

I detta avsnitt redovisas de ekvationer som har använts för att beräkna byggnadsdelarnas transmissionsförluster.

För beräkning av det totala värmemotståndet, R_t , för byggnadsdelar med homogena materialskikt används formeln:

$$R_t = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se} \quad (3.1)$$

där

R_{si} = inre övergångsmotstånd ($\text{m}^2\text{K/W}$)

R_{se} = yttre övergångsmotstånd ($\text{m}^2\text{K/W}$)

d_i = skiktjockleken för materialskikten (m)

λ_i = beräkningsvärde för värmeledningsförmågan för materialen (W/mK)

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

För beräkning av det totala värmemotståndet R_t för byggnadsdelar med sammansatta materialskikt används formeln:

$$R_t = \frac{R(\lambda, t) + R(U, t)}{2} \quad (3.2)$$

För beräkning av $R(\lambda, t)$ används λ -värdesmetoden som beräknas enligt följande:

$$R(\lambda, t) = R_{si} + \frac{d(\text{inre skikt})}{\lambda(\text{inre skikt})} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d(\text{yttre skikt})}{\lambda(\text{yttre skikt})} + R_{se} \quad (3.3)$$

där

d_2 = tjockleken för det inhomogena materialskiktet (m)

λ_2 beräknas:

$$\lambda_2 = p_A \times \lambda_{A2} + p_B \times \lambda_{B2} \quad (3.4)$$

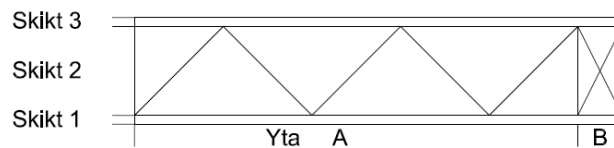
där

p_A = andelen av material A i värmeflödets riktning (m^2/m^2)

p_B = andelen av material B i värmeflödets riktning (m^2/m^2)

λ_{A2} = beräkningsvärde för värmeledningsförmågan för material A

λ_{B2} = beräkningsvärde för värmeledningsförmågan för material B



Figur 3.1 Uppdelning av materialsikt.(Skaar 2014).

För beräkning av $R(U,t)$ används U-värdesmetoden som beräknas enligt följande:

$$R(U,t) = \frac{1}{U(U)} \quad (3.5)$$

där $U(U)$ beräknas:

$$U(U) = p_A \times \frac{1}{R_{tA}} + p_B \times \frac{1}{R_{tB}} \quad (3.6)$$

där

p_A = ytan i A i förhållande till totala ytan (m^2/m^2)

p_B = ytan i B i förhållande till totala ytan (m^2/m^2)

R_{tA} och R_{tB} beräknas:

$$R_{tA} = R_{si} + \frac{d(\text{inre skikt})}{\lambda(\text{inre skikt})} + \frac{d_2}{\lambda_{2A}} + \frac{d(\text{yttre skikt})}{\lambda(\text{yttre skikt})} + R_{se} \quad (3.7)$$

$$R_{tB} = R_{si} + \frac{d(\text{inre skikt})}{\lambda(\text{inre skikt})} + \frac{d_2}{\lambda_{2B}} + \frac{d(\text{yttre skikt})}{\lambda(\text{yttre skikt})} + R_{se} \quad (3.8)$$

där

d_2 = tjockleken för skikten 1 och 2 (m)

λ_{2A} = beräkningsvärde för värmeledningsförmågan för materialet i skikt 2 och ytan A (W/mK)

λ_{2B} = beräkningsvärde för värmeledningsförmågan för materialet i skikt 2 och ytan B (W/mK)

U-värdet beräknas enligt:

$$U = \frac{1}{Rt} \quad (3.9)$$

Transmissionsförlusten, Qt , beräknas enligt

$$Qt = A \times U \times G \quad (3.10)$$

där

A = byggnadsdelens area (m²)

U = det framräknade U-värdet (W/m²K)

G = värmeförbrukningstal (°Ch)

3.2 Beräkning av u-värden

I det här kapitlet bestäms u-värdet för ytterväggarna, bottenbjälklaget, vindsbjälklaget, fönster och dörrar.

3.2.1 Yttervägg

Eftersom det inte finns några dokumenterade konstruktionsritningar över Tofta Herrgård har det tillsammans med fastighetsägaren och Eivind Claesson, antikvarie på Länsstyrelsen i Västra Götaland, antagits följande material och dimensioner i ytterväggen:

- Lockpanel 28*175 mm
- Timmer 160*190 mm
- Lera
- Tapet

Då det finns en ventilerad luftspalt mellan lockpanelen och timret har lockpanelens värmemotstånd försumrats. Även lerbeläggningen och tapetens värmemotstånd försummas.

Värmemotståndet, R , beräknas enligt ekvation 3.1 och U -värdet enligt ekvation 3.9. Se Tabell 3.1.

Tabell 3.1 U -värdesberäkning, yttervägg.

Material	d (m)	λ	R
R_{se}	-	-	0,040
Lockpanel	0,028	0,14	0,200
Timmer	0,16	0,14	1,143
Lera	-	-	-
Tapet	-	-	-
R_{si}	-	-	0,13
Summa:			1,313
		U-värde:	0,762

Beräknat u -värde för yttervägg: 0,762 W/m²·°C.

3.2.2 Bottenbjälklag

Eftersom det inte finns några dokumenterade konstruktionsritningar över Tofta Herrgård har det tillsammans med fastighetsägaren och Eivind Claesson, antikvarie på Länsstyrelsen i Västra Götaland, antagits följande material och dimensioner i bottenbjälklaget:

- Träbrädor 22 mm
- Reglar cc1200 mm och fyllning av sågspån
- Träbrädor 34 mm

Huset står på en ventilerad krypgrund och en fjärdedel av ytan upptas av källare. För att förenkla beräkningarna görs antagandet att krypgrunden och källaren har samma egenskaper som utomhusluften.

För beräkning av $R(\lambda, t)$, $R(U, t)$, R_t och U-värde används ekvationerna 3.3, 3.5, 3.2 respektive 3.9. Se Tabell 3.2.

Tabell 3.2 U-värdesberäkning bottenbjälklag.

				λ-metoden		U-värdesmetoden	
Material	Andel (%)	d (m)	λ	λ-medel	R	Isolering	Reglar
R_{se}		-	-		0,040	0,040	0,040
Träskiva		0,022	0,14		0,157	0,157	0,157
Reglar cc 1200	16,7	0,200	0,14	0,090	2,222	-	1,429
Sågspån	83,3	0,200	0,08			2,500	-
Träskiva		0,034	0,14		0,243	0,243	0,243
R_{si}		-	-		0,130	0,130	0,130
Summa:				$R(\lambda, t)$:	2,792	3,070	1,999
						$R(U, t)$:	2,891
						R_t:	2,841
						U-värde:	0,352

Beräknat u-värde för bottenbjälklag: 0,352 W/m²·°C.

3.2.3 Vindsbjälklag

Eftersom det inte finns några dokumenterade konstruktionsritningar över Tofta Herrgård har det tillsammans med fastighetsägaren och Eivind Claesson, antikvarie på Länsstyrelsen i Västra Götaland, antagits följande material och dimensioner i vindsbjälklaget:

- Träbrädor 22 mm
- Reglar cc1200 mm och fyllning av sågspån

Byggnaden antas ha en ventilerad kallvind, vilket medför att i beräkningarna antas vinden ha samma egenskaper som utomhusluften.

För beräkning av $R(\lambda, t)$, $R(U, t)$, R_t och U-värde används ekvationerna 3.3, 3.5, 3.2 respektive 3.9. Se Tabell 3.3.

Tabell 3.3 U-värdesberäkning vindsbjälklag.

				λ-metoden		U-värdesmetoden	
Material	Andel (%)	d (m)	λ	λ-medel	R	Isolering	Reglar
R_{si}		-	-		0,130	0,040	0,040
Träskiva		0,022	0,14		0,157	0,157	0,157
Reglar cc 1200	16,7	0,200	0,14	0,090	2,222	-	1,429
Sågspån	83,3	0,200	0,08			2,500	-
R_{se}		-	-		0,040	0,130	0,130
Summa:				$R(\lambda, t)$:	2,549	2,827	1,756
						$R(U, t)$:	2,648
						R_t:	2,599
						U-värde:	0,385

Beräknat u-värde för vindsbjälklag: 0,385 W/m²·°C.

3.2.4 Fönster och dörrar

Byggnadens fönster är tvåglasfönster av äldre modell med lösa innerbågar, vilka kan antas ha ett u-värde på 2.8 W/m²·°C (Peterson, 2009). Dörrarnas u-värde sätts till 2.0 W/m²·°C (www.energimyndigheten.se).

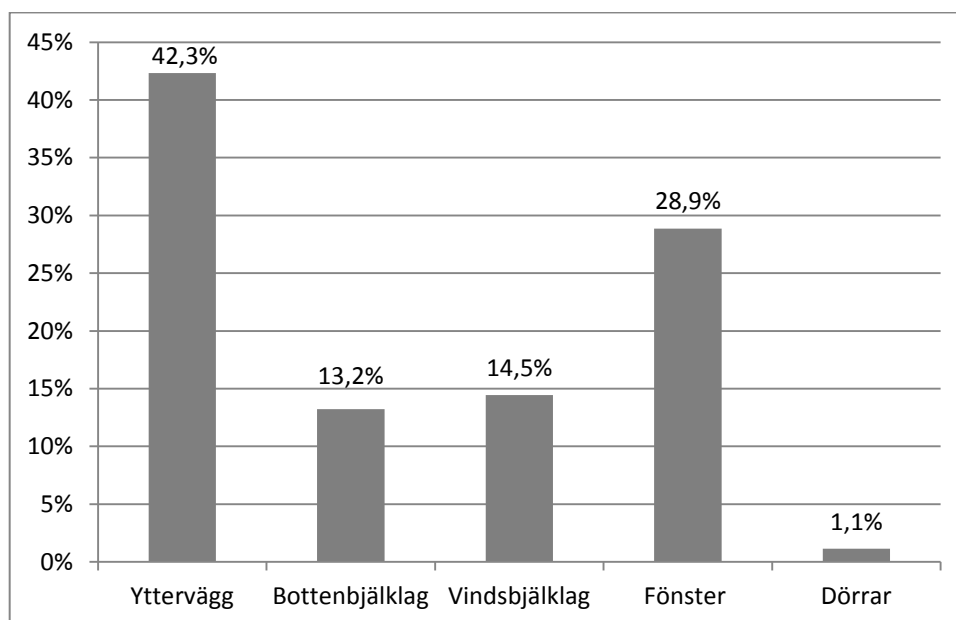
3.3 Beräkning transmissionsförluster

Transmissionsförluster genom byggnadsdelarna beräknas enligt ekvation 4.10 och redovisas i Tabell 3.4. Areor för respektive byggnadsdel har mätts upp på fasadritningarna, se Bilaga 2, och antal gradtimmar sätts till 86 900 °Ch (20°C inne, Göteborg) (Peterson, 2009).

Tabell 3.4 Transmissionsförluster per år.

Byggnadsdel	Area m ²	U-värde W/m ² *°C	A*U W/°C	A*U*Gt kWh
Yttervägg	366,300	0,762	279,121	24255,6
Bottenbjälklag	247,500	0,352	87,120	7570,7
Vindsbjälklag	247,500	0,385	95,288	8280,5
Fönster	67,960	2,800	190,288	16536,0
Dörrar	3,750	2,000	7,500	651,8
Summa:				57294,6

Transmissionsförluster genom byggnadsdelarna uppgår till **57 295 kWh/år**. Den byggnadsdel som står för största delen av transmissionsförlusterna är ytterväggen, ca 42 % av värmeläcketaget sker den vägen. Även fönstren släpper ut mycket energi, närmare 29 % av transmissionsförlusterna orsakas av fönstren. För procentuell fördelning mellan byggnadsdelarna se Figur 3.2.



Figur 3.2. Procentuell fördelning av transmissionsförluster.

3.3.1 Köldbryggor

Köldbryggor kallas de delar i byggnadens klimatskal där värmeflödet är större än i andra delar av klimatskalet (Hamrin 1996). Köldbryggor förekommer normalt i anslutningar mellan tak, vägg och golv. Enligt Boverket motsvarar normalt köldbryggorna 15-20 % av husets Umedel-värde (Boverket 2012). Eftersom det inte finns tillräckligt detaljerade ritningar på Tofta herrgård för att göra korrekta beräkningar av köldbryggor görs därför ett antagande om ett påslag på 20 % av Umedel-värdet för köldbryggor.

3.3.1.1 Beräkning av köldbryggor

Vid beräkning av Tofta Herrgårds transmissionsförluster på grund av köldbryggor fås värdet:

$$57294,6 \times 0,20 = 11458,9$$

Byggnadens beräknade transmissionsförlust på grund av köldbryggor är: **11 459 kWh/år**.

3.3.2 Summa transmissionsförluster

Tofta Herrgårds sammanlagda värde för transmissionsförluster, baserat på byggnadsdelarnas värmegenomsläpplighet och byggnadens köldbryggor beräknas till:

$$57294,6 + 11458,9 = 68753,5$$

Byggnadens totala transmissionsförluster uppgår till **68 754 kWh/år**.

3.4 Ventilationsförluster

En byggnads ventilation ger upphov till värmeförluster, den uppvärmda luften som ventileras bort tar med sig ”sin” värme och uteluften som kommer in måste värmas upp. Beroende på ventilationens storlek och byggnadens innetemperatur fås olika stora värmeförluster.

Ventilationsförluster, Q_v , beräknas enligt:

$$Q_v = \frac{\text{uteluftsförflöde (vent)}}{1000} \times A(\text{temp}) \times cp(\text{luft}) \times Gt \times \frac{1}{1000} \quad (3.11)$$

där

uteluftsflöde (vent) = $l/(s \cdot m^2 \text{ golvarea})$

A(temp) = tempererad golvarea (m^2)

cp(luft) = luftens värmekapacitet (Ws/m^3K)

G = värmeförbrukningstal ($^{\circ}Ch$).

3.4.1 Beräkning ventilationsförluster

För beräkning av ventilationsförluster på Tofta Herrgård används följande värden:

Uteluftsflöde (vent) = $0,35 l/(s \cdot m^2 \text{ golvarea})$

A(temp) = $495 m^2$

cp(luft) = $1200 Ws/m^3K$

Gt = $86\,900^{\circ}Ch$ ($20^{\circ}C$ inne, Göteborg)

Enligt ekvation 3.11 beräknas ventilationsförlusterna, Q_v , till **18 066 kWh/år**.

4 Energibesparingsåtgärder

För att minska energiförbrukningen finns flera möjliga åtgärder. De åtgärder som behandlas i den här rapporten är fönsterbyte, renovering och insättning av lågemissionsglas i befintliga fönster, tilläggsisolering av vindsbjälklag och av yttervägg samt värmeåtervinning i ventilationssystemet.

4.1 Fönster

Fönster är en viktig detalj på en byggnads fasad eftersom deras utseende och placering påverkar husets karaktär betydligt. Fönstrets form, material, färg och storlek samt spröjs, fönsterbågar och fönsterfoder avgör husets stil och framtoning och redan vid små förändringar fås en påtaglig inverkan på husets identitet.

Under senmedeltiden skapades de första fönstren med glas. Eftersom glas var mycket dyrbart och kunskapen inom glastillverkning var begränsad var det endast i kyrkor som dessa mycket små rutor användes (www.stockholmslansmuseum.se). På 1600-talet blev det vanligare med fönsterglas i de finare hemmen, fönstren bestod av fyra lika stora bågar i en karm med mitt- och tvärpost. Under 1700-talet var glasen fortfarande förhållandevis små, men 1600-talets blyspröjsar byttes ut mot träspröjsar och fönstren blev öppningsbara. Lösa innerbågar, större rutor som inte krävde spröjs och rundbågiga fönster kom på 1800-talet, kopplade fönster i början på 1900-talet och från 1930-talet standardtillverkas fönstren och detaljrikedomen minskar (Jarnerup Nilsson 2011).

Under senare tid har fönstren utvecklats i snabb takt. Antalet rutor på ett modernt fönster är numer minst tre stycken, ibland fyra. Vanligt är också så kallade isolerrutor, två glas som fixeras på ett givet avstånd och som tätas noggrant så att luften mellan rutorna blir stillastående. I vissa fönster byts luften mellan rutorna ut mot argon, krypton eller liknande ädelgaser för att minska värmetransmissionen (Peterson 2009)

En annan typ av fönster har glas som är försedda med lågemissionsskikt. Ett LE-skikt är ett mycket tunt skikt av ett metalliskt material, ofta tenn- eller silveroxid, som förhindrar långvågig värmestrålning att transporteras ut genom fönstret men tillåter solinstrålning (www.byggnadsvard.se). Skiktet placeras oftast på det inre glasets utsida.

Fönster har många positiva egenskaper, de skyddar mot väder och vind, släpper in ljus och gör det möjligt att se ut. Däremot är isoleringsförmågan avsevärt sämre än hos tak- och väggkonstruktioner (www.byggnadsvard.se). Ett äldre, ej renoverat fönster kan ha ett u-värde närmare $3.0 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, medan ett modernt treglasfönster ofta ligger runt $1.0 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. (Peterson 2009), det vill säga, fönsters värmegenomsläpplighet kan skiljas åt med en faktor tre. Ett rimligt antagande är att vilken fönstertyp som används spelar en stor roll för husets energiförbrukning.

Enligt en forskarstudie som genomfördes på Lunds Tekniska Högskola år 1998 kan gamla fönster som renoveras och förses med lågemissionsglas erhålla ett betydligt bättre u-värde än innan renoveringen (www.bkl.lth.se). I studien studerades bland annat ett 4-luftsfönster med enkla ytter- och innerbågar tillverkat runt år 1880. Fönstret har både blåst och valsat 2 mm glas, med ett avstånd på 90 mm mellan ytter- och innerglaset. Först mäts u-värdet i befintligt skick till $2,44 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, därefter renoveras fönstret grundligt varefter det nya u-värdet mäts till $2,07 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Nästa

steg är att byta ut innerglaset mot ett 3 mm glas med LE-skikt och efter nya mätningar uppnås ett u-värde på 1,6 W/m²·°C.

I den här rapporten kommer två alternativ undersökas, dels byte av befintliga fönster och dels renovering och insättning av LE-glas med u-värden enligt Lundstudien.

4.1.1 Fönsterbyte

De befintliga fönstren, med ett uppskattat u-värde på 2,8 W/m²·°C, byts ut mot nya 3-glasfönster med ett u-värde på 1,0 W/m²·°C. I Tabell 4.1 visas byggnadens transmissionsförluster efter bytet.

Tabell 4.1 Transmissionsförluster per år, efter byte av befintliga fönster mot nya med u-värde 1,0 W/m²·°C.

Byggnadsdel	Area m ²	U-värde W/m ² ·°C	A*U W/°C	A*U*G kWh
Yttervägg	366,300	0,762	279,121	24255,6
Bottenbjälklag	247,500	0,352	87,120	7570,7
Vindsbjälklag	247,500	0,385	95,288	8280,5
Fönster	67,960	1,000	67,960	5905,7
Dörrar	3,750	2,000	7,500	651,8
Summa:				46664,3

Att göra ett fönsterbyte skulle ge en minskad årlig energianvändning med cirka 12 756 kWh, vilket motsvarar 18,6 % av den totala energianvändningen innan fönsterbytet.

4.1.1.1 Konsekvenser

I byggnadsminnesförklaringen av Tofta Herrgård står det i skyddsföreskrifterna att byggnaden inte får rivas, flyttas eller till sitt yttre byggas om eller på annat sätt förändras. Det innebär att ett fönsterbyte på Tofta Herrgård inte är aktuellt. Ingreppet skulle förstöra byggnadens karaktär och prägel, vilket är förödande för byggnadens kulturhistoriska värde.

Rapporten *Hvad koster et vindue?* av Thomas Kampmann visar även att ett byte till nytillverkade fönster inte lönar sig kostnadsmässigt (www.bygningsbevaring.dk). Kampmann har undersökt vad de totala kostnaderna för att renovera ett gammalt fönster blir, jämfört med kostnaderna vid byte till någon av de vanligaste fönstertyperna. I beräkningarna tas bland annat hänsyn till investeringskostnader, energiförluster, underhåll, renoveringskostnader och fönstrens livslängd. Det visar sig att renovering av ett äldre tvåglasfönster är det som är billigast i längden och byte till nya trä- och aluminiumfönster med isolerruta är dyrast. Anledningarna till resultatet är bland annat att nytillverkade fönster ofta har en mycket kortare livslängd än de äldre, samt att investeringskostnaden är hög. Dessutom behöver isolerrutor bytas alternativt repareras med jämna mellanrum eftersom det finns risk att rutorna ”punkteras”, det vill säga att ädelgasen i luftspalten pyser ut.

En annan aspekt är den miljömässiga. Thomas Kampmanns rapport *Vinduers samlede miljøbelastning* beskriver fyra olika fönsters livscykelkostnader. Resultatet från studien visar att det är i bruksskedet som miljöbelastningen är störst, vilket betyder att fönstrets u-värde är det som är av störst betydelse (www.bygningsbevaring.dk). Det beror i sin tur på att vi i nuläget använder mest fossila bränslen. När vi går över till förnyelsebara energikällor är det miljöbelastningen i produktionsskedet som blir avgörande (Hansson 2011). I produktionsskedet är det aluminium- och plastfönster som är mest miljöbelastande, medan renoverade träfönster gav minst påverkan på miljön (www.bygningsbevaring.dk).

Vid byte av fönster är det viktigt att se över ventilationen i byggnaden eftersom de nya fönstren ger ett tätare klimatskal och inte släpper in lika mycket uteluft. Det är också av stor vikt att fönsterbytet utförs på rätt sätt för att inte riskera att till exempel regn tränger in i anslutningarna och orsakar kondens eller fuktskador.

För huvudbyggnaden på Tofta Herrgård, som använder bergvärme som uppvärmning, skulle ett byte av fönster inte bara vara förvanskande för det kulturhistoriska värdet, det skulle dessutom vara kostsamt och miljömässigt negativt.

4.1.2 Renovering och insättning av LE-glas

De befintliga fönstren renoveras med varsamma metoder och den inre glasrutan byts ut mot glas med lågmissionsskikt. Det minskar fönstrets u-värde från 2,8 W/m²·°C till 1,6 W/m²·°C (www.bkl.lth.se).

I Tabell 4.2 redovisas byggnadens transmissionsförluster efter åtgärdens genomförande.

Tabell 4.2 Transmissionsförluster per år, efter renovering av befintliga fönster och insättning av LE-glas.

Byggnadsdel	Area m ²	U-värde W/m ² ·°C	A*U W/°C	A*U*G kWh
Yttervägg	366,300	0,762	279,121	24255,6
Bottenbjälklag	247,500	0,352	87,120	7570,7
Vindsbjälklag	247,500	0,385	95,288	8280,5
Fönster	67,960	1,600	108,736	9449,2
Dörrar	3,750	2,000	7,500	651,8
Summa:				50207,7

Att göra en fönsterrenovering och samtidigt byta det inre glasets mot ett glas med ett lågmissionsskikt skulle ge en minskad årlig energianvändning med cirka 8 504 kWh, vilket motsvarar 12,4 % av den totala energianvändningen innan fönsterrenoveringen.

4.1.2.1 Konsekvenser

Att byta innerrutan på huvudbyggnadens fönster mot en ruta med ett lågmissionsskikt ändrar inte byggnadens yttre och är därför inte emot skyddsföreskrifterna. Däremot kan de nya innerglasen ge en annan känsla inomhus.

De nya glastrutorna är ofta tjockare och tyngre än de äldre, därför bör en ruta som inte är tjockare än 3 millimeter användas. Risken är annars att rutan inte får plats i fönsterbågen eller att gångjärnen inte klarar av den ökade belastningen (Lundh 2011).

Vid renovering av gamla fönster är det precis som vid byte av fönster viktigt att se över ventilationen i byggnaden eftersom de renoverade fönstren ger ett tätare klimatskal och inte släpper in lika mycket uteluft. Det är också viktigt att fönsterrenoveringen utförs på rätt sätt för att inte riskera att till exempel regn tränger in i anslutningarna och orsakar kondens eller fuktskador.

Som det skrivs i Kapitel 4 avsnitt 4.1.1.1, visar studier att renovering av befintliga fönster är mest lönsamt i ett långt perspektiv, sett till kostnader, samt det alternativ som har lägst miljöpåverkan.

4.2 Tilläggsisolering

Förr i tiden isolerades oftast husen med de material som fanns tillgängliga (Bokalders 2011). Isoleringsmaterialen kunde exempelvis vara sågspån, kutterspån, torv eller tång. Deras egenskaper var fördelaktiga eftersom de har förmågan att buffra fukt. Det innebär att materialen kan ta upp fukten, fördela och sedan ge ifrån sig den. Bokalders skriver vidare att de äldre husens konstruktioner också var gynnsamma eftersom de bidrog till att fukten kunde transporteras från den varma insidan till den kallare utsidan. Samtidigt är det viktigt att vara medveten om problem som kan uppkomma med dessa isoleringsmaterial. De har en tendens att "sjunka ihop och bilda tomrum i isoleringen" vilket i sin tur kan leda till att det bildas köldbryggor (Bokalders 2011).

4.2.1 Vindsbjälklag

Lundstedt visar med ett beräkningsexempel i artikeln: ”Tilläggsisolera – men inte för mycket” att en fullt tillfredsställande tjocklek på tilläggsisolering av ett vindsbjälklag är 35 cm (Lundstedt 2005). Ett annat riktmärke är en total tjocklek på 50 cm av isoleringen (af Malmberg 2002). Det innefattar tjockleken på den nuvarande isoleringen av vindsbjälklaget plus den tänkta tilläggsisoleringen. I vårt fall skulle då tjockleken på tilläggsisoleringen bli 30 cm eftersom den befintliga isoleringen är 20 cm. Det nya u-värdet beräknas enligt ekvationer (3.3), (3.5), (3.2) respektive (3.9) till 0,091 W/m²•°C och redovisas i Tabell 4.3. De nya transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation (3.10) till 50 971,3 kWh och redovisas i Tabell 4.4.

Tabell 4.3 U-värdesberäkning, tilläggsisolering vindsbjälklag.

				λ-metoden		U-värdesmetoden	
Material	Andel (%)	d (m)	λ	λ-medel	R	Isolering	Reglar
R _{si}		-	-		0,130	0,130	0,130
Träskiva		0,022	0,14		0,157	0,157	0,157
Reglar cc 1200	16,7	0,200	0,14	0,090	2,222	-	1,429
Sågsplån	83,3	0,200	0,08			2,500	-
Isolering		0,300	0,036		8,333	8,333	8,333
R _{se}		-	-		0,040	0,040	0,040
Summa				R(λ,t):	10,882	11,160	10,089
						R(U,t):	10,982
						R_t:	10,932
						U-värde:	0,091

Tabell 4.4 Transmissionsförluster per år, efter tilläggsisolering av vindsbjälklag.

Byggnadsdel	Area m²	U-värde W/m²•°C	A*U W/°C	A*U*Gt kWh
Yttervägg	366,300	0,762	279,121	24255,6
Bottenbjälklag	247,500	0,352	87,120	7570,7
Vindsbjälklag	247,500	0,091	22,523	1957,2
Fönster	67,960	2,800	190,288	16536,0
Dörrar	3,750	2,000	7,500	651,8
Summa:				50971,3

Med det nya u-värdet på vindsbjälklaget minskar byggnadens energianvändning med 7 588 kWh per år vilket motsvarar 11,0 % av den totala energianvändningen innan tilläggsisoleringen.

4.2.1.1 Konsekvenser

För att minska uppvärmningskostnaderna av sitt hus är det mest lönsamt att tilläggsisolera vindsbjälklaget (Lundstedt 2005). Även hemsidan hallahus.se skriver att tilläggsisolering av vindsbjälklaget är en god åtgärd för besparing av energikostnader. Hallhus.se skriver vidare att äldre hus vars vindsutrymmen som tidigare varit problemfria kan få problem med kondens vilket kan leda till fuktproblem efter installering av tilläggsisolering. Det beror på att när tilläggsisolering installerats sänks temperaturen på vinden och den fuktiga rumsluften som läcker upp på vinden kondenseras mot kallare ytor. Det är därför viktigt att bjälklaget är lufttätt (www.hallahus.se). Ett lufttätt bjälklag är också viktigt eftersom det kan förhindra att den varma inomhusluften läcker upp på vinden.

4.2.2 Yttervägg

Ur ett kulturhistoriskt perspektiv är varken utvändig eller invändig tilläggsisolering av en yttervägg att föredra då detaljer som väggmålningar och väggdekor kan skadas och/eller förstöras. I den här rapporten har utvändig tilläggsisolering av ytterväggen ändå valts som en energibesparingsåtgärd eftersom den ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv är mest fördelaktig (Lundh 2011). Tilläggsisoleringens mått har valts till 45 mm eftersom ytterväggens dimensioner då inte skulle förändras allt för mycket. Isoleringen placeras på utsidan av timmerväggen. Ytterväggens nya u-värde beräknas enligt ekvation (3.1) respektive (3.9) till 0,390 W/m²•°C och byggnadens nya transmissionsförluster beräknas enligt ekvation (3.10) till 45 453,3 kWh/år. Värden redovisas i Tabell 4.5 och Tabell 4.6.

Tabell 4.5 U-värdesberäkning, tilläggsisolering yttervägg.

Material	d (m)	λ	R
R _{se}	-	-	0,040
Lockpanel	(0,028	0,14	0,200)
Isolering	0,045	0,036	1,250
Timmer	0,16	0,14	1,143
Lera	-	-	-
Tapet	-	-	-
R _{si}	-	-	0,130
Summa			2,563
		U-värde:	0,390

Tabell 4.6 Transmissionsförluster per år, efter tilläggsisolering av yttervägg.

Byggnadsdel	Area m ²	U-värde W/m ² *°C	A*U W/°C	A*U*Gt kWh
Yttervägg	366,300	0,390	142,857	12414,3
Bottenbjälklag	247,500	0,352	87,120	7570,7
Vindsbjälklag	247,500	0,385	95,288	8280,5
Fönster	67,960	2,800	190,288	16536,0
Dörrar	3,750	2,000	7,500	651,8
Summa:				45453,3

Med det nya u-värdet på ytterväggen minskar byggnadens energianvändning med 14 210 kWh per år vilket motsvarar 20,7 % av den totala energianvändningen innan tilläggsisoleringen.

4.2.2.1 Konsekvenser

Tilläggsisolering av ytterväggarna kan ha förödande konsekvenser för byggnaders kulturvärden. Det beror på att byggnadens proportioner förändras, originaldelar och originaldetaljer byggs bort (www.hallahus.se). Väggarna blir tjocka och de mister sitt genuina intryck. Tilläggsisolering av ytterväggarna bör därför undvikas. Göran Gudmundsson skriver i boken ”Tips och råd om byggnadsvård” att istället för isolera att väggarna bör de tätas, eftersom timret i sig redan är tillräckligt isolerande. Fördelar med tätning är att den också förhindrar drag. Det tätskikt som i första hand förslås är en vindtät papp, en så kallad förhrydningspapp. Förhrydningspappen är fördelaktig eftersom den till skillnad från exempelvis asfaltboard, inte tar upp någon plats (Gudmundsson 2008). Precis som Gudmundsson skriver hallahus.se att timmerväggarna redan isolerar bra. De magasinerar värme vilket bidrar till en jämn temperaturhållning (www.hallahus.se). Det som fastighetsägare bör vara uppmärksamma på är luftläckage vid fönster och knutar och istället rikta insatser mot dessa områden av byggnaden.

Väljer fastighetsägaren att tilläggsisolera sitt hus utvändigt är det viktigt att hen skapar sig en bild av vilka konsekvenser det kan medföra och vilken strategi som lämpar sig bäst för att bemästra dem. Hallahus.se nämner tre konsekvenser fastighetsägare bör ha i åtanke vid utvändigt tilläggsisolering:

- Ett minskat taksprång. Det kan skymma taktassarnas profiler och leda till otillfredsställande proportioner av huset.
- Det skapas ett språng mellan sockel och fasad.
- Fönstren hamnar i nischer och det kan ge ett intryck av att huset har mörka hål i fasaden.

Vad gäller invändig isolering föreslår Gudmundsson lerklining. Det är ett material som är typiskt för gamla hus. Lerklining är ”en slätputs som är gjord av lera blandad med sand, skuren halm, boss eller innehållet i en myrstack” (Hidemark 1986). Andra

fördelar med lera är att den inte påverkar tjockleken av huset på ett betydande sätt. (Gudmundsson 2008).

4.3 Värmeåtervinning

Ventilationens primära uppgift i en byggnad är att föra bort förorenad luft och tillföra frisk (Warfvinge 2010). Det finns i huvudsak tre olika ventilationssystem som används i Sverige; självdragssystem, frånluftssystem och från-och tilluftssystem med värmeåtervinning, FTX-system.

Självdrag är det system som är vanligast i äldre byggnader. Systemet drivs av termiska krafter, det vill säga tryck- och temperaturskillnader, vilket betyder att det inte krävs en fläkt (www.svenskventilation.se). Luften kommer in genom otätheter i byggnadsskalet och/eller via ventiler och den förorenade luften stiger sedan ut genom frånluftskanaler.

I ett FTX-system finns en tilluftsfläkt, en frånluftsfläkt och en värmeväxlare. I värmeväxlaren överförs värmen från den varma frånluften till den kalla uteluften (www.energimyndigheten.se). Tilluften går till vardagsrum och sovrum. Frånluften tas från kök, toalett och tvättstugor. Det går att spara 50-80% av värmeenergin i luften genom att installera ett FTX-system jämfört med ett system utan värmeväxlare. En annan fördel med FTX-system är att tilluften kan renas och värmas vilket inte går i ett hus med självdrag. Nackdelarna är att det kräver underhåll samt att det finns en risk med ljudproblem från exempelvis fläktar.

Tofta Herrgård har ingen mekanisk ventilation utan ventileras med självdrag. Installation av ett ventilationssystem kan vara problematiskt i kulturhistoriska byggnader. Ventilationssystem kräver luftkanaler och ibland schakt för kanaler (Lundh 2011). Att installera ett FTX-system på Tofta är därför ingen trolig åtgärd eftersom det skulle innebära stora fysiska ingrepp på byggnaden. Väljs ändå den här åtgärden är det viktigt att den är reversibel¹.

För byggnader som redan har ett installerat mekaniskt ventilationssystem skulle installation av ett FTX-system vara en rimlig lösning. En vanlig verkningsgrad på ett FTX-system är 75 % värmeåtervinning (Warfvinge 2010). Det betyder i praktiken att det går att minska ventilationsförlusterna med 75 %. Om Tofta Herrgård haft ett mekaniskt ventilationssystem och därefter installerat ett FTX-system skulle energibesparingen bli 13 550 kWh.

¹ Camilla Altahr-Cederberg (Byggnadsantikvarie, Riksantikvarieämbetet) intervjuad 24 april 2014.

5 Alternativa energibesparingsåtgärder

För att komma fram till vilka åtgärder som lämpar sig bäst för varje enskild byggnad bör det först göras en utredning och en grundlig dokumentation av byggnaden. Utredningen görs med hjälp av byggnadsfysiker och energiexperter för att ta redan på vilka energiförluster byggnaden har². Syftet med den grundliga dokumentationen är att besvara följande frågor:

- Vad berättar byggnaden?
- Vad kännetecknar byggnaden?
- Vilka användningsområden/funktioner har byggnaden?
- Vilken karaktär har byggnaden?

Vid energieffektivisering av byggnadsminnen är det viktigt att se till byggnadens helhet istället för att fokusera på enskilda detaljer. De energibesparingsåtgärder som väljs får inte minska byggnadens kulturhistoriska värden eftersom dessa värden aldrig går att återskapa³. Det innebär att i många fall kan det lämpa sig bättre med mindre och enklare ingrepp än till exempel de åtgärder som föreslagits i den här rapporten.

Den absolut enklaste åtgärden är att sänka inomhustemperaturen. En uppskattning är att varje grads sänkning av inomhustemperaturen ger en besparing på cirka 5 procent av uppvärmningskostnaderna (Ohlén 2011). Att sänka temperaturen med flera grader i hela huset är kanske inte möjligt, men med ett reglersystem kan temperaturen dels varieras i olika rum och dels varieras under dygnet.

Istället för att göra ett fönsterbyte är det möjligt att använda sig av någon form att nattisolering för att minska energiförlusterna genom fönstren (Lundh 2011). Det mest effektiva är fönsterluckor som används under natten på vinterhalvåret. De hjälper till att förhindra att värmen inomhus försvinner ut genom fönstren under den kalla tiden på året och dygnet. För att luckorna ska fungera optimalt är det viktigt att de är täta, att de används varje natt och dessutom öppnas på dagen för att släppa in solvärmen. Fönsterluckor är dock bara ett alternativ i kulturhistoriska byggnader om det har funnits sådana där från början. I de byggnader som inte tidigare har haft fönsterluckor kan istället persienner eller rullgardiner användas eftersom de fungerar på samma sätt men med undantaget att de har något lägre effektivitet (Lundh 2011).

Att byta ut sina glödlampor mot LED-lampor och uppdatera sina hushållsapparater till mer energisnåla varianter är ett annat sätt att minska energianvändningen. Många nya produkter använder betydligt mindre energi än deras äldre upplagor.

Om tanken med energieffektiviseringen är att minska byggnadens miljöbelastning bör hushålls- och uppvärmningsenergin komma från förnyelsebara källor. Genom att byta ut en fossil energikälla till en förnyelsebar energikälla görs en stor insats för miljön även om det inte bidrar till en minskad energianvändning.

² Camilla Altahr-Cederberg (Byggnadsantikvarie, Riksantikvarieämbetet) intervjuad 24 april 2014.

³ Camilla Altahr-Cederberg (Byggnadsantikvarie, Riksantikvarieämbetet) intervjuad 24 april 2014

5.1 CEN-standardisering

Många gånger tillämpas byggregler anpassade för nyproduktion vid renovering och restaurering av byggnadsminnen. Det som efterlyses är en standard som ska hjälpa fastighetsägare att istället göra ”rätt” val. Just nu arbetar det europeiska standardiseringsorganet CEN med att ta fram riktlinjer för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Titeln på standarden är ”Conservation of cultural heritage – Guidelines for improving energy performance of historically, architecturally or culturally valuable buildings”. Riktlinjerna i standarden beskriver en beslutsprocess och syftar till att uppnå en hållbar förvaltning av kulturhistoriska värdefulla byggnader med en balans mellan minskad energianvändning och bevarande av kulturhistoriska värden⁴. Arbetet befinner sig i ett tidigt skede och riktlinjerna har ännu inte testats på ett befintligt projekt.

CENs första förslag till arbetsprocess för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader redovisas i Bilaga 3. Sammanfattningsvis går det att beskriva arbetsprocessen på följande sätt:

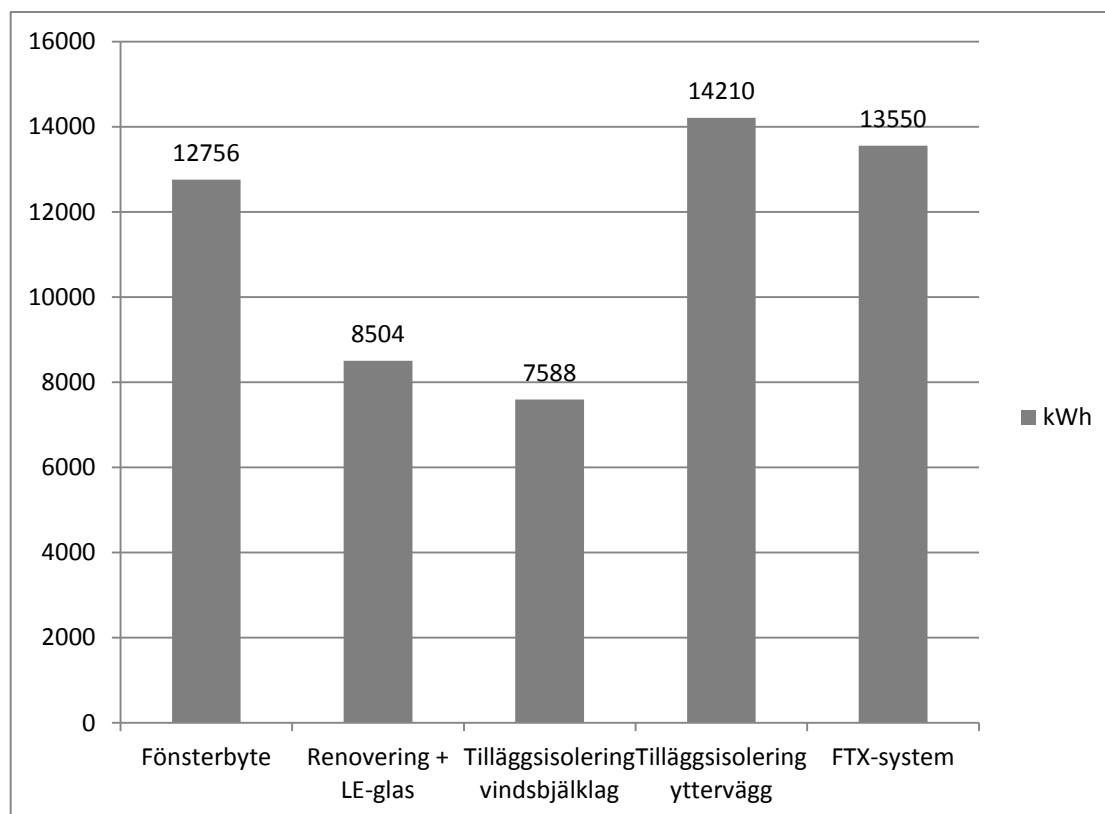
- Sammanställning av byggnadens generella byggnadsinformation. Det innebär bland annat en redogörelse för vilken typ av byggnad som undersöks, vilka regler som gäller för renovering samt byggnadens tekniska konstruktion.
- Dokumentation av byggnadens kulturhistoriska värden och hur en eventuell renovering skulle påverka dessa värden.
- Redovisning av byggnadens tidigare, nuvarande och framtida användningsområden.
- Energibesparingsåtgärder föreslås efter beräkning av valda åtgärder vilka sedan redovisas i tabellform.

⁴ Eivind Claesson (Antikvarie, Länsstyrelsen i Västra Götaland) intervjuad 23 januari 2014.

6 Resultat och slutsats

Enligt beräkningar är åtgärden att tilläggsisolera ytterväggen den som ger störst energibesparing per år på Tofta Herrgård. En utvändig tilläggsisolering på 45 mm minskar förlusterna med 14 210 kWh per år vilket är nästan 20,6 % jämfört med de totala transmissionsförlusterna före tilläggsisoleringen. De olika energiåtgärdernas energibesparing redovisas i Tabell 6.1.

Tabell 6.1 Föreslagna åtgärders energibesparing i kWh.



För att minska energiförlusterna maximalt är tilläggsisolering av ytterväggarna den effektivaste åtgärden, följt av installation av ett FTX-system och fönsterbyte. Dock är varken tilläggsisolering av ytterväggen eller fönsterbyte möjligt att genomföra för Tofta Herrgård eftersom byggnadens skyddsföreskrifter förhindrar ingrepp som ändrar byggnadens yttre. Att installera ett FTX-system i en byggnad som redan har mekanisk ventilation är ett lönsamt alternativ, med en verkningsgrad på 75 % kan tre fjärdedelar av frånluftens värmeenergi återvinnas. På Tofta Herrgård som i nuläget har självdragsventilation innebär installation av ett FTX-system att ett mekaniskt ventilationssystem måste installeras först. Ingreppet kräver noggrann planering eftersom ventilationskanaler samt till- och frånluftsdon dels bör vara dolda och dels inte får förstöra kulturhistorisk inredning. Det är också viktigt att installationen är reversibel och går att ta bort i framtiden.

Tilläggsisolering av vindsbjälklaget samt fönsterrenovering och byte av innerrutan till glas med ett lågemissionsskikt är åtgärder som skulle vara genomförbara. Dessa åtgärder minskar transmissionsförlusterna med 11,0 % respektive 12,4 %. Dock

kräver båda åtgärderna relativt stora ingrepp i byggnaden, ingrepp som dessutom kan leda till fuktproblem eller ventilationsproblem om de inte utförs korrekt.

En kulturhistorisk byggnad har värden som inte går att återskapa efter att de förstörts, och att föredra för en sådan byggnad är istället att välja alternativa åtgärder som inte kräver stora fysiska ingrepp. Genom att sänka inomhustemperaturen kan byggnadens energianvändning minska med fem procent per grad. Med ett reglersystem kopplat till värmesystemet kan dessutom rumstemperaturerna regleras efter behov. Nattisolering i form av fönsterluckor, persienner eller gardiner sänker också energiförbrukningen, liksom energisnåla apparater och belysning.

Om anledningen till energieffektiviseringen är att minska miljöpåverkan borde dock första åtgärden vara att övergå till förnyelsebar energi istället för fossila bränslen.

Slutsatsen för arbetet är att vid energieffektivisering av Tofta Herrgård och liknande byggnadsminnen bör enkla åtgärder som inte kräver stora fysiska ingrepp genomföras i första hand. Om den energibesparing som de åtgärderna genererar inte är tillräcklig rekommenderas därefter isolering av vindsbjälklaget eller renovering av de befintliga fönstren och byte till lågemissionsglas i innerrutan. Det går dock inte att ge någon generell lösning som passar alla byggnadsminnen, utan varje byggnad kräver en egen undersökning och utredning.

7 Diskussion

Vi har under arbetets gång insett att vi har valt fel energibesparingsåtgärder i utgångsläget. Valet av åtgärder baserades på vanligt förekommande förslag från fackhandel och litteratur; att tilläggsisolera och byta fönster. Det vi då inte visste var att dessa åtgärder inte är anpassade för byggnadsminnen utan främst för nyare hus. Efter djupare litteraturstudier och intervju med en byggnadsantikvarie framkommer följande slutsats; varje byggnad är unik och kräver en egen utredning för att relevanta energibesparingsåtgärder ska kunna föreslås. Utgångspunkten bör dock alltid vara att välja åtgärder som inte kräver stora fysiska ingrepp i byggnaden. Vi har kort presenterat enklare lösningar i rapporten. Det skulle vara intressant att göra en vidare studie på de alternativa lösningarna, med beräkningar på faktisk energibesparing och kostnad för åtgärderna. En sådan studie skulle kunna ge bättre och rimligare svar på det här arbetets frågeställning och samtidigt motivera fastighetsägare att välja reversibla, enkla lösningar som inte kräver stora ingrepp i värdefulla byggnader.

Vad gäller beräkningarna i det här arbetet görs flera antaganden och förenklingar. Eftersom det ej varit möjligt att genomföra en grundlig utvärdering av byggnadens uppbyggnad och konstruktion, har ingående material, mått och sammansättning i de flesta fall baserats på liknande byggnaders struktur. Det ger en siffra på transmissionsförlusterna som inte helt överensstämmer med verkligheten. Storleken på transmissionsförlusterna är dock inte av största vikt eftersom vi tittar på hur mycket energibesparing varje åtgärd ger i jämförelse med utgångsläget. Resultatet ger då en tydlig antydning om var det är lämpligt att genomföra insatser. Transmissionsförlusternas riktighet påverkar inte heller arbetets slutsats.

I det här examensarbetet redovisas endast åtgärdernas energibesparing i kWh. Ingen hänsyn tas till kostnader. Eftersom det inte går att ge ett generaliserat åtgärdsförslag som passar för alla kulturhistoriska byggnader finns ingen mening med att beräkna kostnaderna för åtgärderna som föreslås i det här arbetet. Byggnaders olika grundförutsättningar leder till att samma åtgärd ger olika stora energibesparingar, och åtgärdernas installationskostnader varierar kraftigt med byggnadstypen, val av material, leverantör och utförande. En uppskattning av kostnaderna för de åtgärder som föreslås i det här arbetet skulle följaktligen bli så grov att den inte är intressant.

Utöver de åtgärder som undersökts i det här arbetet finns fler möjliga energibesparingsåtgärder för Tofta Herrgård och liknande byggnadsminnen. Det är dock inte möjligt att undersöka alla och vi har valt att avgränsa arbetet till tilläggsisolering, fönsterrenovering, fönsterbyte och värmeåtervinning. De alternativa åtgärder som beskrivs i arbetet blev vi informerade om i vår intervju. Vid ytterligare intervjuer med sakkunniga inom området hade dessa åtgärder kunnat bekräftas och/eller nya föreslagits och/eller avfärdats.

Vid val av åtgärder bör även byggnadens geografiska placering beaktas. Tofta Herrgård är placerad i Göteborgsregionen. Ett byggnadsminne placerad i norra eller södra Sverige kan ha helt andra förutsättningar vad gäller klimatet.

8 Referenser

- af Malmberg, A., Månsson, J. (2002) *Trähus – en handbok*. Stockholm: Prisma.
- Aspegren, A., Carlsson, B. (2008) Ytterdörrar testade. *Energimyndigheten*.
<http://www.energimyndigheten.se/sv/press/pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2008/Ytterdörrar-testade/> (2014-03-21).
- Blomqvist, C. (1980) *Tofta*. Göteborg: Göteborgs och Bohusläns hushållningssällskap.
- Bokalders, V. (2011) Isolering inte bara en värmefråga. *Byggnadsvårdsföreningen*.
<http://www.byggnadsvard.se/byggnadskultur/isolering/isolering-inte-bara-en-varmefraga> (2014-04-12).
- Boverket (2012) Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler – utgåva två. Boverket: Karlskrona.
- Fredlund, B. (1998) Lågemissionsglas och renovering förbättrar äldre fönsters värmeisolering. *Lunds universitet*.
<http://www.bkl.lth.se/fileadmin/byggnadskonstruktion/publications/TABK-3000/Report3055.pdf> (2014-03-20).
- Från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX-system) (2011)
<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/FTX-system/> (2014-05-15).
- Fönsterhistorik <http://www.stockholmslansmuseum.se/faktabanken/fonsterhistorik/> (2014-04-07).
- Gudmundsson, G. (2008) *Tips och råd om byggnadsvård*, ss.68. Albert Bonniers förlag.
- Gudmundsson, G. (2008) *Tips och råd om byggnadsvård*, ss.70. Albert Bonniers förlag.
- Hamrin, G. (1996) *Byggteknik Del B: Byggnadsfysik*, ss. 34. Göteborg: AMG Hamrin.
- Hansson, P. Energisnålt utan fönsterbyte. *Byggnadsvårdsföreningen*.
<http://www.byggnadsvard.se/byggnadskultur/f%C3%B6nster/energisn%C3%A5lt-utan-f%C3%B6nsterbyte> (2014-04-23).
- Hansson, P. (2011) Kan man behålla de gamla fönstren? I *Energiboken Energieffektivisering för småhusägare*, red. E. Löfgren, och P. Hansson, ss. 112-123
- Hermond, T. (1982) *Tofta Herrgård Kungälv's Kommun, Kulturhistorisk dokumentation inför byggnadsminnesförklaring nr.23*. Göteborg: Länsstyrelsen i Göteborg och Bohuslän.
- Hidemark, O., Stavenow-Hidemark, E., Söderström, G. och Unnerbäck, A. (1982) *Så renoveras torp och gårdar*, ss. 172. Västerås: ICA Bokförlag AB.
- Jarnerup Nilsson, L. (2011) *Fönster & dörrar på äldre hus*. Ica Bokförlag, Forma Books AB.

- Kampmann, T. Hvad koster et vindue?. *Bygningsbevaring*. <http://www.bygningsbevaring.dk/files/Vinduers%20totaløkonomi,%20GI%20artikel4.pdf> (2014-05-07).
- Kampmann, T. Vinduers samlede miljøbelastning. *Bygningsbevaring*. <http://www.bygningsbevaring.dk/files/Vinduers%20livscyklusanalyse,%20GI%20artikel,2.pdf> (2014-05-07).
- Lundh, M., Ståhl, F. och Ylmén, P. (2011) *Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader – en förstudie*, ss.41-42. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Lundh, M., Ståhl, F. och Ylmén, P. (2011) *Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader – en förstudie*, ss.23-31. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Lundstedt, S. (2005) Tilläggsisolera – men inte förmycket! *Byggnadsvårdsföreningen*. <http://www.byggnadsvard.se/byggnadskultur/isolering/tillaggsisolera-men-inte-for-mycket> (2014-04-12).
- Nilsson, S-Å. (2014) Karolinsk stil. I *Nationalencyklopedin*. http://www.ne.se/lang/karolinsk-stil?i_h_word=karoliner%20stil (2014-02-12).
- Ohlén, B. (2011) Energiförbättringar på direkten. I *Energiboken Energieffektivisering för småhusägare*, red. E. Löfgren, och P. Hansson, ss. 64-71
- Ohlén, B. (2005) Gamla fönster kan bli bättre än nya. *Byggnadsvårdsföreningen*. <http://www.byggnadsvard.se/f%C3%B6nster/gamla-f%C3%B6nster-kan-bli-b%C3%A4ttre-%C3%A4n-nya> (2014-04-23).
- Peterson, B-Å. (2009) *Tillämpad byggnadsfysik*, ss 475. Lund: Studentlitteratur.
- Peterson, B-Å. (2009) *Tillämpad byggnadsfysik*, ss. 200-202 Lund: Studentlitteratur.
- Peterson, B-Å. (2009) *Tillämpad byggnadsfysik*, ss. 493. Lund: Studentlitteratur.
- SFS 1988:950. *Kulturminneslagen*. Stockholm: Utbildningsdepartementet.
- Självdragssystem* <http://www.svenskventilation.se/?id=1255> (2014-05-15).
- Skellefteå museum. Utvändig tilläggsisolering. *Hålla hus: Västerbottens informationsportal för byggnadsvård, hushållning och samhällsutveckling*. <http://www.hallahus.se/renovera/stommen/isolering/tillaggsisolering-av-tak-och-vind/> (2014-04-25).
- Skellefteå museum. Utvändig tilläggsisolering. *Hålla hus: Västerbottens informationsportal för byggnadsvård, hushållning och samhällsutveckling*. <http://www.hallahus.se/renovera/stommen/isolering/utvandig-isolering/> (2014-04-23).
- Warfvinge, C., Dahlblom, M. (2010) *Projektering av VVS-installation*, ss 2:1. Lund: Studentlitteratur.
- Warfvinge, C., Dahlblom, M. (2010) *Projektering av VVS-installation*, ss 2:60. Lund: Studentlitteratur.

9 Bilagor

Bilaga 1 – Byggnadsminnesförklaring

LÄNSSTYRELSEN Göteborgs och Bohus län Planeringsavdelningen Länsantikvarien	Protokollsbilaga 7. BESLUT 1984-01-23	1 11.392-4403-02
---	---	-------------------------

STATENS HISTORISKA
MUSEER
60952 84-02-20
Ark.

Byggnadsminnesförklaring av Tofta herrgård, Lycke socken, Kungälv kommun

I skrivelse den 20 december 1982 väckte länsantikvarien fråga om byggnadsminnesförklaring av rubricerade byggnader. I skrivelse den 25 februari 1983 har länsantikvarieämbetet tillstyrkt såväl byggnadsminnesförklaring som förslag till skyddsföreskrifter. Bohusläns Museum har den 18 februari 1983 tillstyrkt en byggnadsminnesförklaring. Kulturmånden och byggnadsnämnden i Kungälv kommun har vid sammanträde den 23 mars respektive den 17 november 1983 beslutat tillstyrka en byggnadsminnesförklaring. Ni har i skrivelse den 14 april 1983 förklarat Er godkänna en byggnadsminnesförklaring med de skyddsföreskrifter som föreslagits.

Tofta har varit bebott åtminstone sedan 1400-talet. När nuvarande byggnader började uppföras är något oklart. Flygelbyggnaderna började troligen att uppföras av den blivande översten Barthold Schmoll som ägde Tofta 1703-1709.

Huvudbyggnadens mellersta del tillkom troligtvis i början på 1700-talet. När Eric Adolf Hallin övertog Tofta år 1902 började en omfattande till- och ombyggnad av corps-de-logiet. Även flygelbyggnaderna renoverades, men betydligt varsammare. Inredning och tillbyggnader är tidstypisk för tidigt 1900-tal i en blandning av jugend- och nationalromantisk stil. Den östra flygelbyggnaden fick dock behålla sin tidiga 1700-talsprägel.

Trädgården, som anlades redan på mitten av 1800-talet var från början av fransk typ med gräsmattor och rabatter i geometriska former. Under Eric Hallins tid planerades den om och övergick mer i engelsk parkstil med terrasserings och trappor.

Ekonomibyggnaderna har också blivit uppförda under olika tidsperioder. Några äldre som t ex magasin är troligen från slutet av 1700-talet.

Tofta tillhör den typ av gods, som utvecklades under 17- och 1800-talen i Bohuslän under de stora sillfiskeperioderna.

Länstyrelsen förklarar med stöd av 1 § lagen om byggnadsminnen (1960:690) byggnaderna på Tofta herrgård för byggnadsminne.

Postadress 403 40 GÖTEBORG	Gatuadress L. Bodhungen 2:4	Telefon 031 - 60 50 00
		Postgiro 3 51 84-1

Länsstyrelsen meddelar enligt 2 § samma lag följande skyddsföreskrifter.

- 1 Byggnaderna 1- 10, på bifogad karta (bilaga 1), får ej rivas, flyttas eller till sitt yttre byggas om eller på annat sätt förändras.
- 2 I byggnaderna 1 - 3 och 10 får inte sådana åtgärder vidtagas som medför ingrepp i befintlig rumsindelning eller stomme. I de rum som kryssmarkerats på bilagda planritningar (bil 2-4) får åtgärder inte vidtagas som innebär ingrepp i fast inredning.
- 3 Byggnaderna skall underhållas så att de inte förfaller. Vård- och underhållsarbeten skall utföras på ett sådant sätt att det kulturhistoriska värdet inte minskar.
- 4 Det område kring byggnaderna som avgränsats med streckad linje på bifogad karta skall hållas i sådant skick att byggnadernas utseende och karaktär inte förverkas.

Länsstyrelsen lämnar råd i fråga om underhållet av byggnaderna och värden av det kringliggande området.

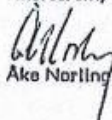
Om ändring av byggnadsminnet i strid mot meddelade skyddsföreskrifter finnes nödvändiga för att byggnaderna skall vara till nytta eller om sådan ändring eljest kan anses påkallad av särskilda skäl, får länsstyrelsen enligt 3 § lagen om byggnadsminnen meddela tillstånd hertill.

Enligt 14 § tredje stycket lagen om byggnadsminnen gäller detta beslut omedelbart, även om det överklagas.

Detta beslut kan överklagas hos kammarrätten i Göteborg inom tre veckor, se bilaga (formulär 1).

Beslut i detta ärende har fattats av länsstyrelsens styrelse. I beslutet deltog landshövdingen Åke Norling, ledamöterna Göran Axell, Lars-Åke Skager, Erling Sundwall, Gösta Björck, Bengt-Olof Thylén, Sven Lignell, Siv Falkensson, Ingemar Svensson, Rune Thorén, Stig Grauers, Kjell A Mattsson, Verna Rydén, Elov Karlsson samt tjänstgörande suppleenten Kurt Axelsson.

I den slutliga handläggningen har även deltagit länsrådet Ulf Thuresson, förste länsassessorn Carl-Otto Lindberg, byrådirektören Ingvar Gustavsson, byrådirektören Carl-Axel Jansson och tf länsantikvarien Bo Åkerström, den sistnämnde föredragande.


Åke Norling

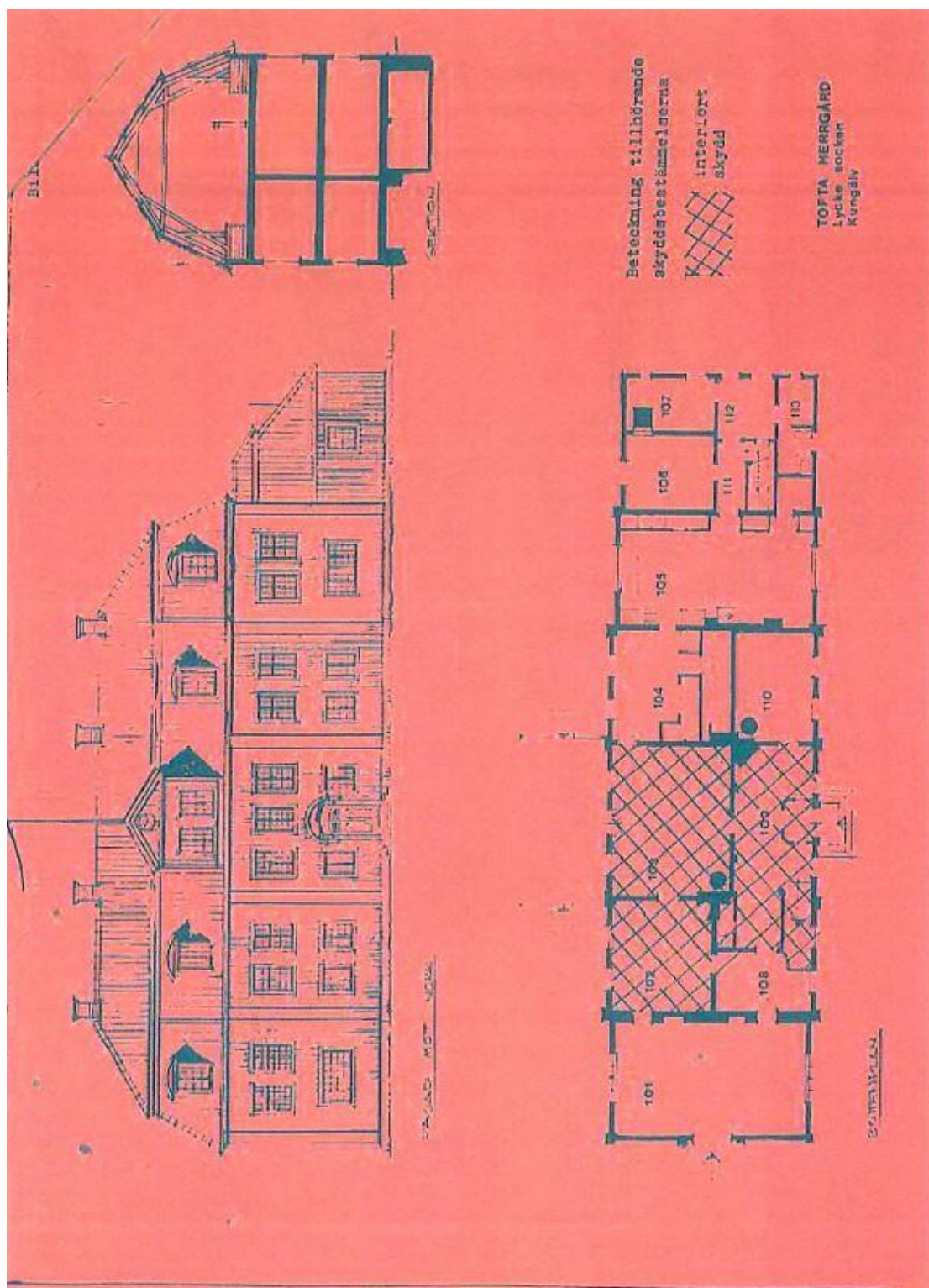

Bo Åkerström

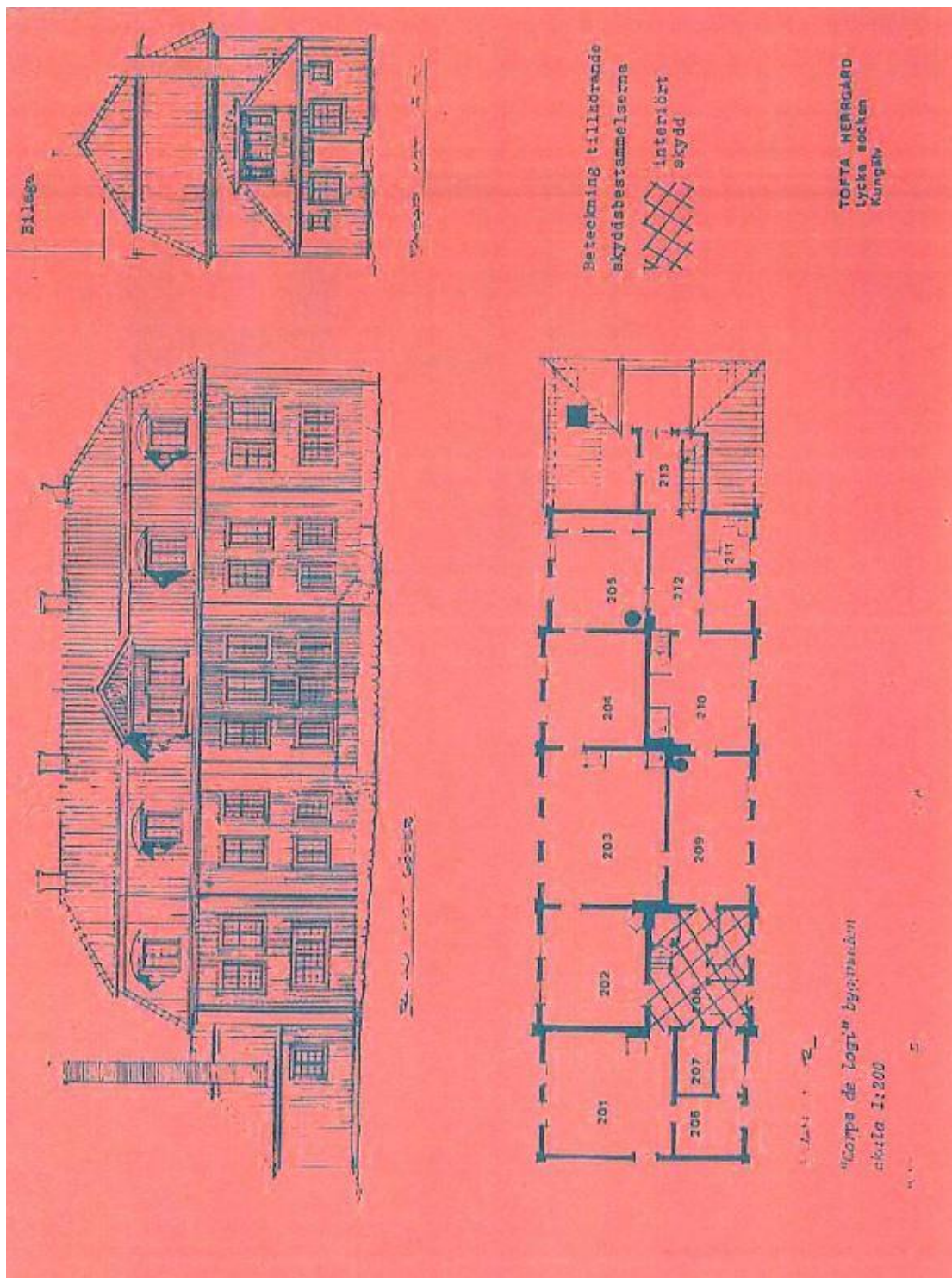
Bilagor

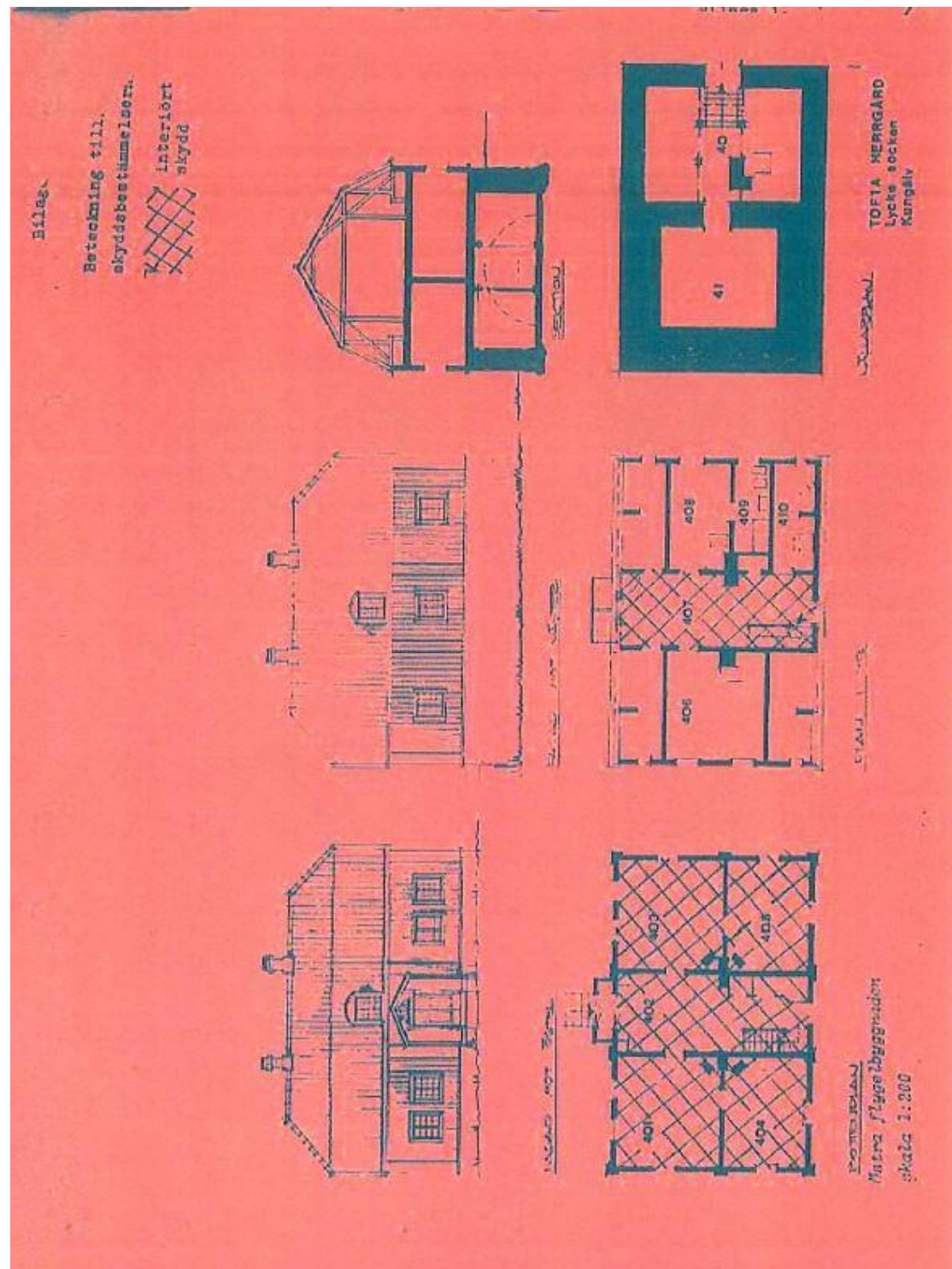
Situationsplan, bil 1
Planritningar, bil 2-4
Rapport, bil 5
Besvärshänvisning, bil 6

Exp v g v

Bilaga 2 – Sektionsritningar







Bilaga 3 – CEN standardiseringsverktyg



CEN/TC 346/WG 8
CEN/TC 346/WG 8 - Energy efficiency of historic buildings
Email of secretary: rd@standard.no
Secretariat: SN (Norway)

WD 2013-10-30 Improving energy performance of historically, architecturally or culturally buildings

Document type: Working draft

Date of document: 2013-10-30

Expected action: COMM

Action due date: 2013-03-01

No. of pages: 19

Background: To the members of CEN/TC 346/WG8 Energy efficiency of historic buildings

The attached draft is now revised after the meeting in Bolzano and after input from members of WG 8. We decided at the meeting in Bolzano that it was time to let the mirror groups in our respective countries look into and comment the draft. The mirror groups or delegates to WG 8 are urged to send comments on the draft using the CEN template for comments by 1 March 2014. The comments will be compiled and discussed at the next meeting of WG 8 on 8 April 2014 in Dublin. It is important to communicate to mirror groups that this is an early working draft, not a completed proposal from WG8. There are great opportunities to make large and small changes. It is also important to make the mirror committees aware of the fact that the last three chapters (11 Implementation, 12. Documentation and 13 Post occupancy evaluations) not have been subject to thorough preparation. At our meeting in Bolzano we discussed whether we should take these chapters into the standard or not. We did not reach a decision, and decided to ask the mirror groups for their opinions. These chapters can be very extensive; they can almost be subject to own standards. What we have done now is to post short texts that provide a few guidelines for those parts of the process. It is important to have feedback from the mirror groups on whether the chapters should be included or not. If they should be included, are we on the right path as the texts are formulated now?

Committee URL: <http://cen.iso.org/livelink/livelink/open/cen346wg8>

CEN/TC 346

Date: 2013-10

TC 346 WI WD1

CEN/TC 346

Secretariat: UNI

Conservation of cultural heritage — Guidelines for improving energy performance of historically, architecturally or culturally buildings

Einführendes Element — Haupt-Element — Ergänzendes Element

Élément introductif — Élément central — Élément complémentaire

ICS:

Descriptors:

Document type: European Standard
Document subtype:
Document stage: Working Document
Document language: E

D:\ISO\isomacroserver-prod\temp\DOCX2PDF\ISOTC\DOCX2PDF\ISOTC.IIadmin@SRVWEB32_437\4294634_1.doc STD Version 2.5a

Contents

	Page
Foreword.....	3
Introduction	3
1 Scope	3
2 Normative references	3
3 Terms and definitions	4
3.1 Terms relating to buildings.....	4
3.2 Terms relating to conservation	5
3.2.1 Terms relating to condition (in conservation)	5
3.2.2 Terms relating to conservation actions	5
3.3 Terms relating to cultural heritage.....	6
3.4 Terms relating to planning and documentation (in conservation)	7
3.5 Terms relating to energy.....	8
3.6 Terms relating to energy performance.....	8
4 General recommendations	9
4.1 Qualification requirements	9
4.2 Principles of building conservation and sustainable building management.....	9
5 A procedural standard	10
6 Initiating the planning process.....	11
7 Identify the objectives for an upgrade or refurbishment.....	11
8 Building survey and assessment.....	12
8.1 Introduction.....	12
8.2 General building information.....	12
8.3 Recording cultural heritage values and conservation restrictions	13
8.4 Assessment of the past and present use and the intended future use of the building	13
8.5 Mapping of the building's technical structure and condition	13
8.6 Energy assessment	14
8.7 Indoor environmental assessment	14
9 Decide if energy improvements are needed	15
10 Assessment of possible measures	15
11 Selection of measures.....	16
11.1 General.....	16
11.2 Selection of packages	17
11.3 Assessment in relation to objectives	17
11.4 Proposed measures	17
12 Implementation	17
13 Documentation	17
14 Post occupancy evaluation	18
Bibliography.....	19

Foreword

This document (TC 346 WI WD1) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 346 "Conservation of cultural heritage", the secretariat of which is held by UNI.

This document is a working document.

Introduction

The European stock of existing buildings represents a great cultural and material resource. Due to climate change and resulting political pressures, the need to reduce the greenhouse gas emissions associated with the energy use in buildings is growing. A challenge for the future is to achieve this without unacceptable effects on cultural, historical or architectural values of the existing historic and/or traditional built environment. This distinguishes working with such buildings from the building stock in general. Therefore appropriate methods and procedures are needed to improve energy performance in these buildings.

This standard aims at facilitating the sustainable management of these historically, architecturally or culturally buildings by integrating measures for energy performance and reduction of greenhouse gas emission with the proper conservation of the buildings or monuments. Generally the guidelines will be applicable to a wide range of existing buildings where special considerations are needed in order to find a sustainable balance between energy performance and building conservation.

This standard is meant to be used by building owners, authorities and professionals involved in conserving historically architecturally and culturally valuable buildings.

1 Scope

This European standard provides guidelines for improving the energy performance of historically architecturally or culturally valuable buildings while preserving their inherent heritage values; its use is not limited to buildings with statutory protection. It covers the whole range of building types and building ages.

This standard presents a normative working procedure for planning and selection of measures based on an in depth examination and documentation of the building. It outlines procedures to assess the impact of those measures in relation to preserving the architectural, cultural and historic values of the building, this includes taking into account risks and consequences of energy refurbishments and upgrades.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN 16096, *Conservation of cultural property – Condition survey and report of built cultural heritage*

EN 15603, *Energy performance of buildings –Overall energy use and definition of energy ratings*

EN 15898, *Conservation of cultural property – Main general terms and definitions*

EN 15217, *Energy performance of buildings – Methods for expressing performance and for the energy certification of buildings*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1 Terms relating to buildings

3.1.1

building

construction as a whole, including its *[building] envelope* and all *technical building systems*, for which energy is used to condition the indoor climate, to provide domestic hot water and illumination and other services related to the use of the building

Note 1 to entry: Term can refer to the building as a whole or to parts thereof that have been designed or altered to be used separately

[SOURCE: EN15603:2008, 3.1.1]

3.1.2

building envelope

boundary or barrier separating the internal volume subject to the test from the outside *environment* or another part of the *building*

[SOURCE EN15643-1:2010, 3.1.X]

3.1.3

building services

services provided by the technical building systems and by appliances to provide the indoor climate conditions, illumination and other services related to the use of the building

[SOURCE: EN15603:2008, 3.1.4]

3.1.4

refurbishment

modification and improvements to an existing *building* in order to bring it up to an acceptable *condition*

[SOURCE: EN15643-1:2010, 3.1.X]

3.1.5

sustainability

ability of a system to be maintained for the present and future generations

Note 1 to entry: In this context "system" comprises environmental, social and economic aspects.

[SOURCE: EN15643-1:2010, 3.X.X]

3.1.6

technical building system

technical equipment for heating, cooling, ventilation, domestic hot water, lighting and electricity production

[SOURCE: EN 15603:2008, 3.1.4]

3.2 Terms relating to conservation

3.2.1 Terms relating to condition (in conservation)

3.2.1.1

condition

physical state of an object at a particular time

Note 1 to entry: Assessment of the state of an object depends on the *context* and thus on the reason why the assessment is being made.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.2.1]

3.2.1.2

damage

alteration that reduced *significance* or stability

Note 1 to entry: Stability can be physical, chemical, biological, etc.

Note 2 to entry: Although damage has negative connotations, it may sometimes be viewed as broadening significance.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.2.7]

3.2.1.3

environment

surroundings of an *object*, some aspects of which may affect its condition

[SOURCE: EN15898:2011, 3.2.2]

3.2.1.4

integrity

extent of physical or conceptual wholeness of an *object*

[SOURCE: EN15898:2011, 3.2.3]

3.2.2 Terms relating to conservation actions

3.2.2.1

conservation, conservation-restoration

measures and actions aimed at safeguarding *cultural heritage* while respecting its *significance*, including its accessibility to present and future generations

Note 1 to entry: Conservation includes *preventive conservation*, *remedial conservation* and *restoration* (see [20]).

Note 2 to entry: The term "conservation-restoration" is mainly used in the field of movable cultural heritage.

Note 3 to entry: The term "preservation" is also used, e.g. in libraries and archives.

Note 4 to entry: All conservation actions are based on documentary and/or material evidence (see [9]).

[SOURCE: EN15898:2011, 3.3.1]

3.2.2.2

maintenance

periodic preventive conservation actions aimed at sustaining an object in an appropriate condition to retain its significance

EXAMPLE Cleaning guttering, oiling working machinery, dusting furniture, etc.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.4.1]

3.2.2.3

monitoring

process of measuring, surveying and assessing the material properties of *objects* and/or factors of the *environment* over time

[SOURCE: EN15898:2011, 3.4.1]

3.2.2.4

repair

actions applied to an *object* or part of it to recover its functionality and/or its appearance

Note 1 to entry: Repair is a *restoration* action only if it respects *significance* and is based on evidence.

Note 2 to entry: Repair is generally viewed as a *remedial conservation* activity in the field of immovable *cultural heritage*.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.5.10]

3.2.2.5

reversibility

extent to which a *treatment* can be undone without *damage* to the *object*

[EN15898:2011, 3.3.2]

3.2.2.6

risk assessment

identification, analysis and evaluation of threats that might alter *significance*, and the probability of their occurrence

Note to entry 1: Risk assessment is part of the overall process of "risk management" [ISO/IEC Guide 73:2002, 3.1.7 [49]].

[SOURCE: EN15898:2011, 3.4.5]

3.3 Terms relating to cultural heritage

3.3.1

authenticity

extent to which the identity of an *object* matches the one ascribed to it

NOTE to entry 1: The concept of authenticity should not be confused with the concept of originality.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.1.7]

3.3.2

context

past, present and future circumstances affecting *significance*

Note to entry 1: Context refers to the circumstances, tangible and intangible, in which an *object* is created, built, used, worshipped, found, excavated, kept, presented, etc.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.1.8]

3.3.3

cultural heritage

tangible and intangible entities of *significance* to present and future generations

[SOURCE: EN15898:2011, 3.1.1]

3.3.4

durability

ability to resist the effects of wear and tear in performance situations

Note to entry 1: Durability should not be confused with "permanence" for which see EN ISO 9706.

[SOURCE: ISO 11798:1999; and EN15898:2011, 3.1.1]

3.3.5

object

single manifestation of tangible cultural heritage

Note to entry 1: The term "object" is used in this standard for *cultural heritage*, both moveable and immovable, in specific professional contexts, other terms are used: e.g. "artefact", "cultural property", "item", "ensemble", "site", "building", "fabric".

[SOURCE: EN15898:2011, 3.1.3]

3.3.6

significance

combination of all the *values* assigned to an *object*

[SOURCE: EN15898:2011, 3.1.6]

3.3.7

value

aspect of importance that individuals or society assign(s) to an *object*

Note to entry 1: Values can be of different types, for example: artistic, symbolic, historical, social, economic, scientific, technological, etc.

Note to entry 2: The assigned value can change according to circumstance, e.g. how the judgement is made, the *context* and the moment in time. Value should always be indicated by its qualifying type.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.1.5]

3.4 Terms relating to planning and documentation (in conservation)

3.4.1

condition survey

inspection to assess *condition*

[SOURCE: EN15898:2011, 3.6.4]

3.4.2

documentation

recorded information created, collected, held and maintained for the purpose of present and future *conservation* and for reference

EXAMPLE X-radiographs, drawings, photographs, written reports, computer files, photogrammetry, laser-scanning, etc.

Note to entry 1: This term also refers to the process itself.

[SOURCE: EN15898:2011, 3.6.8]

3.5 Terms relating to energy

3.5.1

energy

capacity of a system to produce activity

Note to entry 1: Commonly, the term energy is used for electricity, fuel, steam, heat, compressed air and other like media.

[SOURCE: 986 World Energy Conference Terminology glossary (ISBN 0-08-034071-7) modified, ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.1.1]

3.5.2

energy consumption

quantity of energy applied

[SOURCE: ISO 50001:2011, 3.7; ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.1.15]

3.5.3

energy source

material, natural resource or technical system from which *energy* can be extracted or recovered either directly or by means of *energy conversion*

[SOURCE: CEN-CL TR 16103:2010, 4.1.2 modified ...; ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.1.4]

3.5.4

energy use

manner or kind of application of energy

Note to entry 1: Characteristics of energy use include, but are not limited to, the purpose of the use, source(s) choice and application.

[SOURCE: ISO 50001:2011, 3.18, modified ...; ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.1.14]

3.5.5

renewable energy

energy from a renewable energy source

3.5.6

renewable energy source

energy source not depleted by extraction and naturally replenished at a rate faster than it is extracted

Note to entry 1: Renewable energy source excludes recovered or wasted energy.

Note to entry 2: Organic fraction of municipal waste may be considered as a renewable energy source.

Note to entry 3: Whether the *energy* stored in a technical system is renewable or not depends upon the nature of the original energy source.

[SOURCE: CEN-CLC TR 16103:2010 modified, ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.1.4.1]

3.6 Terms relating to energy performance

3.6.1

energy performance

measurable results related to energy efficiency, energy use and energy consumption

[SOURCE: ISO 50001:2011, 3.12, modified, ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.3.1]

3.6.2

energy savings

reduction of *energy consumption* following implementation of an end-use action intended to improve *energy performance*

Note to entry 1: The reduction is obtained by comparison against the baseline taking into account all adjustment factors.

Note to entry 2: If the implementation of an action results in an increase in energy consumption, then the savings will be negative.

[SOURCE: ISO/IEC DIS 13273-1:2013, 3.3.11]

4 General recommendations

4.1 Qualification requirements

The refurbishment process should be carried out by a multidisciplinary team in close consultation with the owners, users of the building and heritage authorities if required. The team should include relevant practical and theoretical expertise and qualifications in the following areas (no order of priority):

- Project management;
- History of buildings;
- Conservation of buildings and interiors;
- Energy performance assessment;
- Technical systems;
- Building physics;
- Comfort and indoor air quality;
- Architecture;
- Structural engineering;
- Other statutory requirements such as fire safety, and access.

The project team has to be scaled to suit the complexity and size of the project. In small projects, a small team would have to cover the range of expertise needed. National standards, requirements and practice shall be followed when selecting the team.

4.2 Principles of building conservation and sustainable building management

In accordance with building conservation principles, any change to a historically, architecturally or culturally valuable building should be undertaken in ways that will best sustain its heritage values, while recognising opportunities to reveal or reinforce those values for present and future generations. Conservation should be based on a respect for the existing fabric, use, associations and meanings. This requires a cautious approach, changing as much as necessary but as little as possible.

An understanding of the authenticity, integrity and significance of a building, should support any plan of work. That understanding should then provide the basis for developing and implementing management strategies that will best sustain the heritage values of the place in its setting. Building conservation principles are outlined in international charters and national guidelines [Editorial note: Add references]

Energy performance shall be seen in the broader context of the sustainable management of buildings. A fundamental consideration when taking a decision on energy measures should be whether they will facilitate the sustainable management of the building, taking into account long-term use and conservation. This requires balancing four dimensions of sustainability:

TC 346 WI WD1:2013 (E)

- Environmental sustainability: Resources used in the construction of the building, operational energy use, maintenance and other on-going processes that have a carbon footprint;
- Economic sustainability: Operating costs, revenues and market value of the building;
- Social sustainability: Functional values and contribution of the building or complex to the amenity of the local area;
- Cultural sustainability: Documentary and experiential values.

To be truly sustainable in the management of buildings, all four dimensions shall be taken into account and an appropriate balance sought between them, understanding that they are complimentary and mutually dependent rather than isolated quantities.

The whole-life energy costs should be considered. Sustaining heritage values by respecting the existing materials and techniques contributes to environmental sustainability. The removal and replacement of material requires reinvestment of energy and resources.

5 A procedural standard

This standard is procedural rather than defining general solutions, it seeks to show a systematic approach to facilitate the best decision in each individual case. There is no single solution that is optimal for all kinds of buildings. The procedure provided in this standard, can be used to identify solutions that match the requirements for the building in question. This is a step by step process with some iterations, as indicated by the flow chart in Figure 1.

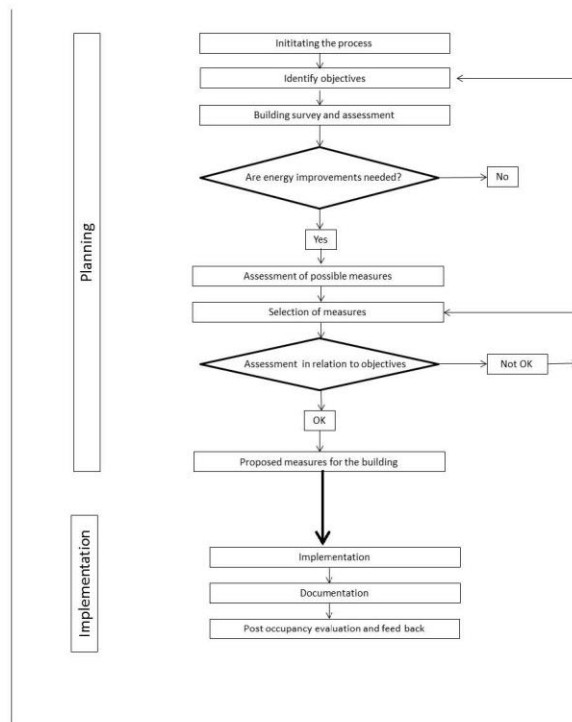


Figure 1 — Flow chart showing the proposed standard

6 Initiating the planning process

The assessment process should be commenced with a clear brief or instruction from the client or owner of the building to the lead professional outlining what the desired end state of the building refurbishment is to be. The project leader will need to assemble the project team to a scale and depth of knowledge depending on the size and complexity of the building. Clear lines of responsibility should be established early on identifying who is responsible for what part of the assessment process, and how the different strands of information are assembled, presented, and analysed. A site visit will invariably be required with follow up meetings to refine the various inputs. The progression of the decision making progress should be documented with the appropriate level of client involvement. While early dialogue with heritage or planning bodies will be needed, plans presented should be reasonably formed to allow proper consideration of proposed changes and the details that such changes will comprise. The co-ordination of the various consultants and other experts that may be required therefore may take some time and such a sizable lead in time should be clearly identified for the options assessment and project planning stages.

7 Identify the objectives for an upgrade or refurbishment

At the beginning of the process, the objectives for an upgrade or refurbishment shall be clearly defined. However in the case of historic building it will be wrong to define a specific standard or label as an objective. Any changes or measures for improved energy performance shall be related to a long-term management strategy for the whole building. The process towards improved energy performance can be initiated by factors that are not directly related to energy performance, for example a general need for maintenance and repair.

TC 346 WI WD1:2013 (E)

Energy measures should be coordinated with an ongoing maintenance and repair schedule. Projects driven only by technical solutions or national subsidies that seek to reduce operational energy use alone should generally be avoided.

For many buildings, the general intention is to achieve the best possible energy performance while respecting the cultural heritage values. However it is essential for the process that the long-term objectives for the management and conservation of the building shall be clearly defined. This would involve specifying targets in the following areas:

- Preservation of heritage values;
- Use of the building;
- Energy performance;
- Economics;
- Indoor climate and air quality;
- Conservation of the building fabric;
- Sustainability in general.

The priority, or weight, of each target should be considered and defined as far as possible.

8 Building survey and assessment

8.1 Introduction

The building survey and assessment is meant to provide the necessary information about the building in order to make an informed decision on any energy upgrade measures. The building survey and assessment includes general information about the building, mapping of cultural heritage values and conservation restrictions, assessment of the use of the building, mapping of the building's technical structure and condition, energy assessment, indoor environmental assessment and outdoor climate.

The assessment shall be carried out in agreement with EN 16096.

8.2 General building information

The general building information shall include general information about the building such as:

- Building identification;
- Heritage protection information;
- Legislative information;
- Statements of significance;
- Planning information etc.

[Editorial note: A standard form may be provided as an annex]

8.3 Recording cultural heritage values and conservation restrictions

This mapping should cover all parts of the building and be based on the history of the building, assessment and restrictions from cultural heritage authorities as well as the owner's aspirations for conservation. The following areas should be covered:

- The history and development of the building. This might include sequential development of form, plan and evolving use or function;
- Development of building services, construction details and building elements descriptions and finishes etc.;
- Archaeological deposits should be considered when relevant;
- The architectural, cultural, and historic significance of the building and its components also in relation to the setting. [Editorial note: More information may be added in an annex];
- Vulnerability to change;
- Opportunity or potential for the reinstatement of lost elements of cultural value (e.g. restore original window form);
- Conservation priorities or restrictions on behalf of the cultural heritage authorities;
- Conservation priorities or restrictions on behalf of the owner;

The methods of recording and type of documentation produced should be appropriate and proportionate to the nature of the heritage asset and the purpose of the recording.

8.4 Assessment of the past and present use and the intended future use of the building

Defining the proper use in relation to the building's potential and limitations is a key factor to maintain a building's cultural and physical values. This requires the description and assessment of:

- The historic and original use of the building;
- The present use of the building;
- The intended, or planned, future use of the building.

The future use of the building shall be considered critically to determine if and how the building can meet modern needs and demands without essentially affecting the historical, architectural or cultural values. The desire to raise standards or to achieve compliance with regulatory requirements may involve such changes to the building that optional scenarios for the future use should be considered.

8.5 Mapping of the building's technical structure and condition

Mapping of the building's technical structure and condition comprises:

- a) A short general description of architectural and structural type;
- b) A condition survey of all components with short descriptions (construction, dimensions, constituent materials and finishes). The main focus should be on the components that are relevant for energy performance and other aims of the project. Suggested relevant components are listed in appendix; [Editorial note: The annex will be added later]
- c) Information about local environment, climatic and topographic conditions of the area, physical interactions with adjacent objects (buildings) and other external influences.

The mapping should be in compliance with CEN EN 16096 Condition survey and report of built cultural heritage.

8.6 Energy assessment

The assessment of the current energy use provides one necessary baseline for identifying the need of intervention.

Where the building is actually in use, the first step is the analysis of **measured actual energy use** as described in EN 15603, which gives also guidance on assessment period, monitoring and measurement with regard to different energy carriers as well as correction for weather. Together with the information from mapping the building's technical structure and condition, this will allow to identify strong and weak points.

The **calculated tailored energy rating** as defined in EN 15603 is needed, if one or more of the following apply:

- The building is not in use and therefore no measured energy use can be determined;
- The measured energy rating reveals weaknesses – and possible measures will have to be identified and assessed with regard to their effectiveness;
- The use of the building changes – in which case the measured energy rating will no longer be valid.

A tailored energy rating differs from a standard energy rating in terms of input data for use and climate and is recommended specifically for the purpose of optimization and retrofit planning, since the effectiveness of any improvement measure depends on how the building is actually used. For historic buildings, this leaves margin to consider historical use and decide for non-standard conditions such as e.g. lower indoor temperature, seasonal use and conservation heating.

As regards the calculation of heating and cooling demand according to EN 13790, it is recommended to use at least a monthly, or better, an hourly calculation approach. Special attention should be given to the collection of input data, since standard input data for calculation models are usually provided not taking into account the specific conditions in historic buildings. To increase the confidence level of the calculated model the use of a validated building calculation model is recommended.

National procedures for energy certification are based on EN 15603. Even if decisions on national level do not require the detailed approaches described above they are anyway recommended – application of EN 15603 guarantees conceptual consistency with simplified approaches. The standard energy rating can be determined from the validated model above in a second step.

8.7 Indoor environmental assessment

Maintaining an acceptable indoor climate, air quality (IAQ) and comfort, is the principal objective of most building envelopes. Environmental targets have to be determined on the basis of criteria for human comfort as well as the conservation of moveable and immoveable materials. The limits of tolerance have to be compatible and acceptable for both. The conditions of human thermal, acoustic and visual comfort and materials conservations conditions for materials and have been specified in standards and other literature. [Editorial note: References to be added].

The present indoor climate should be documented through measurements using non-destructive methods and appropriate instruments. These measurements will be able to identify also the causes of the alteration of the indoor environment. This way, it is possible to give useful advice for the improvement of the existing environmental conditions and the achievement of the desired conditions. A complete analysis aimed at achieving a diagnosis for the evaluation of the environment has to be planned and carried out for at least one year to cover the different seasons, uses and needs.

[Editorial note: References to be added].

9 Decide if energy improvements are needed

This standard does not presuppose that there is a need for energy improvements in all historic buildings. The difference between the targets and the present performance of the building define the need for an intervention. In this stage of the process a decision should be made whether the building needs any kind of upgrade or refurbishment.

10 Assessment of possible measures

For a specific building in a certain area, the user of the standard shall make a detailed assessment of possible measures. The assessment can be applied to parts of the building as well as the whole building. The proposed method is a risk-benefit analysis to identify the best solutions and eliminate the inappropriate ones. The assessment should be carried out by a multidisciplinary team, see 4.1 Qualification requirements. The assessment should include the following categories:

- **Energy saving:** See 7.5 Energy assessment. It should be calculated both on an annual and on a life cycle basis.
- **Reduction of CO₂ emissions:** Can be calculated from the energy saving and change of energy sources
- **Renewable energy (RES):** The change in the fraction of energy supplied that comes from renewable energy sources (%)
- **Economic return:** A key number to describe the economic outcome in relation to the cost of the measure. It should be calculated both on an annual and on a life cycle basis.
- **Savings cost:** A key number that describes the cost per saved kWh.
- **Impact on historical, architectural and cultural values:** An assessment of the impact of a proposed measure on the values of the building. See 4.2 Principles of building conservation and sustainable building management.
- **Resource use:** Use of energy and other resources to produce and/or install the measure.
- **Indoor climate:** Effect on the indoor climate.
- **Damage risks:** The risk for physical or moisture related damages due to the proposed measure.
- **Durability:** The durability or expected life time of the measure.
- **Aspects of use:** How is the use of the building affected?
- **Reversibility:** To what extent is the proposed measure reversible?

For each measure and each part of the building an assessment is made using a scale in five levels: high risk/low risk/neutral/low benefit/high benefit. The results are summarised in a table where also values and text can be inserted, see Table 1.

Table 1 — A table for a summary of assessments of possible measures in relation to a specific building. The table includes two generic examples to illustrate how the table and scale can be used.

Assessment scale				
High risk	Low risk	Neutral	Low Benefit	High Benefit

Assessment category	Measure no 1	Measure no 2	Measure no 3	etc.
Energy saving	x kWh/year	x kWh/year		
Reduction of CO ₂ emissions	x kg/year	x kg/year		
Renewable energy	x %	No change		
Economic return	Payback: x years	High investment		
Savings cost	X Euro/kWh	X Euro/kWh		
Impact on historical, architectural and cultural values	No impact	Visual impact		
Resource use				
Indoor climate	Improved comfort	No change		
Damage risks	No risk	Moisture problems		
Durability	X years	X years		
Aspects of use	No change	No change		
Reversibility	Yes	No		
Summary assessment:	Low risk, high benefit	Low benefit, high risk		

11 Selection of measures

11.1 General

The general assessment in clause 10 will identify the best measures and eliminate the unacceptable ones. The purpose of this step in the process is to put together packages of solutions and evaluate them with respect to the targets given in clause 7.

This clause provides an iterative procedure, see Figure 1, which should be carried out by a multidisciplinary team, see 4.4 Qualification requirements.

11.2 Selection of packages

As described in EN 15603, some measures may interact and the effect of individual measures cannot simply be added. Therefore combined measures shall be assessed as one package. The energy assessment should be made on a tailored or even better the validated model, since the actual effectiveness of measures depends on how the building is actually used. The same is true for other aspects than energy as for instance the assessment of damage risk;

- Make a short list in order of priority for the measures with high benefit and low risk;
- Put together a package of the best measures from the short list.

11.3 Assessment in relation to objectives

- Assess the package of measures in relation to the targets defined in Clause 7;
- If the result is not in agreement with the targets, revise the package;
- If you still cannot get agreement consider revising the targets.

11.4 Proposed measures

If the package of measures is in agreement with the targets, then this is the proposed solution.

12 Implementation

With a clear plan for improvement and refurbishment developed, and the required permissions obtained, the lead designer will need to oversee and manage the site works in accordance with the cost scheme. Following site establishment by the contractor, and full possession of the site by the project team, a further investigation of the building will be needed. This might include more in depth investigations to confirm building element details and resolve any outstanding questions. The process of down-takings during the early part of the programme may also reveal previously unknown features or elements of disrepair.

The possible presence of legacy hazardous material will need to be ascertained, and the construction programme adjusted accordingly. This may also oblige the reworking of certain details or measures. Depending on the level of heritage significance there may be visits from third parties such as heritage or planning officers. Having had full access to the building and the feasibility of the measures confirmed, procurement of materials and the installation may then commence. During site works an appropriate degree of oversight will be required by the Lead Designer or a nominated representative. Changes required to designs or interventions due to unforeseen site conditions shall be checked against the original specification or client requirement.

13 Documentation

The documentation shall include all relevant information to the client, the building user and public authorities. Such a resource is not just required for the current generation of owners and users, but for subsequent stakeholders in the structure.

The decisions made in the planning process shall be documented and motivated. All measures shall be fully documented including records on systems installed, how they are used and maintained, as well as records of the interventions carried out on the fabric. Such records required might include:

- Decisions leading to the implemented measures;
- Certification and commissioning certificates of plant and equipment;
- Manuals for equipment and fittings;

TC 346 WI WD1:2013 (E)

- Copies of Planning Permission and Historic Building Consents;
- Building Code or Building Warrant approval;
- Drawings showing interventions and measures;
- Manufacturer's guarantees and data sheets;
- Building fabric maintenance handbook.

14 Post occupancy evaluation

The implemented measures shall be evaluated to ensure that the objectives have been met and the desired effects have been achieved. This evaluation essentially involves the same categories as described in Clause 10. The extent and depth of the evaluation shall be determined in each case by an independent group of qualified experts. A first evaluation, with focus on functionality and tuning, shall take place early on after installation. A second evaluation shall follow within one to three years thereafter.

Bibliography

- [1] VDI 3817: Denkmalwerte Gebäude, Technische Gebäudeausrüstung - Listed buildings, Building services. VDI-RICHTLINIEN, VDI-Gesellschaft, Technische Gebäudeausrüstung. Oktober 2000
- [2] ASHRAE Handbook Fundamentals, 1997.
- [3] ASHRAE 55-2004R, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2004, Atlanta, GA.
- [4] CEN 1995, Moderate thermal environments. Determination of the PMV and PPD indices and specification of their conditions for thermal comfort. European Committee for standardization, Brussels, Belgium.
- [5] Bundesamt für Energie, Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege: Energie und Baudenkmal“, Bern 2009.
- [6] English Heritage, 2012: Energy Efficiency and Historic Buildings
- [7] English Heritage, 2008: Energy conservation in traditional buildings
- [8] English Heritage, 2008: Conservation Principles, Policies and Guidance
- [9] Changeworks, 2008: Energy Heritage: A guide to improving energy efficiency in traditional and historic homes
- [10] Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council on the energy performance of buildings
- [11] CIBSE, 2002: Guide to building services for historic buildings –Sustainable services for traditional buildings
- [12] Australia ICOMOS, 1999: Charter for the Conservation of Places of Cultural Significance/ The Burra Charter
- [13] ICOMOS, 1965: The Venice Charter (originally authored by International Congress of Architects and Technicians of Historic. Monuments, 1964.)