

Klimatpåverkan i relation till energibesparing vid fönsteråtgärder

Förstudie

Version: 1.0

Alla BeBo-rapporter finns att hitta på www.bebostad.se

2022: 1207

Författare: Andreas Ericson, Julia Grut, Siri in
de Betou, Eveline Gyllby

Granskare: Katarina Westerbjörk, Göran
Werner

WSP Sverige AB

2022-11-30

Innehåll

1	Inledning.....	3
1.1	Bakgrund.....	3
1.2	Syfte.....	4
1.3	Omfattning och avgränsning.....	4
1.4	Metod och genomförande.....	5
2	Teknisk Bakgrund	7
2.1	Fönsterteori och historik	7
2.2	Fönstertekniska åtgärder i byggnader	9
2.3	Utveckling av U-värden för fönster i Sverige.....	11
2.4	Livscykelanalys.....	12
2.4.1	Livscykelanalys i byggnader.....	12
2.4.2	Tillämpning av LCA i förstudien	14
3	Resultat	15
3.1	Marknadsöversikten.....	15
3.1.1	Energibesparing och u-värden	15
3.1.2	Typhus.....	16
3.1.3	Fördelar och nackdelar med renovering och fönsterbyte.....	17
3.2	Excelverktyget.....	19
3.2.1	Bakgrund excelverktyg.....	19
3.2.2	Antaganden och avgränsningar	20
3.2.3	Indata excelverktyg	23
3.2.4	Översikt – det färdiga verktyget	24
3.2.5	Resultat Excelverktyg.....	25
4	Diskussion.....	28
4.1	Fjärrvärmeproduktion och klimatbelastning	28
4.2	Fönsteråtgärder och beställarkompetens.....	29
4.3	Fastighetsägares behov och marknadsutbud	30
4.4	Återbruk och framtidens nyproduktion av fönster	31
5	Slutsatser	31
6	Förslag på fortsatt arbete.....	32

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Många flerbostadshus i det befintliga beståndet står med stora renoverings och underhållsbehov. Fokus vid renoveringar har länge legat på energieffektivisering, men dag har fokus breddats från energibesparingspotential till att inkludera även hållbarhet och klimatbesparing. Sverige har antagit Agenda 2030, vilken bland annat innefattar ett arbete för hållbara energisystem, samt för hållbar konsumtion och produktion.¹ Det är alltså viktigt att såväl vår energiförsörjning som vår användning av material får styra de beslut som tas i samband med renovering och underhåll.

Ett vanligt förekommande behov i flerbostadshus är renovering eller byte av fönster. I en del byggnader är fönstren gamla och uttjänta och i stort behov av omfattande renovering eller att bytas ut. På vissa byggnader är fönstren dock i bra skick, men har höga U-värden och slukar mycket energi och ger dålig inomhuskomfort.

Vid fönsterrenovering finns flera vägar att gå. Det är inte lätt för en fastighetsägare att fatta beslut om hur hen ska gå till väga och vilka val som bör göras vid renoveringen. Ska fönstren bytas ut? Ska det vara nya eller återbrukade fönster? Eller kan fönstret renoveras och tilläggsisoleras? Det råder en stor osäkerhet bland beslutsfattare om vilken väg som är lämplig att ta i renoveringsprocessen. Fönsteråtgärder, om de görs rätt, ger sänkt energianvändning och därmed en lägre klimatpåverkan från användning av byggnaden.

I rapporten ”Återbruk och LCA vid renovering” presenteras räkneexempel på återbruk av fönster. En LCA-jämförelse mellan byte till nya fönster och att renovera befintliga fönster presenterades. Jämförelsen gäller ett specifikt flerbostadshus på en ort och ett case. Studien visar att det inte nödvändigtvis finns en stor skillnad i klimatpåverkan mellan fönsterbyte och fönsterrenovering. Det är därför inte helt enkelt att se vilket alternativ som är bäst ur ett klimatperspektiv.²

Det finns därför ett behov av att undersöka frågan ytterligare i en förstudie som djupdyker i klimatpåverkan i relation till energibesparing vid fönsteråtgärder.

¹ Regeringskansliet. Agenda 30 och de globala målen för hållbar utveckling. 2022. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/> (Hämtad 2022-11-21)

² BeBo. Återbruk och LCA vid renovering. 2021:02. <https://www.bebostad.se/media/5234/2021-02-bebo-%C3%A5terbruk-och-lca.pdf> (Hämtad 2022-11-21)

1.2 Syfte

Förstudien syftar till att underlätta för beställare i beslut som rör fönsteråtgärder i flerbostadshus. Särskilt ämnar förstudien analysera klimatpåverkan i relation till energibesparing för olika val av fönsteråtgärder.

Användningen utgör dock endast en klimatutsläppspost i en produkts användningsskede (LCA-skede B1-B7) och för att beakta den totala klimatpåverkan i detta skede bör de utsläppsposter som rör exempelvis utbyte och renovering tas i hänsyn.

Förstudien ska svara på följande frågor:

- Hur påverkar olika sorters fönsteråtgärder – exempelvis utbyte, renovering – en byggnads energianvändning?
- Hur påverkar dessa fönsteråtgärder utsläppsposterna i LCA-skede B1-B7

Förstudien ska resultera i en analys som kan ge fastighetsägare en övergripande bild av hur olika fönsteråtgärder påverkar utfall med avseende på klimatbelastning och energiförbrukning. Särskilt kan resultatet användas av bostadsrättsföreningar och mindre fastighetsägare och skapa en ökad beställarkompetens.

Inom förstudien kommer även ett enklare excelverktyg tas fram för att kunna jämföra energibesparing och klimatpåverkan för olika fönsteråtgärder

1.3 Omfattning och avgränsning

Förstudien är avgränsad till att omfatta renovering av fönster samt byte till nya fönster. Ekonomiska aspekter lämnas utanför det undersökande syftet, men behandlas övergripande i förstudiens diskuterande avsnitt. Antaganden som berör excelverktyget behandlas separat i kapitel 3.2.2.

Även arkitektoniska värden lämnas utanför förstudien. De omnämns dock övergripande som en anledning till att renovera fönster i stället för att byta ut dem.

I förstudien används begreppet *energibesparing* om att (ge möjlighet att) minska en byggnads värmeenergianvändning. En fönsteråtgärd, om den utförs på rätt sätt, bedöms göra byggnadens klimatskal tätare och därigenom minska värmetransmissionen genom

byggnadens klimatskal som helhet. Det leder till att mindre värmeenergi behövs till att värma upp byggnaden.

Förstudien har, med syftet i åtanke, fokuserat på U-värde och värmetransmission. Fönsterglas har andra egenskaper som är av vikt, bland annat genomsläpplighet av solvärme och ljustransmission. Framför allt kan solvärmens bidra till att minska byggnadens energibehov. Hur mycket det bidrar beror till stor del på hur solskydd används i byggnaden. Solvärme och ljustransmission är inte upptaget då det framför allt skulle förskjuta förstudiens omfattning betydligt.

1.4 Metod och genomförande

Förstudiens arbete består av flera delmoment: litteraturstudie, intervjuer med fönsterexpertis, marknadsöversikt samt excelverktyg.

I grunden ligger litteraturstudien och två intervjuer med fönsterexpertis (Diana Avasoo, WSP). Litteraturstudien har bland annat omfattat inläsning av tidigare studier inom ramen för Energimyndigheten och BeBo, samt material från Boverket och byggnadsteknisk facklitteratur. Intervjuerna med Diana Avasoo har utgått från förstudiens syfte, men har därefter i regel varit ostrukturerade. Dessa intervjuer har resulterat i sammanfattande PM, vilka tjänat som kunskapsbyggande för förstudien.

Litteraturstudie och expertintervjuer används för rapportens avsnitt om den tekniska bakgrunden om fönster, fönstertekniska åtgärder och livscykelanalys. De ligger även till grund för att tolka de svar som marknadsöversikten ger och sätta dem i ett för förstudien relevant sammanhang.

Marknadsöversikten i sig genomförs som semistrukturerade intervjuer med fastighetsägare. Intervjufrågorna är utformade för att kartlägga hur marknaden ser ut idag, vilka fönsteråtgärder som genomförs och vilka för- och nackdelar det finns med olika metoder. Syftet är både att undersöka fastighetsägares kunskap och kompetens inom området men också inhämtning av information om energibesparing och nya U-värden vid fönsteråtgärder. För att kunna jämföra förstudiens resultat har en del av intervjufrågorna syftat till att ta fram data för ett typhus. Detta typhus jämförs med de typhus som framgår av litteraturstudie och fönsterexpertis som ett sätt att validera resultaten från de olika delmomenten. Det har under förstudien genomförts 15 intervjuer med 14 fastighetsägare och en fönsterleverantör.

Som ett sista steg i förstudien konstrueras ett enklare excelverktyg för att kunna beräkna potentiell energibesparing och klimatpåverkan vid olika fönsteråtgärder. Excelverktyget grundar sig i de insamlade resultaten från intervjuer med fastighetsägare och fönsterleverantör, samt från intervjuer med fönsterexpertis. Baserat på dessa uppgifter ska man översiktligt kunna avgöra vilken typ av fönsteråtgärd som ger bäst resultat sett till byggnadens energiförbrukning samt till byggnadens klimatpåverkan i LCA-skeden B1-B7.

Vidare i rapporten presenteras, i tur och ordning: Kapitel 2) Teknisk bakgrund – om fönster, dess historik och fönstertekniska åtgärder, samt om livscykelanalys och dess tillämpning i förstudien; Kapitel 3) Resultat – från marknadsöversikt samt från utvecklingen av excelverktyget och ett urval av beräkningar; Kapitel 4) Diskussion utifrån förstudiens resultat; Kapitel 5) Slutsatser, samt slutligen kapitel 6) Förslag på fortsatt arbete.

2 Teknisk Bakgrund

2.1 Fönsterteori och historik

Enligt Riksantikvarieämbetet och statens historiska museers rapport RAÄ³ har utformning av fönster förändrats över tid. I äldre tider var bostadshusen mörka och slutna i syfte att främja säkerhet och försvar. De första fönsterna eller öppningarna bestod av små hål med skjutluckor framför.

När ljusinsläpp till hus började eftersträvas mot slutet av 1600-talet blev det viktigt att ha en typ av klimatspärri för en trevlig inomhusmiljö. Till en början bestod en klimatspärri av tunna polerade skivor från oxhorn, vaxat papper, djurhudar eller flätverk av lövtunna träspån som skulle adderas på en ram till den lilla öppningen.



Figur 1. Ett fönster från rökstuga under 1600-talet, utan klimatspärri.⁴

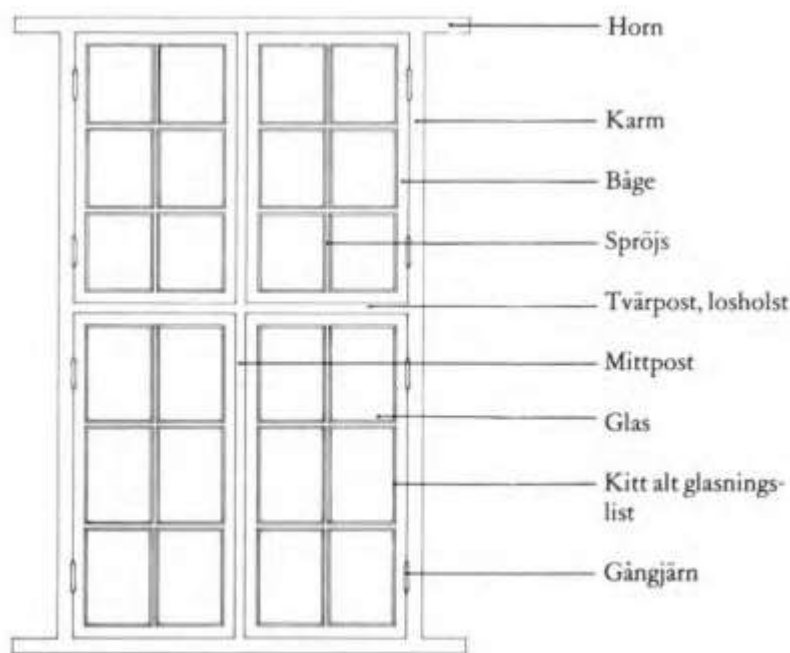
Senare började även små glasrutor förekomma men i början gällde detta främst kyrkor samt mera exklusiva stadshus. Glastillverkningen inleddes på allvar i slutskedet av

³ Antell, O., Lisinski, J. Riksantikvarieämbetet & Statens historiska museer. Fönster: Historik och råd vid renovering. Rapport 1988:1. 1988. <http://raa.diva-portal.org/smash/get/diva2:1234472/FULLTEXT01.pdf> [Hämtad 2022-11-07]

⁴ Ibid.

1600-talet. Men det var först på 1700-talet som glas var en produkt som var tillgänglig för vem som helst.⁵

Ett fönster består generellt av en ramkonstruktion i trä som fästs i byggnadens väggkonstruktion. I denna ram finns öppningsbara träbågar. För att dessa träbågar ska sammanfogas och kunna öppnas och stängas behövs olika typer av beslag som exempelvis gångjärn, hörnjärn samt stängnings- och öppningsbeslag i metall.



Figur 2: Fönstrets olika delar.⁶

Alla byggnadsdelar i fönster åldras och slits då de utsätts för klimatbelastningar som exempelvis sol och regn. För att ett fönster ska ha möjlighet att hålla länge behöver det vara producerat av ett virke med god kvalitet och även vara sammanfogat på ett bra sätt. Det är dessutom viktigt att fönsterna målas och underhålls regelbundet och att beslag hålls i gott skick. Vid större skador på fönster krävs renovering där de mest förekommande reparationerna är på bottenstycken i karm och båge. För att uppfylla energi- och ljudisoleringskraven kan det vara nödvändigt att fönstret kompletteras med

⁵ Ibid.

⁶ Antell, O., Lisinski, J. Riksantikvarieämbetet & Statens historiska museer. Fönster: Historik och råd vid renovering. Rapport 1988:1. 1988. <http://raa.diva-portal.org/smash/get/diva2:1234472/FULLTEXT01.pdf>

tätningsskruvar och innerbåge. Vid bedömning av vilken typ av underhåll och reparation som behövs bör en systematisk besiktning av varje fönster genomföras. En sådan typ av inventering är nödvändig för att kunna göra en rimlig uppskattning för en kostnadskalkyl för fönsteråtgärder. Utan en gedigen besiktning är det möjligt att fönster som går att bevara i stället byts ut mot nya fönster.⁷

2.2 Fönstertechniska åtgärder i byggnader

Några av de mest vanliga fönsteråtgärderna som finns idag är att antingen byta fönster oftast från två till tre-glas fönster, lägga in ett extra isolerglas eller tätta fönsterna. Enligt energimyndighetens rapport "Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera" från 2022 har olika typer av fönsteråtgärder olika inverkan på energiprestandan vilket har demonstrerats i fallstudier som ingår i rapporten. Byte av ett fönster som i befintligt skick har ett U-värde på 2,8 W/m², K kan sänka U-värdet till cirka 1 W/m², K. En adderad glasruta eller kassett kan förbättra U-värdet till 1,3 W/m², K. Att byta invändigt glas mot lågemissionsglas kan göra att U-värdet kan komma ner till 1,8 W/m², K.⁸

Diana Avasoo menar att det främst är glasets U-värde som förbättras vid renovering. Detta kan jämföras med fönsterbyte då hela fönstrets U-värde samt tätning mellan karm och vägg förbättras. Det är generellt svårt att jämföra renoverade fönsters U-värde eftersom det nya U-värdet beror på flera parametrar som tillverkningsår, om fönstret har mittpost/spröjs (som ger högre U-värde) samt glasarean. Diana Avasoo har redogjort för potentiell prestanda för olika typiska fönsteråtgärder. Nedan i tabell 1 redovisade U-värden för respektive åtgärd/metod är endast att betrakta som typvärden. Beräkningarna är baserade på 35 % karm + båge + eventuell spröjs och 65 % glasarea.

Tabell 1: Presenterar vanliga metoder för renoverande fönsteråtgärder.

Metod 1:	Utförs på 1+1 fönster / 2-glas isolerruta med vanliga klarglas
Åtgärdsbeskrivning	Ytter- och innerbåge i 2-glas skruvas ihop, falsen slipas, i den nya falsen monteras 3-glas

⁷ Ibid.

⁸ Energimyndigheten. *Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera*. Lunds tekniska högskola. 2019. <https://sparaochbevara.se/wp-site-content/uploads/2022/08/Slutrapport-Riva-cirkulera-bygga-nytt-eller-renovera-Dnr-2019-023739-1.pdf> [Hämtad 2022-11-07]

	isolerruta med energiglas och argon med U-värde- $\leq 1,0$ W/m ² , K
Resultat [W/m², K]	1,6
Metod 2:	Utförs på 1+1 fönster / 2-glas isolerruta med vanliga klarglas
Åtgärdsbeskrivning	2-glas isolerruta byts ut och ersätts med en 3-glas isolerruta med 2 energiglas och argon med U-värde $\leq 0,7$ W/m ² , K
Resultat [W/m², K]	1,4
Metod 3:	Utförs på 1+2 fönster / 3-glas isolerruta med vanliga klarglas
Åtgärdsbeskrivning	Yttre och innerbåge i ett 1+2 fönster skruvas ihop, falsen slipas och i den nya falsen monteras en 3-glas isolerruta med 2 energiglas och argon med U-värde $0,7$ W/m ² , K
Resultat [W/m², K]	1,4

Risker och begränsningar med metod 1 och 2 är enligt Diana Avasoo dels att det är svårt att hitta hantverkare med kompetens att genomföra metoden. I och med att metoden bygger över gränserna mellan glasmästare och snickare är företag som kan erbjuda en totalentreprenad få och ofta begränsade till Stockholm. Det är också svårt att bedöma om båg- och beslag klarar den ökade vikten från 15 kg/m², glas till 30 kg/m², glas.

Fördelar med metod 3 är att det är enklare att ersätta en 3-glas isolerruta (alt 1+2-glasruta) med vanliga klarglas till ny 3-glas isolerruta och det är också en uppgift de flesta glasmästare klarar.

2.3 Utveckling av U-värden för fönster i Sverige

Det beräknas i Sverige finnas fyrtio miljoner m² fönster med enbart 2-glas med ett U-värde på ca 3,00 W/m², K. Försäljningsstatistik från 2009 visade att fönstertillverkarna fortfarande har en försäljning där 25 % består av fönster med U-värde 2,0-1,5 W/m², K. Detta trots stora marknadsföringsinsatser för att öka medvetenheten om fönster med lägre U-värde. Från Diana Avasoo presenteras en utvecklingskurva för fönster i det svenska byggnadsbeståndet nedan i tabell 2.

Tabell 2: Fönsters förväntade U-värde baserat på deras tillverkningsår

Årtal	U-värde fönster	
1950–1970	3,0	
1971–1980	80 %: 3,0 20 %: 2,0	Isolerrutor börjar användas i liten skala
1981–1990	30 %: 3,0 50 %: 2,0 20 %: 1,7	Energiglas och LE-glas introduceras
1991–2005	10 %: 3,0 20 %: 2,0 40 %: 1,6 30 %: 1,2	Energimyndigheten tog fram listor på tillverkare med fönster med låga U-värden. Stimulerade tillverkare att producera energieffektivare fönster
2006–2010	50 %: 1,6 40 %: 1,2 10 %: 1,0	Energimyndigheten initierade frivilliga energimärkningar av fönster vilka stimulerade produktutveckling.

Det framgår dessutom av Diana Avasoo att laborietester av energiförluster genom fönster inte gör skillnad mellan exempelvis fönster med isolerglas och fönster med kopplade båggar. I stället tejpas alla öppningar och testerna tar då till exempel inte hänsyn till energiförluster som uppkommer när kall luft tas in mellan bågarna. Andra

energiförluster i befintliga fönster som kan påverkas av detta sätt att mäta är otätheter mellan karm och båge samt mellan vägg och karm.

I tabell 3 nedan presenteras exempelberäkningar utförda i ett projekt under ledning av Diana Avasoo. Mätningar är utförda enligt SS-EN 10077 på fönster med 10 mm luftspalt mellan karm och vägg.

Tabell 3: U-värden för fönstersystem påverkas av tätning under monteringen

	Fönster med U-värde 2,6 W/m ² , K [W/m ² , K]	Fönster med U-värde 1,49 W/m ² , K [W/m ² , K]
Utan drevning	4,56	3,45
Med endast bottenlist	3,0	1,9

Tabellen illustrerar att fönster som ej tätats ordentligt i monteringen har högre U-värden än de som har tätats. Exempelvis kan ett sämre fönster ha ett lägre resulterande U-värde än ett bättre fönster – om det bättre fönstret ej monterats ordentligt.

2.4 Livscykelanalys

2.4.1 Livscykelanalys i byggnader

Enligt Boverket är livscykelanalys (LCA) en metod för att beräkna klimatpåverkan under en produkts hela livscykel – från att naturresurser utvinns till dess att produkten inte längre används och måste omhändertas⁹. I förlängningen innebär det att metoden även kan användas för att beräkna klimatpåverkan från större sammansatta produkter, eller hela projekt, genom att slå samman de enskilda delarnas klimatpåverkan. Resultatet från en LCA presenteras som GWP, Global Warming Potential, i enheten gram koldioxidkvivalenter, g CO₂-e, för att på ett enhetligt sätt representera de motsvarande koldioxidutsläpp som en produkt bidrar till. GWP representerar utsläppens påverkan på växthuseffekten. Ofta används GWP₁₀₀ eller GWP-GHG (GreenHouse Gas) för att beteckna att man avser utsläppets påverkan på växthuseffekten över en 100-årsperiod, samt att man avser klimatpåverkan exklusive upptag och utsläpp av biogent kol.

⁹ Boverket, 2019. Introduktion till livscykelanalys (LCA). <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> (hämtad 2022-11-09)

För en byggnad kan en LCA delas in i tre olika skeden, se bild nedan. Dessa är A – Byggskede, B – Användningsskede och C – Slutskede.

A1–5 Byggskede		
A1–3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4–5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1–7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1–4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Figur 3: Visar de huvudsakliga skeden som ingår i beräkningen av en byggnads totala klimatpåverkan.¹⁰

¹⁰ Boverket (2019). Introduktion till livscykelanalys (LCA).
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> Hämtad 2022-11-09

I skede A ingår bland annat utvinning av råvaror, förädling av dessa, samt tillverkning och tillkommande transporter.

I skede B ingår bland annat drift, underhåll och reparationer.

I skede C ingår bland annat demontering, rivning, restproduktsbehandling och tillkommande transporter.

För att på ett rättvist sätt representera den klimatpåverkan som uppstår i en produkts livsskede behövs noggranna data från varje skede i LCAn. Exempelvis tas i beaktan de utsläpp som genereras och vilken energianvändning som går åt på platser där ingående råvaror utvinns, i fabriker där råvaror bearbetas och förädlas, samt vilket transportslag och hur långt råvaror färdas för att till slut framställa den produkt som ska användas. Dessa data sammanställs i miljövarudeklarationer, så kallade EPD:er (Environmental Product Declaration). Mycket jobb behövs för att ta fram produktspecifika EPD:er, varför Boverket tillhandahåller schabloner för olika byggprodukters klimatpåverkan via en klimatdatabas. Dessa schabloner syftar till att ersätta EPD:er där dessa ännu ej finns framtagna. Baserat på existerande underlag för liknande produkter har schablonerna lagts konservativt mot vad en verklig EPD hade angivit. På så sätt uppmanas tillverkare att ta fram verkliga EPD:er för att kunna påvisa en mindre klimatpåverkan än den antagna.

Samtliga ovan ingående delar berör LCA-skede A. För skeden B och C är klimatpåverkan högst individuell från produkt till produkt. Det finns därför inte vedertagna mått på klimatpåverkan för dessa skeden i samma utsträckning.

2.4.2 Tillämpning av LCA i förstudien

I denna förstudie används LCA i excelverktyget för att beräkna den klimatpåverkan som genereras i och med en fönsteråtgärd i en byggnad. Med avseende på fönstren ska hela fönsterproduktens LCA från skede A-C tas med. Men för hela byggnaden påverkas endast LCA-skede B – Användningsskedet, då fönsteråtgärden sker under drift av befintlig byggnad och utgör en underhålls-/reparationsåtgärd. Mot bakgrund av detta kommer förstudien att samla in GWP-data för fönsteråtgärdernas klimatutsläpp. Dessa data hämtas ur Boverkets klimatdatabas. Produktinformation, antaganden och avgränsningar för klimatdata återfinns i kapitel 3.1.2.

3 Resultat

3.1 Marknadsöversikten

I kapitlet redovisas en sammanställning av svaren från respondenterna i de intervjuer som gjorts, samt de resultat som excelverktyget ger. Flera svar från respondenter har varit diskuterande, uttömmande och inkluderat aspekter som inte nödvändigtvis efterfrågats. Samtliga svar är upptagna i resultatdelens redovisning för att ge så hög transparens som möjligt av respondenternas kunskaper på området.

Resultatsammanställning från intervjuerna har delats upp i följande delar: Energibesparing och U-värden; Typhus; Renoveringsaspekter; Fönsterbytesaspekter. Resultatet från excelverktyget presenteras för ett valt typhus och demonstrerar hur energi- och klimatbesparing påverkas av respektive fönsteråtgärd.

3.1.1 Energibesparing och u-värden

En majoritet av respondenterna angav att ett fönsterbyte ger en större energibesparing än en fönsterrenovering. Verkligen energibesparing dock är beroende av fler faktorer än U-värde, även montage av fönster och injustering av värmesystemet påverkar. Det är viktigt att kontrollera framledningstemperaturer och att de nya fönstren jämfört med de befintliga fönstren justeras rätt, i annat fall riskerar köldbryggor att uppstå.

Energibesparing vid fönsterbyte varierar med avseende på typ av fönster och fönsterprestanda. Respondenterna anger bland annat att 15–40%, samt 9–10% energibesparing är möjligt på att göra en fönsterrenovering.

Fastighetsägare väljer i snitt att byta ut befintliga fönster när U-värdet ligger på ca 2.5-3 W/m², K. Nya fönster har ett U-värde på ca 0.6-1.0 W/m², K. Ett renoverat fönster kan enligt vissa respondenter komma ner till ett U-värde på ca 1,3 W/m², K med en livslängd på ca 20 år. Andra respondenter tror snarare att det handlar om en sänkning till 1,5–1,8 W/m², K.

Vid renovering av fönster genomförs som regel ingen mätning av U-värde då det inte finns någon kravställning på en sådan mätning.

Anledningar till att byta ut fönster varierar, men generellt genomförs byten inte enbart ur en energibesparande synpunkt då det är en dyr åtgärd med lång återbetalningstid. Orsaker att byta ut fönster kan vara exempelvis fuktskador, dåligt inomhusklimat eller ålder på fönster. En del respondenter ansåg att det inte ger någon energimässigt

fördelaktig effekt att byta ut fönster utan bytet sker på grund av den tekniska livslängden.

En respondent uppger att fönster sällan byts för att spara energi, så det är idag svårt att räkna på och jämföra energibesparing i jämförelse med fönsterbyte. Flera av respondenterna är dock av uppfattningen att det nästan är lika effektivt att renovera som att byta ut fönster samt att renovering återbetalar sig snabbare. Dock används renovering sällan som energibesparande åtgärd, utan framför allt som underhållsåtgärd.

3.1.2 Typhus

Utifrån intervjuresultat har en genomsnittsbyggnad tagits fram. Detta utifrån antal våningar, byggår samt hur stor del av klimatskalet som består av fönster. Data har tagits från de respondenter som kunnat delge byggnadsinformation. Övriga parametrar bedömdes ha för få eller för utspridda svar. De respondenter som ej tagits upp i tabellen var mer osäkra.

Tabell 4: Visar ett urval av svar från respondenter i marknadsöversikten rörande frågor om deras typhus.

Respondent	Snittbyggnad	Byggnads area	Antal Våningar	Årtal byggnader	Värmeanvändning och energibesparing vid fönsterbyte	Andel av klimatskal som består av fönster
A	16 lägenheter i varje byggnad.	980 kvm.	I snitt 2	Medelår 1978	Standardförbrukning 143 400 kWh/år värme. Energibesparing på 1,6 % vid fönsterbyte	-
B	Flerbostadshus från 60-90-talet	-	6-8	1960-1990-talet	-	Ca 30%
C	-	Atemp på 5600 m ² .	Fyra våningar byggt i trä	byggt 2019 (2016-nu)	Snittförbrukning värme för befintligt bestånd var 2021: 84 kWh/m ² och år	Andel fönsterarea ca 15% av total fasadarea för typhusbyggnad
D	Typhus: lamellhus 3-7 våningar.	Snittarea per byggnad är c:a 1800m ²	4 våningar	1982	Värmeanvändning ligger på 80 kWh/m ² . Fönsterbyten gör vanligtvis 5-10% energibesparing.	En uppskattning om 25%
5	30-50-tal samt 50-60-tal	-	3 våningar-4 våningar	30-50-tal samt 50-60-tal	Energibesparing totalt 99 746 kWh/år för 524 fönster vid åtgärd 2-3-glasfönster.	-

Enligt ett flertal tillfrågade respondenter utgör 3-våningshus från 1960-talet den typiska genomsnittsbyggnaden. De tillfrågade uppger även att de uppskattar sin fönsterarea till 15-30% av klimatskalet.

3.1.3 Fördelar och nackdelar med renovering och fönsterbyte

Marknadsöversikten visar att byte av fönster är den vanligaste fönsteråtgärden; de flesta respondenter uppger att de oftast byter fönster vid behov, men att renoverande åtgärder inte är lika vanligt förekommande. Generellt genomförs inte fönsteråtgärder ur enbart ett energibesparingsperspektiv utan på grunder som teknisk livslängd, fuktskador eller dåligt inomhusklimat. Respondenterna uppger också att ett fönsterbyte ger en större energibesparing än en fönsterrenovering. Därför görs renovering av fönster i dagsläget framför allt under omständigheter som kräver att fönster behåller samma utseende, exempelvis om byggnaden i fråga är K-märkt. Andra argument från respondenterna för att genomföra en renovering i stället för ett byte är att återbetalningstiden är betydligt kortare och om en renovering utförs med rätt kunskap och kompetens kan den generera nästintill samma effektivitet som ett byte.

Enligt intervjuresultaten är en stor fördel med fönsterrenovering i förhållande till fönsterbyte att renovering inte förändrar byggnadens utseende. Det kan exempelvis vara kulturmärkta byggnader där det är otillåtet att sätta in nya fönster.

Både fönsterrenovering och fönsterbyten förbättrar U-värdet vilket i sin tur genererar en energibesparing. U-värdet kan vid en fönsterrenovering sänkas från 2,8-3,0 till 1,3 enligt en av respondenterna. En fördel gentemot fönsterbyte uppges vara att ingen nyttillverkning av hela fönster genomförs vid fönsterrenovering och klimatpåverkan från nyproduktion undviks samt resursbesparingar görs. Vissa respondenter betonar att även renovering (och inte bara fönsterbyte) av fönster kan resultera i en bättre inomhusmiljö samt möjliggöra sänkning av framledningstemperaturen.

Återbetalningstiden för renovering av fönster ligger enligt de flesta respondenter på mellan 8-15 år och återbetalningstiden för ett fönsterbyte är ungefär 60 år. Återbetalningstiden, framför allt för renovering, kan dock variera utifrån vilken metod som används samt vilken omfattning av renovering som är nödvändig. En del respondenter som representerar organisationer med begränsade ekonomiska medel lyfter att det finns efterfrågan på renovering som billigare alternativ till fönsterbyte då en del organisationer upplever fönsterbyte som dyrt och något som enbart utförs då det måste utföras för att fönstret håller på att gå sönder och inte ur energieffektiviseringssynpunkt.

Nackdelarna med fönsterrenovering har generellt ansetts övervinna fördelarna. Det finns en utbredd uppfattning om att det är krångligt med fönsterrenovering och att det är mer tidskrävande än utbyte. Vid användning av fabriksstillverkade isolerrutor måste fönstren monteras ner, skickas i väg på restaurering och sedan monteras tillbaka. Renovering av fönster menar respondenterna påverkar de boende i större utsträckning än fönsterbyte.

Vissa respondenter menar att det även kan finnas en misstro mot de entreprenörer som renoverar fönster, där tidsåtgång och kvalitet ifrågasätts.

Enligt intervjuresultat är det generellt smidigare att byta fönster än att renovera befintliga. Detta resulterar i att renovering inte alltid övervägs som ett alternativ. Fönsterbyte är bland respondenterna en mer beprövad metod än fönsterrenovering och upplevs därför ge ett mer säkert resultat. Det finns inte en fastställd kravställning på fönsterrenovering vilket också anses vara ett problem. En fördel med fönsterbyte är smidigheten då bytet kan ske från utsidan av byggnaden, en annan fördel är att fönsteregenskaperna är kända och att det finns en förväntad livslängd och garanti.

En del respondenter har även gått in på renoveringsmetoder. Det mest vanliga tillvägagångssättet som framkommer för renovering av fönster innebär att det skrapas och målas om, att U-värdet förbättras med hjälp av extra isolerruta/kassett samt att det tätas och justerar in. Processen med att renovera i jämförelse med att ta bort och sätta in nytt blir för omständlig enligt flera respondenter. De vanliga metoderna som uppges användas är att en befintlig 2-glaslösning tilläggsisoleras med en invändig isolerruta, det vill säga 2 glas till 3 glas. Andra metoder som har nämnts av flera beställare är isolering och tätning.

En vanlig process vid fönsterrenoveringar vid insättning av isolerruta är att fönstret först hängs ned. I samband med detta tas fönsterbågen med till verkstaden och sedan fräser man in en isolerruta i fönsterbågen, dock finns det oftast begränsad plats i fönsterbågen idag och det är då nödvändigt att ta bort träet för att kunna stoppa in isolerrutan, vilket är lång process, vilket resulterar i att hyresgästerna måste stå utan kompletta fönster minst flera dagar.

3.2 Excelverktyget

3.2.1 Bakgrund excelverktyg

Utifrån de resultat som framkommit under intervjuer har förstudien kunnat se att den mest förekommande åtgärden bland svaranden är att byta ut befintliga fönster mot nya treglasfönster. Det finns generellt få erfarenheter bland svaranden om renoverande fönsteråtgärder, men man uttrycker att detta är intressanta åtgärder för exempelvis K-märkta byggnadsobjekt.

Flera respondenter som intervjuades anger att 15-30 % av deras klimatskal består av fönster, vilket kan ställas mot i förstudien analyserade typhus från 1900-talets andra hälft. Där anges att fönster utgör ca 15-20% av A_{temp} , vilket – beroende på bland annat byggnadernas formfaktor – är jämförbart med 15-30% av klimatskalet. Det bör därför gå att anta att fastighetsägare som respondenterna representerar har byggnader som rent fönstermässigt motsvarar undersökta typhus i litteraturen.

Denna förstudie grundar sig i att utreda klimatpåverkan vid olika typer av fönsteråtgärder. Därför har en typ av renoveringsåtgärd valts för att jämföras med fönsterbyte. Då förstudien inriktar sig mot byggnadsobjekt med äldre originalfönster med större renoveringsbehov har förstudien valt att låta renoveringsåtgärden vara invändig tilläggsisolering av tvåglasfönster. Detta är även en åtgärd som lämpar sig för K-märkta objekt då utvändiga fönsterbåge inte antas påverkas. De två fönsteråtgärder som ställts mot varandra i verktyget är således utbyte av befintligt tvåglasfönster till nya treglasfönster, samt invändig tilläggsisolering av befintligt tvåglasfönster.

Två olika flerbostadshus är sällan helt lika varandra – och fönsteråtgärder som genomförs behöver inte ge samma utfall, vare sig på arbetskostnad, materialkostnad eller minskad energianvändning. Med förstudiens syfte i åtanke behövs således ett förhållandevis lättmanövrerat verktyg som inte nödvändigtvis genererar exakta utfall, men är tillräckligt verklighetstroget för att ge relevanta jämförelser för olika fönsteråtgärder. Därför har flera antaganden och avgränsningar behövt göras för att göra verktyget enkelt att använda, samtidigt som det producerar relevanta utdata.

Verktyget ska kunna visa vilken skillnad i energianvändning och vilken klimatbelastning som de två valda åtgärderna ger. Energianvändningen beror i huvudsak på klimatskalets egenskaper, vilken varierar med olika fönsteråtgärder. Klimatbelastningen beror på hur mycket värme som måste tillföras byggnaden, samt vilken klimatpåverkan materialet och arbetet genererar. I följande avsnitt presenteras de

antaganden och avgränsningar som gjorts, tillsammans med en tabell där ingående data i verktyget presenteras, för att kunna beräkna energianvändning och klimatbelastning.

3.2.2 Antaganden och avgränsningar

Typhus

Som tidigare nämnts är två flerbostadshus sällan likadana. Denna förstudie har valt att luta sig mot de typhus som presenteras i *Så byggdes husen (1880-2000)* av Björk et.al (2013)¹¹. Särskilt har värmetransmissionen genom fönster identifierats som en viktig aspekt. Vid analys av typhus från särskilt årtiondena 1950-1990 kan det konstateras att den årliga värmetransmissionen genom fönster är nästintill oberoende av byggnadens övriga värmetransmission. Därför har beräkningsverktyget utgått från att *beräkna byggnadens värmetransmission genom fönster baserat på fönstrens U-värde* för olika årtal på fönster. Björk et.al (2013) samt intervjuer med Diana Avasoo har legat till grund för de typfönster som har tagits med i verktyget. Därtill har tvåglasfönster med planglas antagits vara en av de absolut vanligaste fönsterlösningarna i flerbostadshus. Detta stöds av ett tidigare uppdrag åt Energimyndigheten där WSP under åren 2000-2010 arbetade med att ta fram energimärkningar av fönster. I början av studien beräknades att cirka 40 miljoner m² tvåglasfönster fanns i Sverige. Många av dessa bör ha bytts ut under 20 års tid, men många lär också kvarstå.

Värmetransmission

Värmetransmission genom ett material kan beräknas med hjälp av värmegenomgångskoefficienten, det så kallade U-värdet. Denna koefficient har enheten: $W/(m^2 * K)$ (Watt per kvadratmeter och Kelvin). Den effekt som materialet transmittar värme med kan därför skrivas:

$P = UAT_d$ där A är materialets area i m² och T_d är temperaturdifferensen mellan materialets två ytor. Den resulterande mängden värme som transmittas genom ett material (i exempelvis en byggnad) beror därför av materialets U-värde, dess ytstorlek, temperaturskillnaden mellan de två sidorna av materialet, samt av hur länge materialet transmittar värme. Värmeenergin som transmittas under en viss tidsperiod kan då uttryckas $E_v = UAT_d t$ (Ws, wattsekunder).

¹¹ Så byggdes husen (1880-2000): arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år; Björk, Cecilia; Kallstenius, Per; Reppen, Laila

Uppvärmningsmetod och uppvärmningssäsong

Den mängd värmeenergi som transmitteras genom byggnadens fönster kan antas behöva ersättas med tillförsel av motsvarande mängd värmeenergi från byggnadens energisystem för att hålla inomhustemperaturen konstant. I förstudien har det antagits att byggnaden förses med fjärrvärme och endast under uppvärmningssäsongen 1 okt – 30 april. Det har även antagits att innetemperaturen i beräkningen är konstant 21°C. Klimatutsläpp från fjärrvärme beror på var i landet som fjärrvärmens produceras, då förutsättningar för värmeproduktionen varierar. Branschorganisationen Energiföretagen tar årligen fram statistik över bland annat fjärrvärmens klimatbelastning i gram koldioxidekvivalenter (g CO₂-e)¹². I förstudien har medelvärdet för hela Sveriges fjärrvärmeproduktion år 2021 använts. Produktionens klimatbelastning är föränderlig över tid och tenderar att bli lägre och lägre för varje år. 2021 års medelvärde speglar nuläget bäst och antas även vara mest robust över tid utan att behöva hantera data för klimatbelastning från Sveriges alla fjärrvärmenät.

Fönsteråtgärdernas klimatpåverkan

Förstudien har antagit att majoriteten av fönsteråtgärdernas klimatpåverkan sker i fönstrens livscykelkedade A (men byggnadens livscykelkedade B). Underlag för skede A1-A3, A5 har hämtats ur Boverkets klimatdatabas. För resterande skeden A4, samt B och C har antaganden gjorts (se nedan om valda produkter).

Nya treglasfönster ur Boverkets klimatdatabas antas vara trä/aluminium, vridfönster, 3-glas. Tilläggsisoleringen antas bestå av 4 mm planglas samt en mängd trä och aluminium som är extrapolerad från relevanta databasprodukter enligt: nytt trä/aluminium, vridfönster, 3-glas (minus) isolerruta, treglas (4-14-4-14-4) (delat med 2).

Samtliga ingående GWP-värden har viktats om till g CO₂-e/m².

Produkterna har dessutom fått ett antaget påslag om 5kg CO₂-e per m² och produkt för att bättre ta höjd för LCA-skede B och C där omfattningen på klimatbelastningen antas vara likvärdig för de två åtgärderna.

Utomhustemperatur

Genom temperaturdata från SMHI har förstudien valt ett antal geografiskt relevanta städer i landet. Olika städer har därför i verktyget en antagen utemedeltemperatur under

¹² <https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatik/miljovardering-av-fjarrvarme/> (hämtad 2022-10-14)

uppvärmningssäsong. Denna snittemperatur är från 2021–22 års uppvärmningssäsong. Eftersom beräkningen av värmetransmission är linjär så används utemedeltemperaturen i stället för att räkna varje enskild dag för sig.

Fönsteråtgärders U-värden och tekniska livslängd

De U-värden som är relevanta att användas för förstudien har framkommit genom intervjuer med Diana Avasoo, glasekspert på WSP. Nya treglasfönster får, med karm och båge inräknat, ett genomsnittligt U-värde som närmar sig 0,8 W/m²K. Äldre tvåglasfönster med planglas som tilläggsisoleras invändigt med ett energiglas får ett U-värde på ca 1,6 W/m²K. Därtill finns andra typer av renoveringsåtgärder som på grund av sin ringa förekomst inte tagits med i beräkningsverktyget. Nya treglasfönster antas ha en teknisk livslängd på 50 år, medan renoveringsåtgärder – om de utförs bra och fackmannamässigt – antas ha en teknisk livslängd på 30 år.

Övriga antaganden och avgränsningar

- Förstudien förenklar synen på fönsteråtgärden till att bara se den som en engångsåtgärd i nutid. Detta görs då det är svårt att förutsäga förutsättningar för framtidens befintliga och nya fönster då nuvarande lösningar nått sin tekniska livslängd.
- Det antas att hela Sverige har samma uppvärmningssäsong då inga officiella geografiska justeringar finns, även om framför allt norra Sverige har en längre uppvärmningssäsong än södra Sverige.
- Verkytet innehåller inga ekonomiska kalkyler eller andra kostnadsberäkningar.
- Det antas att justering av framledningstemperatur ingår i fönsteråtgärden, då inomhustemperaturen i beräkningen hålls konstant på 21°C. Om fönster görs tätare och mindre värmetransmission sker så behöver inte lika mycket värme tillföras byggnaden för att hålla inomhustemperaturen på samma nivå.
- Solvärmestillförsel har inte räknats med.
- Förstudien har antagit att fönster tillverkade på 2000-talet inte är i lika stort underhållsbehov som äldre fönster. Därför är inga nyare fönster än 1990-talet valbara i verktyget.
- Förstudien har antagit att tilläggsisolering alltid ger U-värde 1,6. Nyare fönster som med exempelvis invändigt isolerglas redan har U-värde 1,6 kan antas få ett bättre U-värde med tilläggsisolering, men detta scenario är inte upptaget i beräkningsverktyget.

3.2.3 Indata excelverktyg

Tabell 3: Visar en sammanställning av antagna indata till excelverktyget, baserat på redogörelse i kapitel 3.2.2.

Indata	Värde	Antagande
U-värde fönster (1950;1960;1970;1980;1990)	(3,0; 3,0; 2,6; 2,0; 1,6) W/m ² K	Utifrån Björk et.al (2013) samt Diana Avasoo
Uppvärmningsmetod	Fjärrvärme (klimatbelastning 0,052 kg CO ₂ -e/kWh producerad värme)	Medelvärde svensk fjärrvärme 2021, Energiföretagen
Uppvärmningssäsong	1 okt – 30 april, 5 088 timmar	Utanför uppvärmningssäsongen är fjärrvärmeväxlare avstängd
Konstant inomhustemperatur under uppvärmningssäsong	21°C	-
Klimatbelastning, GWP-GHG (nya treglasfönster; invändig tilläggsisolering av befintliga tvåglasfönster)	(115 kg CO ₂ -e;44 kg CO ₂ -e) /m ² producerat material.	Nya treglasfönster från Boverket, tilläggsisolering från dataextrapolering från Boverket.
Utemedeltemperatur uppvärmningssäsong	Olika beroende på ort, intervall -6,3°C (Kiruna) till +5,47°C (Malmö)	Utifrån temperaturdata från SMHI (uppvärmningssäsong 2021-22).
Fönsteråtgärders resulterande U-värden (nya treglasfönster; invändig tilläggsisolering av befintliga tvåglasfönster)	(0,8 W/m ² K; 1,6 W/m ² K)	Utifrån intervjuer med Diana Avasoo
Fönsteråtgärders tekniska livslängd (nya treglasfönster; invändig tilläggsisolering av befintliga tvåglasfönster)	(50 år; 30 år)	Utifrån intervjuer med Diana Avasoo och Mats Lindström

3.2.4 Översikt – det färdiga verktyget

I beräkningsverktyget presenteras ett antal valmöjligheter för den som vill uppskatta energi- och klimatbesparingar för fönsteråtgärder i ett flerbostadshus. Dessa valmöjligheter illustreras i figur 4 nedan och innefattar följande delar:

Jämföra scenarion

Detta kan med fördel användas av den som endast har översiktlig kunskap om sin byggnad och sina fönster för att jämföra Scenario 1 och 2.

1. Vald fönsteråtgärd
2. Total fönsterarea: fönsterarea inklusive karm för det berörda huset
3. Årtal på befintliga fönster: från 50- till 90-tal
4. Geografisk plats: ortsval från Kiruna i norr till Malmö i söder

Konstruera ett eget scenario

Den som har bra koll på de ingående tekniska lösningarna har här större utrymme till egna indata till beräkningen för Scenario 3.

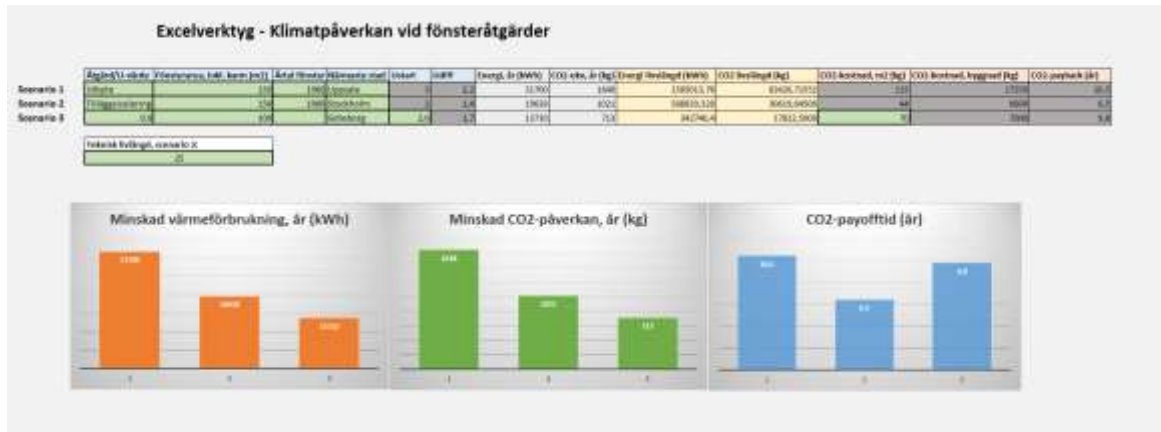
1. Åtgärdens resulterande U-värde
2. Total fönsterarea: fönsterarea inklusive karmandel för det berörda huset
3. Befintliga fönsters U-värde
4. Geografisk plats: ortsval från Kiruna i norr till Malmö i söder
5. Klimatbelastningen för åtgärden (per m² fönsterarea)
6. Åtgärdens tekniska livslängd

Resultatpresentation

Resultatet presenteras huvudsakligen i tre diagram:

- ”Minskad värmeförbrukning, år (kWh)”, en uppskattning av hur mycket den tillförda värmeenergin till byggnaden kan minskas.
- ”Minskad CO₂-påverkan, år (kg)”, en uppskattning av hur mycket byggnadens indirekta klimatutsläpp kan minskas genom lägre energianvändning.
- ”CO₂-payofftid (år)”, en uppskattning av hur lång tid det tar att betala av en fönsteråtgärds initiala klimatbelastning.

I figur 4 nedan illustreras verktygsöversikten i Excel, där de grönmarkerade cellerna är möjliga att ändra för att kunna uppskatta energi- och klimatbesparingar.



Figur 4: Översikt av excelverktyget. Verktyget presenteras som bilaga till denna förstudierapport.

3.2.5 Resultat Excelverktyg

Beräkningsverktyget i sin helhet presenteras i Bilaga 2 till denna förstudierapport.

I figur 5 nedan visas hur fönsterbyte och tilläggsisolering beräknas minska byggnadens årliga värmeförbrukning beroende på vilket årtal originalfönstren tillverkades. Detta visas för en exempelbyggnad med följande egenskaper:

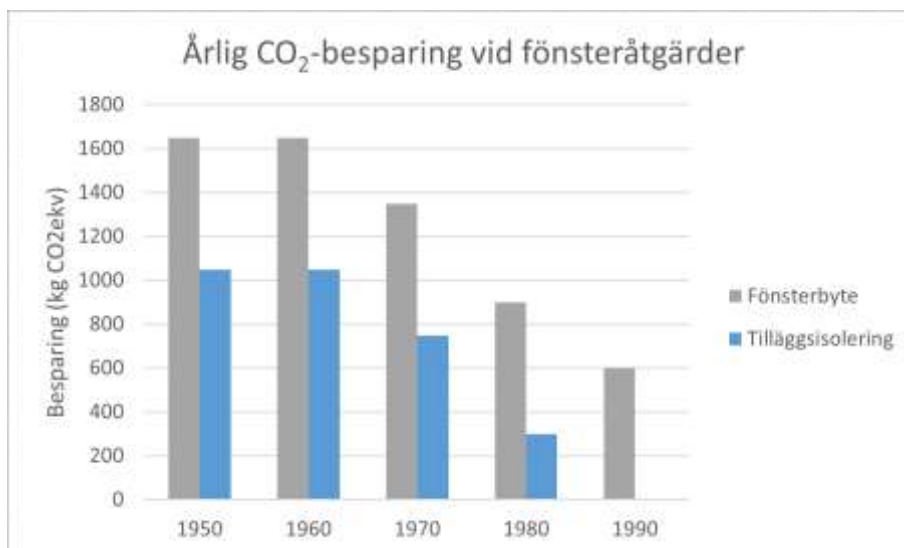
- Geografisk placering i Uppsala
- Fönsterarea 150 m²

Exempelvis ses att byggnaden, med befintliga 60-talsfönster, beräknas spara över 30 MWh respektive 20 MWh årligen i värmeförbrukning för fönsterbyte respektive tilläggsisolering.



Figur 5: Diagrammet visar hur fönsteråtgärderna beräknas påverka byggnadens årliga värmeförbrukning, beroende på vilket årtionde originalfönstren tillverkades.

För samma byggnad visas i figur 6 nedan visas hur fönsterbyte och tilläggsisolering beräknas minska årlig klimatpåverkan genom minskad värmeförbrukning. Till exempel ses att den årliga minskade klimatpåverkan blir drygt 1600 kg CO₂-ekvivalenter (fönsterbyte) respektive drygt 1000 kg CO₂-ekvivalenter (tilläggsisolering) då originalfönstren är från 1960-talet.

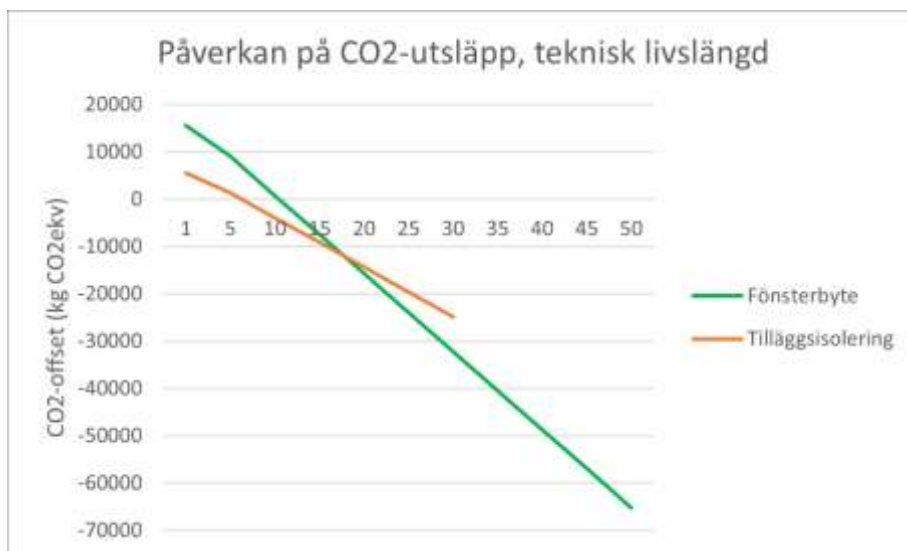


Figur 6: Diagrammet visar hur fönsteråtgärderna beräknas påverka byggnadens årliga klimatpåverkan, beroende på vilket årtionde originalfönstren tillverkades.

Slutligen i figur 7 nedan presenteras hur samma byggnads klimatpåverkan förändras (utifrån normalläget att inte genomföra någon åtgärd) under fönsteråtgärdens tekniska livslängd. För detta räkneexempel har fönster från 1960-talet valts. I diagrammet används termen "CO₂-offset" för att beskriva förändringen i klimatpåverkan för en fönsteråtgärd jämfört med normalläget.

Den beräknade initiala klimatpåverkan för att genomföra åtgärderna innebär klimatutsläpp om 17 250 kg CO₂-ekvivalenter för fönsterbyte, medan det för tilläggsisoleringen blir 6 600 kg CO₂-ekvivalenter. Fönsterbytet genererar en högre initial belastning, men kan genom minskad energiförbrukning ta i kapp detta på drygt 10 år. Tilläggsisoleringen har en något lägre initial klimatpåverkan och kan ta i kapp denna redan efter drygt 6 år.

De båda lösningarna beräknas uppnå samma CO₂-offset efter ca 18 år. Sett över hela den antagna tekniska livslängden för de två fönsteråtgärderna så beräknas fönsterbytet, jämfört med normalläget att inte genomföra någon åtgärd alls, kunna bidra till minskade utsläpp om ca 65 000 kg CO₂-ekvivalenter över 50 år. Motsvarande siffra för tilläggsisoleringen är ca 25 000 kg CO₂-ekvivalenter sett över 30 år. Det går därför att konstatera att fönsterbytet i detta verktyg beräknas prestera bättre, sett till både energiförbrukning och klimatbelastning, jämfört med tilläggsisoleringen.



Figur 7: De båda fönsteråtgärdernas påverkan på byggnadens klimatutsläpp under åtgärdernas tekniska livslängd

4 Diskussion

4.1 Fjärrvärmeproduktion och klimatbelastning

I förstudiens excelberäkning användes den genomsnittliga klimatbelastningen från svensk fjärrvärme för att beräkna årlig klimatbesparing som funktion av energibesparing. Beroende på vilken av Sveriges ca 130 fjärrvärmeleverantörer (vissa med flera olika fjärrvärmenät) man köper sin värme ifrån så har produktionen olika höga emissioner av växthusgaser. Mot Sverigesnittet på 0,052 kg CO₂-e/kWh kan exempelvis ställas Uppsalas (0,187 kg) eller Luleås (0,018 kg) fjärrvärmenät.

För Uppsalas fjärrvärme går det att konstatera att fönsteråtgärdernas initiala klimatbelastning hade kunnat tas i kapp mer än tre gånger snabbare, medan det för Luleås fjärrvärme hade tagit mer än dubbelt så lång tid. I Uppsalascenariot påverkas klimatbelastningen mer av det minskade fjärrvärmebehovet än i Luleå. Luleås fjärrvärmes lägre klimatbelastning gör att fönsteråtgärder (eller andra värmebesparande åtgärder) inte är lika intressanta ur ett klimatutsläppsperspektiv, utan mer som renodlade energibesparingsåtgärder.

Vid en viss klimatbelastning i Byggskedet (A) nås en punkt då fönsteråtgärden inte alls utgör en klimatbesparing under åtgärdens tekniska livslängd. Vid den punkten kommer den potentiella fönsteråtgärd som står för den lägsta initiala klimatbelastningen vara mest önskvärd, då energibesparingen i sak inte genererar samma klimatbesparing.

Detta resonemang kan i förlängningen föras för energibesparande åtgärder i allmänhet. Om energin blir tillräckligt klimatvänlig så ger energibesparingen försumbar klimateffekt och andra LCA-skeden för högre betydelse. Detta blir sannolikt verklighet, då det i dagsläget finns planer om att fasa ut de sista fossila bränslen inom fjärrvärmen till 2025. Ur ett energiperspektiv går det dock att konstatera att energiproduktion inte har oändlig kapacitet. Så även om en energibesparande åtgärd inte tillför direkt klimatbesparing så medför den i förlängningen att mindre energi behöver produceras och medför fördelar på systemnivå.

Om detta scenario kan uppnås i framtiden för svensk fjärrvärmeproduktion så finns det anledning att tro att klimatnyttan med exempelvis en fönsteråtgärd förlorar relevans och fokus i stället flyttas till rena resurs- och kostnadsfrågor. Detta medför i förlängningen att fönsteråtgärder medför ren klimatbelastning i sina respektive LCA-skeden A och C, men att de inte kan väga upp detta i skede B.

4.2 Fönsteråtgärder och beställarkompetens

Respondenterna från intervjuerna anser att fönsterbyte har varit det mest fördelaktiga alternativet utifrån energieffektiviseringssynpunkt framför renovering, vilket stämmer väl överens med Diana Avasoos uppfattning såväl som de excelberäkningar som presenterats.

Resultatexemplet från excelverktyget indikerar att de två fönsteråtgärderna presterar likvärdigt över en tidshorisont på cirka 18 år. I de flesta fall är det önskvärt att fönster ska sitta kvar längre än så efter genomförd åtgärd. Undantagsfall kan finnas, men som energi- och klimatsparande åtgärd visar såväl excelverktyget som intervjuer med Diana Avasoo att ett fönsterbyte är den bästa åtgärden för i förstudien upptagna fönstertyper. På samma spår går det även att slå fast att det är bättre att göra någon åtgärd än ingen alls. En del respondenter uppger att fönsteråtgärder genomförs när fönstren är nästan fallfärdiga. För dessa fastighetsägare hade man sparat både på energi och klimatbelastning om man genomfört fönsteråtgärder tidigare.

Vidare visar beräkningar i excelverktyget, liksom expertintervjuer, att byte till nya fönster är den åtgärd som sparar mest energi. I intervjuer med övriga respondenter förekommer dock uppfattningen att renovering kan vara nästan lika energieffektivt. Detta kan naturligtvis variera från fall till fall, där bättre originalfönster gör att ett fönsterbyte inte genererar samma besparingspotential. Få respondenter har dock indikerat full koll på de tekniska förutsättningarna för sina byggnader och vad olika fönsteråtgärder ger för resultat för just deras byggnad. Energibesparing vid endast fönsterbyten och renoveringar har för respondenterna varit svårt att beräkna eftersom fler energibesparande åtgärder ofta genomförs vid samma tidpunkt.

En farhåga som finns hos beställare som intervjuades i studien är att det vid en fönsterrenovering finns osäkerhet kring vilka energibesparingar en fönsterrenovering skulle kunna ge, då det finns svagheter med hur dessa mätningar för renoverade fönster utförs idag. Dessutom finns det inte någon kravställning att ett U-värde på ett renoverat fönster mäts. Diana Avasoo nämner att U-värdesmätning av ett renoverat fönster utförs med en metod som kan vara missvisande. Vid laboratorietester av energiförluster likställs isolerglasfönster med fönster med kopplade bågar. Det innebär att de testerna inte tar hänsyn till energiförluster som uppkommer när kall luft tas in mellan bågarna. Detta kan i förlängningen leda till att fastighetsägare får sämre resultat av sin fönsterrenovering än de först antagit.

Det förefaller vara så att det finns ett behov av att utveckla beställarkompetensen på området. Flera respondenter har goda kunskaper om sina byggnader, fönsteråtgärders

ekonomiska aspekter och hur boende påverkas av respektive åtgärd. Däremot verkar flera respondenter ha sämre koll på nuvarande installerade fönster och tekniska förutsättningar för fönsteråtgärder. De saknar dessutom i mångt och mycket erfarenhet av fönsterrenovering. Här är det viktigt att tillgängliggöra verktyg för att underlätta och utbilda, vilket är det utrymme denna förstudie syftar till att fylla.

4.3 Fastighetsägares behov och marknadsutbud

Då många organisationer eller beställare med mindre ekonomiska medel inte alltid har råd med fönsterbyte som åtgärd kan det vara av intresse att smidigare och mer lättillgängliga renoveringsåtgärder tas fram. Respondenterna nämnde att återbetalningstiden för renovering av fönster är 8-12 år samt för nytillverkade fönster är 50 år vilket är en betydande skillnad ekonomiskt. Vidare bör också betydelsen av underhåll av fönster för att öka dess livslängd lyftas.

För att renovering ska övervägas i högre grad av beställare måste också U-värdesmätningen som görs av renoverade fönster bli mer tillförlitlig. Den bör på ett bättre sätt spegla fönstersystemets egenskaper, i stället för att exempelvis utesluta luftläckage in i bågar. I dagens energikris när intresset för energieffektiviseringsåtgärder troligtvis har ökat i samband med de ökande elpriserna, är det kanske fler flerbostadsägare som vill ha möjlighet att utföra fönsteråtgärder för att minska sina värmeförluster men som inte har råd att byta ut fönster och i stället önskar renovera sina fönster för att minska värmeförlusterna och efterfrågar mer välfungerande och smidiga renoveringsåtgärder av fönster.

En annan aspekt som bör tas upp är hur fönsters livslängd kan ökas utan att göra avkall på kvalitet och därigenom minska fastighetsägares behov av att behöva köpa nytt. Denna förstudie har riktats mot åtgärder som ger energibesparingar och därigenom klimatbesparingar, men antaget en god energiprestanda i originalskick så bör den prestandan kunna återfås med enklare renovering. Detta scenario är inte upptaget i rapporten, men är relevant för många beställare som drar sig för att genomföra fönsteråtgärder. Rätt utförda åtgärder i rätt skede kan bidra till att öka livslängden hos och återställa energiprestandan i fönstren. På så vis minskas behovet av nytt material samtidigt som åtgärden även minskar byggnadens uppvärmningsbehov. För den enskilda fastighetsägaren kan det också leda till sänkta kostnader i det långa loppet, då väl underhållna fönster inte behöver bytas lika fort.

Det kan sammanfattat uttryckas som att de behov som dagens fastighetsägare har inte kan mötas på ett optimalt sätt av marknadsutbudet. Tillgängliga åtgärder är oftast för

dyra eller för omständliga, vilket leder till sämre underhållna fönster och sämre inomhusmiljö i flerbostadshusen. Behovet av lättillgängliga underhållsåtgärder är tydligt - åtgärder som dessutom ger vad de lovar i termer av U-värde samt energibesparing och funkar för fastighetsägarnas plånböcker.

4.4 Återbruk och framtidens nyproduktion av fönster

Slutskedet i fönstrens livscykel, skede C, är inte behandlat i större omfattning i denna förstudie. Det är dock viktigt att se till återbruk och resursoptimering i detta skede. För att minska behovet av nya materialresurser bör man se till att så mycket som möjligt av materialet i fönster kan återbrukas. Idag har fönsterglasåtervinning blivit vanligare, men det är även relevant att se till möjligheter att återbruka resterande delar av fönstret. I form av pant har branscherna för aluminiumburkar och andra förpackningar kunnat öka sin materialåtervinning under de senaste åren. Även fönster kan ha betydande delar aluminium där det således finns en återbrukspotential. Ett material som dock är svårt att återvinna är behandlat trä i olika former. Det kan därför vara av intresse att se över metoden för produktion av nya fönster till flerbostadshus och optimera den med avseende på återvinning och underhåll. Jämfört med dagens befintliga fönster kan återbrukspotentialen ökas om man undviker behandlat trä som eventuellt måste deponeras när fönstren rivs. Framtidens fönster kan på så sätt vara lättare att materialåtervinna till nyproduktion.

5 Slutsatser

Det går att konstatera att fönsterbyte, sett till såväl intervjuer som excelverktyget, är den bättre lösningen för att minska såväl energiförbrukning som långsiktig klimatpåverkan, detta framför allt på grund av det avsevärt bättre förväntade U-värdet för nya fönster. Att tilläggsisolera fönster kräver dock mindre material och är därför initialt en mindre klimatbelastning. Den lägre energiförbrukningen efter fönsterbyte medför däremot att klimatpåverkan totalt sett blir lägre under åtgärdens tekniska livslängd jämfört med tilläggsisolering förutsatt att nytillverkade fönster håller hela sin tilltänkta livslängd.

En tydlig slutsats som går att dra är den om beställares tekniska kunskaper om befintliga fönster och vilka tekniska förutsättningar fönsterbyte respektive renovering har. Här hoppas förstudien att teknisk bakgrund, intervjuer med expertis och ett beräkningsverktyg kan användas för att förbättra nämnda kunskaper. Respondenterna i studien har god kunskap om ekonomiska aspekter och förhållanden för de boende i samband med fönsteråtgärder. Det går dock att argumentera för att ökad kunskap om

fönsteråtgärders tekniska och klimatmässiga förutsättningar kommer att kunna leda till bättre investeringsbeslut hos fastighetsägare.

En aspekt som inte tagits upp i förstudien, men som framgick ur intervjuer, är avsaknaden av transparenta metoder för renovering. Som nämnts finns i dagsläget inte samma kravställning på redovisning och kvalitet för renoverande åtgärder. Dessutom kan laborietester av fönster bli missvisande då kvaliteten på befintliga fönsterbågar och karmar kan variera. Det finns metoder för renovering på marknaden, men kontrollen av dessa ger utrymme för bättringspotential.

6 Förslag på fortsatt arbete

Marknadsöversikten tillsammans med diskussionsavsnittet gör klart att det sällan är så enkelt för beställare att genomföra fönsterbyte, då de även har ekonomiska aspekter att ta hänsyn till. Ofta väntar man med åtgärder tills fönstren är helt uttjänta.

Denna studie efterfrågar utveckling på området för att göra renovering mer lättillgängligt för de som vill genomföra fönsteråtgärder, men upplever att renovering är svårt att genomföra samt att fönsterbyte är för dyrt. Framför allt efterfrågas transparens och tydligare redovisningskrav för renoverande åtgärder.

Förstudien efterfrågar även en annan syn på nyttillverkning av fönster, där man i högre utsträckning bör tillverka fönsterkonstruktioner som designas med utgångspunkten att de lättare ska gå att renovera och materialåtervinna. Detta kan exempelvis göras med ett tydligare modultänk, med fönster som lättare kan plockas isär för att kassera eller renovera enskilda delar. På så sätt minskas materialåtgången under fönstrens livslängd, men även fönstertillverkningens behov av ny råvara.

Bilaga 1: Intervjufrågor

1. Hur ser snittbyggnaden ut med avseende på energianvändning?
2. Vilken är er genomsnittliga byggnadsarea?
3. Hur många våningar har ert bostadsbestånd i snitt?
4. Hur gamla är era hus i genomsnitt?
5. Ungefär hur stor värmeanvändning har genomsnittsbyggnaden?
 - a. Hur stor uppskattar du besparingen blir om man gör ett byte av fönster?
6. Hur stor del av byggnadernas klimatskal uppskattar du består av fönster?