

Slutrapport

Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat

Forskningsprojektet syftar till att utveckla, testa och utvärdera metoder och lösningar för att öka energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla träbyggnader i kallt klimat.

Ett sub-arktiskt klimat med långa, kalla vintrar och milda somrar kräver mer energi för uppvärmning, speciellt i äldre kulturhistoriska byggnader. Detta innebär att skillnaden mellan termisk prestanda och energianvändning för äldre hus är stor i jämförelse med nybyggda hus. Samtidigt kan försiktiga åtgärder vara tillräckliga för att spara betydande mängder energi med liten påverkan på byggnadernas kulturhistoriska värden



Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser



Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser

Juni 2019

Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat

Projektnr 36957-3

Projektdeltagare

Kristina L Nilsson, projektledare

Andrea Luciani

Sofia Lidelöw

Tomas Örn (del av projektet)

Shimantika Bhattacharjee

Anton Kjellson

Kontaktuppgifter

andrea.luciani@ltu.se

kristina.l.nilsson@ltu.se

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	5
2. Bakgrund och sammanhang.....	6
3. Metoder	7
4. Undersökta byggnader.....	9
5. Huvudresultat av mätningar	10
Gamla Rådhuset i Piteå.....	10
Bläckhornshus B52 i Kiruna.....	12
Hus 158 i Malmberget, Gällivare kommun	14
Hus 420 i Koskullskulle, Gällivare kommun.....	17
6. Att tänka på vid energieffektivisering av trähus belägna i kalla klimatzoner..	20
7. Publikationer inom projektet.....	21
8. Referenser	21

1. Introduktion



Figur 1 Byggnader i Koskullskulle (© A. Luciani).

Syftet är att presentera kunskap om hur kulturhistoriskt värdefulla träbyggnader i kallt klimat kan energieffektiviseras på ett smart sätt utan att förvanska de kulturhistoriska och arkitektoniska värdena. Norra Sveriges förhållanden med kallt klimat och karakteristiska antikvariska och arkitektoniska värden har motiverat projektet. Kulturhistorisk värdering, energimätningar samt simuleringar har gjorts av ett antal tidstypiska trähus från sent 1800- till tidigt 1900-tal, belägna i Piteå, Gällivare och Kiruna. Norra Sveriges kalla klimat med långa vintrar och låga temperaturer ställer extra krav på byggnader för att sänka energibehovet. Med lägre årsmedeltemperaturer blir vinsten med energibesparande åtgärder högre jämfört med södra Sverige.

Kulturmiljöer består ofta av äldre byggnader med låg energiprestanda. Vid energiförbättringar är risken stor att kulturvärdena förvanskas och arkitektoniska uttryck förändras genom t.ex. okänsliga tilläggsisoleringar och byte av fönster med helt annorlunda uttryck än originalet. Den äldre bebyggelsens renoveringsbehov och högre energianvändning i förhållande till ny bebyggelse anges ofta som anledning till rivning eller omfattande ombyggnad. Den kulturhistoriska bebyggelsens historia, attraktivitet och de materiella inneboende resurserna i ett livscykelperspektiv motiverar bevarande av byggnaderna.

Innehållet i denna rapport bygger på två delprojekt inom forskningsprogrammet *Spara och bevara* finansierat av Energimyndigheten. Det första delprojektet har varit medfinansierat av Hjalmar Lundbom Research Centre (HLRC). Projektet har genomförts av en ämnesövergripande forskargrupp vid Luleå tekniska universitet,

Kristina L Nilsson arkitekt, Andrea Luciani arkitekt med byggnadsantikvarisk inriktning, Sofia Lidelöw civilingenjör inom byggnadsteknik samt Tomas Örn byggnadsantikvarie i första delprojektet. Shimantika Bhattacharjee och Anton Kjellson har bidragit med simuleringar och beräkningar av energiåtgärder.

2. Bakgrund och sammanhang



Figur 2 Bläckhornshus B52 under flyttning i juni 2017 (© J. Ylitalo).

I Sverige har vi ett viktigt bestånd av kulturhistorisk bebyggelse med flera anledningar att bevara. Byggnaderna visar vår historia och olika epokers byggnadsteknik, de uppskattas ofta för sin vackra arkitektur och detaljer, de visar tidigare generationers liv och det ger vår nutida byggda miljö en viktig blandning av byggnadsåldrar och stilar. De äldre byggnaderna har dock många gånger, men inte alltid, högre energianvändning för uppvärmning än dagens byggnader. Till följd av EU-direktivets¹ krav på att förbättra befintliga byggnaders energieffektivitet samt av ekonomiska skäl behöver energianvändningen för uppvärmning minskas utan att förstöra eller minska de kulturhistoriska värdena.

I Kiruna och Malmberget har många kulturhistoriskt värdefulla hus påverkats av markdeformationer som orsakas av gruvverksamheten och fler kommer successivt att beröras. Vid urvalet av vilka byggnader som är värda att flyttas till säker mark har diskussioner förts om hur energieffektiva byggnaderna är. Bakgrunden till detta projekt har varit att visa hur byggnader i Malmfälten och andra delar av Norrbotten skulle kunna energieffektiviseras utan att förvanska de kulturhistoriska värdena. I Sveriges nordligaste region med kallt klimat ger energiåtgärder ännu större effekt

än i mildare klimat. I Malmfälten, särskilt Kiruna och Malmberget finns stora bestånd av kulturhistorisk bebyggelse från etableringen av gruvorterna under tidigt 1900-tal. Energieffektivisering av de byggnader som måste flyttas på grund av gruvverksamheten skulle sammanlagt ge stora energivinster. Detta kommer att undersökas i ett kommande projekt kallat BeståendeBestånd finansierat av Hjalmar Lundbohm Research Centre.

3. Metoder



Figur 3 Hus B54 fotograferat av Borg Mesch, ca 1901–02 (© Kiruna Bildsamlingen).

I projektet har kvantitativ information i form av energianvändning och temperaturer mätts och beräknats parallellt med att kvalitativ information i form av bedömningar av kulturvärden insamlats. Dessa olika typer av information har sedan analyserats och diskuterats på ett flervetenskapligt sätt för att finna balans mellan de olika värdena för att kunna föreslå lämpliga åtgärder för energiförbättringar i de studerade byggnaderna.

Forskargruppen har satts samman på ett tvärvetenskapligt sätt med arkitekter, byggnadsantikvarier och byggingenjörer för att få ett brett kunskapsunderlag. Inom projektet har möten och diskussioner förts med yrkesverksamma byggnadsantikvarier, liksom byggnads- och projektansvariga för bevarande och underhåll av byggnaderna för att få med praktisk erfarenhetskunskap. Detta sätt att arbeta har följt nyliken antagna europeiska riktlinjer, som rekommenderar en bred representation av expertis och erfarenheter för att hantera komplexiteten vid energiförbättringar av kulturhistoriska byggnader.

Bedömningar av kulturvärden för fallstudiebyggnaderna har baserats på förståelsen att kulturhistoria är socialt konstruerad. Det innebär tex. att synen på kulturvärden beror på vilka som bedömer den samt att den varierar vartefter samhället förändras. Värden förändras över tid genom interaktion mellan de analyserade byggnaderna och det omgivande samhället. Den byggda miljön har tolkats av de officiella beskrivningarna av kulturhistoriska intressen samt dokumentering av byggnaderna projektdeltagarna, baserat på deras erfarenhet och uppfattning av byggnaderna,.

En serie av mätningar och beräkningar har genomförts i de olika fallstudierna för att samla data om energianvändning, temperaturer, värmeisoleringsgrad, värme-läckage och lufttäthet. Dynamiska energisimuleringar för byggnader genomfördes med dataprogrammet IDA ICE (Equa, Sweden). Simuleringsmodellerna har i möjligaste mån validerats med uppmätt energianvändning för respektive fallstudiebyggnad. Ingående byggnadsdelars dimensioner, materialsammansättning, köldbryggor och ytor har uppskattats baserat på ritningar och besiktningar på plats.

Jämförande kostnadsbedömningar av olika åtgärdsalternativ har genomförts baserat på beräkningar av livscykelkostnader (LCC), där kostnader och energikostnadsbesparing för varje åtgärd räknats om till dagens värde enligt nuvärdesmetoden. I beräkningen antogs livslängden för åtgärdspaketet vara 50 år (inga restvärden, utbytesmetoden användes) och med kalkylräntan 4 %.

Inriktningen har generellt varit att designa olika alternativa åtgärdspaket, valda på basis av deras påverkan på kulturhistoriska värden och på dess potential att förbättra byggnadernas energieffektivitet och klimatskiljande delar. Möjlig energibesparing som de olika alternativa åtgärdspaketet kan leda till har sedan simulerats och resultaten har diskuterats och jämförts.



Figur 4 Infraröd bild av hus B52 (© A. Luciani).

4. Undersökta byggnader

Gamla Rådhuset i Piteå

Gamla Rådhuset används idag som stadsmuseum och är beläget vid Rådhusorget i Piteå. Huset byggdes mellan 1929–1837 som rådhus, men innehåller idag utställningshall, kontor, reception och en liten museibutik. Huset är utpekat att ha kulturhistorisk betydelse och är sedan 1994 skyddat som byggnadsminne [2]. Byggnaden är också del av ett område av riksintresse för kulturmiljövården [3]. Arkitektur och byggnadens design är centralt i den kulturhistoriska betydelsen liksom dess funktion som karaktärsbyggnad för det angränsande torget och den omgivande stadsmiljön.

Bläckhornshus B52 och B53 i Kiruna

Bläckhornshusen ritades av arkitekten Gustaf Wickman som flerbostadshus för LKAB-arbetarna i Kiruna. Husen har många av de typiska konstruktionsdragen i ”Kirunastilen” och har fått sitt namn av att byggnadsformen påminner om traditionella bläckhorn/flaskor. Husen som har studerats inom projektet, betecknade B52 och B53, är bland de första timmerhusen som byggdes 1901–1904. Husen var också bland de första som flyttades 2017 till ny säker mark. B52 och B53 är del av ett område som utpekats som riksintresse för kulturmiljövården och de är skyddade i detaljplan [4] för dess kulturhistoriska betydelse. Husen ägs och förvaltas av LKAB Fastigheter AB.

Hus 158 och 420 i Gällivare kommun

Husen i Gällivare kommun, som ingått i fallstudien består av två flerbostadshus som också måste flyttas på grund av gruvverksamheten i Malmberget. De är betecknade hus 158 och 420, ägs och förvaltas av LKAB Fastigheter AB. Husen ingår i ett område av riksintresse för kulturmiljövården [2] och de är två av de 30 byggnaderna som ska bevaras och flyttas från Bolagsområdet i Malmberget till ett nyanlagda området Solbacken i Koskullskulle. Hus 158 byggdes 1897 för gruvarbetarna och deras familjer. Flytten planerades till 2018 men har försenats. Hus 420 byggdes 1911 i jugendstil för LKAB's tjänstemän och flyttades redan 2016.

5. Huvudresultat av mätningar

Resultaten från mätningar, beräkningar/simuleringar och analyser presenteras här tillsammans med de åtgärds paket som föreslagits för varje byggnad.

Gamla Rådhuset i Piteå



Figur 5 Gamla Rådhuset i Piteå (© T. Örn).

En lista på möjliga åtgärder för att förbättra den termiska prestandan hos byggnadens klimatskal gavs till tre professionella byggnadsantikvarier. De åtgärder, eller kombinationer av åtgärder, som varje expert bedömde som lämpliga, simulerades sedan i tre olika alternativa åtgärds paket för att kvantifiera dess tänkbara energibesparingar. Ett fjärde alternativ har lagts till, som referens om alla åtgärderna som accepterades av åtminstone en av experterna skulle förverkligas. Detta för att visa den möjliga totala minskningen av energianvändning för uppvärmning.

Föreslagna strategier för energiåtgärder för Gamla Rådhuset i Piteå

Alternativ 1	Tillägg av 250 mm mineralullsisolering på vinden
Alternativ 2	Tillägg av 250 mm mineralullsisolering på vinden + 70 mm tilläggsisolering på ytterväggarna + byte av innerglas i fönster till "energiglas" med U-värde 1,8 W/(m ² .K) + förbättrad lufttäthet från 1,6 l/(s.m ²) till 1.2 l/(s.m ²)
Alternativ 3	Tillägg av 250 mm mineralullsisolering på vinden + byte av befintlig dörr till U-värde 1,4 W/m ² .K + 70 mm tilläggsisolering på ytterväggarna + tillägg av 45mm cellplastisolering på källargolvet + byte av innerglas i fönster till "energiglas" med U-värde 1,8 W/(m ² .K)
Alternativ 4	Tillägg av 250 mm mineralullsisolering på vinden + 70 mm tilläggsisolering på ytterväggarna + 70 mm tilläggsisolering på källarväggar + tillägg av 45mm cellplastisolering på källargolvet + byte av innerglas i fönster till "energiglas" med U-värde 1,8 W/(m ² .K) + byte av befintlig dörr till U-värde 1,4 W/m ² .K + förbättrad lufttäthet till 1.2 l/(s.m ²)

	Befintligt läge	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Uppvärmningsenergi (kWh/m ² /year)	77,5	75,6	62,5	68	58
Total energianvändning (kWh/m ² /year)	132,7	130,7	117,6	123	113
Minskning av uppvärmningsenergi (%)		2,4	19	12	25

Olika förståelse av bevarandeteorier kan resultera i mycket varierande resultat i ombyggnadsstrategier i praktiken!

Bläckhornshus B52 i Kiruna



Figur 6 . Bläckhornshus B52 i dess ursprungliga placeringar (© T. Örn).

Energiåtgärder för klimatskalet hos Bläckhornshus B52 utvecklades med utgångspunkt från en kulturhistorisk bedömning med identifiering av byggnadens karakteristiska delar. De föreslagna åtgärderna syftar till:

- a) Att minimera påverkan på de karakteristiska byggnadsdelarna, tex. form, träkonstruktion, exteriörens material och ytskikt
- b) Att vid tillägg av nya byggnadsdelar ta hänsyn till dagens behov på det mest passande och återställningsbara sättet (tex. tilläggsisolering på innerväggar och extraglas på innerrutan)
- c) Att optimera livscykeln för byggnadens befintliga komponenter även om de inte är i original (tex. om fönstren är bytta)

I övrigt är valet av energiåtgärder även baserade på låg kostnad och tillgänglig teknik samt att åtgärderna enkelt kan läggas till det renoveringsarbete som ändå görs vid flyttning av husen till dess nya läge.

Föreslagna åtgärder för hus B52 i Kiruna

Byggnads- element	Värmeöverförings- koefficient (W/m ² K)		Beskrivning av de före- slagna renoverings- åtgärderna	Bidrag till minskning av genom- snittlig vär- meöverförings- koefficient	Uppskattad besparing av uppvärm- nings energi
	Före	Efter			
Vind (träbjälklag)	0.39	0.17	Borttagning av sågspån och tillägg av 300 mm cellulosa- baserad lösullsisolering	5%	4%
Yttervägg (panelad trä- stomme)	0.48	0.30	Tillägg av 50-80 mm träfi- berisolering på insida ytter- vägg	9%	7%
Källare (betong- konstruktion från 60-talet)	0.93	0.27	Byte till ventilerad kryp- grund med 100 mm cell- plastisolering	39%	31%
Fönster (treglas i träram)	2.1	1.2	Tillägg av extraglas	6%	4%
Dörrar	1.4	1.4	Inga ändringar	0%	0%
Linjära köldbryggor	0.062	0.044	Uppskattad förbättring ge- nom ovan föreslagna åtgär- der	2%	1%
	Ge- nomsnitt: 0.77	Ge- nomsnitt: 0.30	Alla föreslagna åtgärder genomförda	60%	48%

***Besparing av 15/20% uppvärmningsenergi kan uppnås* med be-
gränsad påverkan på kulturhistoriska värden!***

* Denna mängd har beräknats med de besparingar som görs vid byte av befintlig källare till isolerad krypgrund, vilket är en konsekvens av flyttningen till husets nya läge.

Hus 158 i Malmberget, Gällivare kommun



Figur 7 Hus 158 i Koskullskulle (© A. Luciani).

Flera energiförbättrande åtgärder har valts ut och sedan grupperats i åtgärds paket med varierande påverkan på husets kulturhistoriska värden. Åtgärder som bedöms ge liten påverkan på kulturhistoriska värden resulterade i en möjlig minskning av uppvärmningsenergin med 11%, medan åtgärder som har en måttfull påverkan ger 25% reduktion. Det är goda resultat i jämförelse med 28% minskning som det tredje åtgärds paketet ger. Det hårda renoveringspaketet innebär tydligt högre energibesparing men medför större påverkan på de kulturhistoriska värdena.

Möjliga energiförbättringar av olika förslag till åtgärder

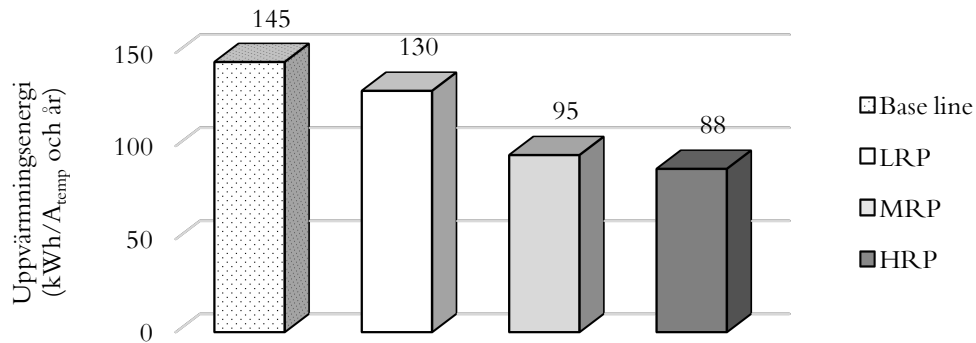
Byggnads element	Ref.	Beskrivning av renoveringsåtgärder	Energianvändning, E_{bea}/A_{temp} , (kWh/m ² year)	Förändring av energi-användning	Förändring av uppvärmningsenergi, E_{uppv}
	0	Effekter av 1960's renovering	269,8	+ 37,2 %	+ 50,4 %
	BAS LINJE	Byggnaden utan några genomförda renoveringsåtgärder	196,7	-	-
Vindsbjälklag	A	Utbyte av sågspånsisolering till cellulosafiber (lös-ull)	191,4	2,8 %	3,7 %
	B	Utbyte av sågspånsisolering till mineralull	190,7	3,1 %	4,1 %
	C	Extra mineralullsisolering av vindsbjälklag (300 mm)	186,3	5,3 %	7,2 %
	D	Extra mineralullsisolering av vindsbjälklag (500 mm)	184,9	6,0 %	8,1 %
Yttervägg (utvändigt)	E1	Tillägg av träfiberskiva (50 mm)	185,4	5,7 %	7,8 %
	E2	Tillägg av träfiberskiva (80 mm)	181,6	7,7 %	10,4 %
	F	Tillägg av glasullsisolering (50 mm)	186,5	5,2 %	7,0 %
	G	Tillägg av aerogel-isoleringspanel (25 mm)	183,0	7,0 %	9,4 %
Yttervägg (invändigt)	H	Tillägg av träfiberskiva (50 mm)	186,5	5,2 %	7,0 %
	I	Tillägg av ESP-skiva (50 mm)	185,2	5,8 %	7,9 %
	J	Tillägg av ESP-skiva (100 mm)	182,2	7,4 %	10,0 %
	K	Tillägg av cellulosaisolering (50 mm)	185,8	5,5 %	7,5 %
Fönster	L	Tillägg av extraglas $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	183,3	6,8 %	9,2 %
	M	Nya fönster med energiglas $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	181,2	7,9 %	10,7 %
Bottenvåning	N	Utbyte av sågspånsisolering till inblåsning av cellulosafiber	190,3	3,3%	4,4 %
	O	Utbyte av sågspånsisolering till inblåsning av glasfiber	190,3	3,3 %	4,4 %
Grundläggning (efter flyttning)	P	Källaren är utbytt till kryppgrund med XPS boardisolering	182,9	7,0 %	5,4 %
Tak (i uppvärmda utrymmen)	Q	Tillägg med mineralullsisolering (50 mm)	193,8	1,5 %	2,0 %
Dörrar	R	Byte av alla ytterdörrar $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	194,3	1,2 %	1,7 %

Jämförelse av uppvärmningsenergi mellan nuvarande situation och de tre föreslagna åtgärds paketen

LRP (Lätt renoveringspaket åtgärder A, N, P)

MRP (Måttfullt renoveringspaket åtgärder A, C, H, L, N, P, Q, R)

HRP (Hårt renoveringspaket åtgärder B, D, E2, I, M, O, P, Q, R)



Det är inte alltid åtgärder med högre påverkan på kulturhistoriska värden leder till jämförelsevis extra energiförbättringar av en kulturhistorisk byggnad i jämförelse av åtgärder med mindre påverkan.

Hus 420 i Koskullskulle, Gällivare kommun



Figur 8 Hus 420 i Koskullskulle (© A. Luciani).

Detta hus har tillsammans med andra flyttats från Malmberget till det nyanlagda bostadsområdet Solbacken i Koskullskulle.

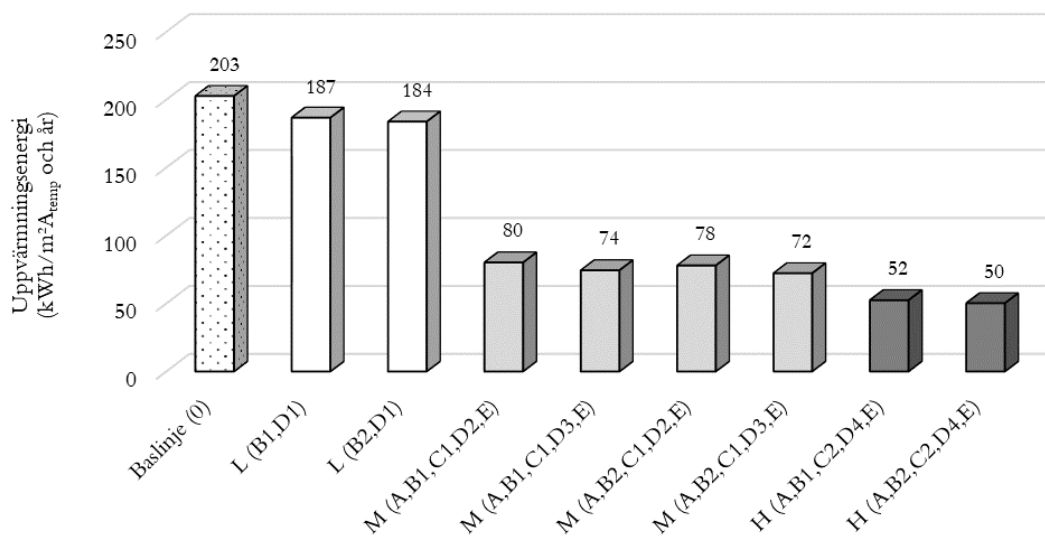
Ett antal olika alternativa åtgärder för energirenovering av huset har identifierats och grupperats i tre åtgärds paket med olika grad av påverkan på kulturhistoriska värden:

- Lätt åtgärds paket (L), två alternativ:
 - Åtgärder B1, D1
 - Åtgärder B2, D1
- Måttligt åtgärds paket (M), fyra alternativ:
 - Åtgärder A, B1, C1, D2, E
 - Åtgärder A, B1, C1, D3, E
 - Åtgärder A, B2, C1, D2, E
 - Åtgärder A, B2, C1, D3, E
- Stort åtgärds paket (H), två alternativ:
 - Åtgärder A, B1, C2, D4, E
 - Åtgärder A, B2, C2, D4, E

Energisimuleringar har genomförts för att uppskatta hur mycket byggnadens energianvändning (E_{bea}) respektive uppvärmningsenergi (E_{uppv}) kan minska till följd av de olika åtgärds paketen.

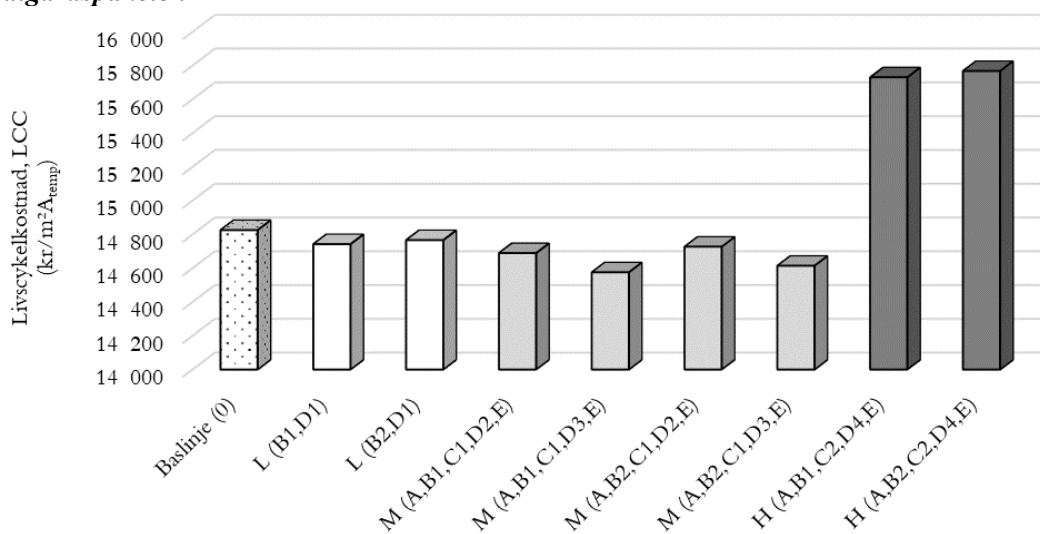
Byggnads- element	Ref.	Beskrivning av energiåtgärd	Energian- vändning, E_{bea} (kWh/m ² A_{temp} , år)	Minskning energian- vändning, E_{bea}	Minskning uppvärm- ningsenergi E_{uppv}
	0		267		
Tak	A	Byta sågspånsisolering till 200 mm lösull av cellulosa i snedtak	265	1 %	1 %
Vinds- bjälklag	B1	Tillägg av 200 mm lösull av cellulosa	258	4 %	5 %
	B2	Tillägg av 400 mm lösull av cellulosa	255	5 %	6 %
Yttervägg (invändigt)	C1	Tillägg av 30 mm träfiberisolering, ångbroms, glespanel och gipsskiva	172	36 %	47 %
	C2	Tillägg av 60 mm träfiberisolering, ångbroms, glespanel och gipsskiva	156	41 %	55 %
Fönster och dörrar	D1	Renovering (färgborttagning, in-justering, omkittning, nya tätning-lister)	261	2 %	3 %
	D2	Byta innersta fönsterglas mot lågenergiglas	184	31 %	41 %
	D3	Tillägg demonterbar båda med lågenergiglas	178	34 %	45 %
	D4	Nya fönster med $U_w = 1,1$ W/m ² K	170	37 %	48 %
Botten- bjälklag	E	Byta sågspånsisolering till 200 mm lösull av cellulosa och mon-tera ny ångbroms	198	26 %	34 %

Jämförelse av uppvärmningsenergi mellan nuvarande situation och de tre föreslagna åtgärds paket



Därtill har livscykelkostnadsberäkningar, LCC, genomförts för att uppskatta och jämföra kostnadseffektiviteten för de olika åtgärds paketerna. Resultaten indikerar att det lätta åtgärds paketet och det måttliga åtgärds paketet är kostnadseffektiva att genomföra sett över en 50-årsperiod. Det stora åtgärds paketet innebär så kostsamma investeringar att det inte är lönsamt, trots att det leder till den största energibesparingen.

Jämförelse av kostnadseffektiviteten mellan nuvarande situation och de tre föreslagna åtgärds paketerna



Med tanke på livscykelkostnader, kan enklare åtgärder med liten påverkan på kulturhistoriska värden, vara mer totalt kostnadseffektiva än åtgärder med stor påverkan och hög produktions- och investeringskostnad

6. Att tänka på vid energieffektivisering av trähus belägna i kalla klimatzoner

1. Samla all tillgänglig information om byggnaden och dess kulturhistoriska värdering; ta reda på om byggnaden är skyddad tex. som byggnadsminne, genom detaljplan eller som riksintresse, samt dess konstruktion och energianvändning (via energideklaration eller fakturor).
2. Kontakta en expert i byggnadsvård som stöd i processen och diskutera med denne vad som är byggnadens och dess delars karaktärsdrag som behöver tas hänsyn till.
3. Det är viktigt att bedöma påverkan på de kulturhistoriska värdena för alla planerade åtgärder, tex. synliga, rumsliga samt materiella.
4. I ett kallt klimat kan även små insatser för minskad värmetransport genom byggnadens klimatskal spara en avsevärd mängd energi och resurser.
5. I träkonstruktioner är det viktigt att använda harmonierande material som andas, dvs. som inte hindrar den befintliga konstruktionen att släppa igenom fukt för att undvika fuktskador i och omkring konstruktionen.
6. Punkten ovan är särskilt viktig vid invändig tilläggsisolering, vilket kan öka risken för fuktskador. I det torra kalla klimatet i norra Sverige kan denna lösning ändå fungera.
7. I stället för att byta till nya fönster kan det vara lämpligt att uppgradera befintliga fönster, särskilt om de är original. Det går att förbättra byggnadens energiprestanda betydligt genom att tätta befintliga fönster, byta till energiglas eller lägga till ett extra energiglas på innerbågen.
8. Vind och källare är vanligtvis lämpliga att tilläggsisolera utan att det påverkar byggnadens kulturhistoriska värden.
9. Bedöm alltid materialens livslängd innan några byggnadselement byts ut. Ur ett livscykelperspektiv kan det medföra mer energi och resurser att ta bort befintliga material och sedan producera och montera nya, även om de kan leda till minskad energianvändning för uppvärmning.

7. Publikationer inom projektet

A. Luciani, K. L. Nilsson, S. Lidelöw, S. Bhattacharjee, T. Örn (2018) *Improving the energy efficiency of built heritage in cold regions*, in T. Broström, L. Nilsen, S. Carlsten (eds.) *Energy Efficiency in Historic Buildings*, Uppsala University, Visby, pp. 493-502.

S. Lidelöw, T. Örn, A. Luciani, A. Rizzo (2019) 'Energy-efficiency measures for heritage buildings: A literature review', in *Sustainable Cities and Society*, Vol. 45, pp. 231-242, doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.029

A. Luciani, S. Lidelöw, S. Bhattacharjee, T. Örn (2019) *The challenge of energy efficiency in Kiruna's heritage buildings*, in D. Johansson, H. Bagge, Å. Wahlström (eds.) *Cold Climate HVAC 2018, CCC2018, Springer Proceedings in Energy*, Springer, Cham, pp. 275-289, doi.org/10.1007/978-3-030-00662-4_24

Licentiatavhandling

Tomas Örn (2018), *Energy efficiency in heritage buildings: Conservation approaches and their impact on energy efficiency measures*, Luleå Tekniska Universitet

Examensarbeten

R. Cruz (2014), *Byggtekniska åtgärder för energieffektivisering av kulturhistorisk värdefull byggnad: En fallstudie av Gamla rådhuset i kvarteret Stadsvapnet 6, Piteå*, Luleå tekniska universitet.

P. Vilhelmsson (2018), *Energy performance of built heritage in the subarctic climate zone of northern Sweden. Applying existing standards and methodologies for improving energy efficiency of built heritage*, Luleå tekniska universitet.

J. Wernberg (2018), *Energiåtervinning från styrd ventilation med värmexchallare i liggtimmerbyggnad: En studie av uppmätt och simulerad energibesparing i Piteå Gamla Rådhus*, Luleå tekniska universitet.

8. Referenser

- [1] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings
- [2] Länsstyrelsen i Norrbottens Län. Beslut 1994-02-04, 221-6518-93. Beslut om byggnadsminnesförklaring av f d Rådhuset, kv Stadsvapnet 1, Rådhusstorget, Piteå Kn, Norrbotten. Luleå: Länsstyrelsen, 1994.
- [3] Riksantikvarieämbetet (2013) Riksintressen för kulturmiljövården. Norrbottens län (BD). [Online] Available: https://www.raa.se/app/uploads/2013/09/BD_riksintressen.pdf [Feb. 08, 2019].
- [4] Riksantikvarieämbetet . Reviderad riksintressebeskrivning för Kiruna-Kirunavaara [BD 33] (Kiruna stad, Jukkasjärvi sn) 2010-05-19, dnr 331-00556-2009. Stockholm: Riksantikvarieämbetet, 2010.
