

Den mest klimavenlige vinduesudskiftning

Rev. A

Realdanias COVID-19-indsats – Sammen om bæredygtigt byggeri



Indholdsfortegnelse

0	Indledning	03
	Konklusion	05
	Perspektivering	06
	Potentialer i fsb HJEM	07
1	Metodebeskrivelse & Beregningsforudsætninger	
	Livscyklusvurdering i LCA byg	09
	Levetidsbetragtninger	10
	Varmebesparelse	11
	Energidata	12
	Miljødata	13
	Totaløkonomisk LCC byg	14
	Prisdata	15
2	Resultat	
	Varmeforbruget til opvarmning	17
	Livscyklusvurdering i LCA byg	18
	Miljøparametre, Øvrige	21
	Totaløkonomisk beregning i LCC byg	23
	Opsummering af resultater	24
3	Variantsammenligning	
	Præstevænget (projektcase)	27
	Fælledhaven (projektcase)	31
4	Genanvendelses-potentialet for de gamle vinduer	
	Genanvendelsespotentialet (analyse)	36
	Metode for kortlægning af mulig genanvendelse	37
	Præstevænget (projektcase)	40
	Præstevænget, Metode for kortlægning af mulig gen.	41
	Fælledhaven (projektcase)	44
	Fælledhaven, Metode for kortlægning af mulig gen.	45
	Henvisninger & Bilag	47

0.1 Indledning

Analysens formål

Nærværende undersøgelse er udsprunget af et ønske fra boligforeningen fsb om, at kortlægge den mest klimavenlige vinduesudskiftning, da man i fsb har en lang række afdelinger, som står overfor en kommende vinduesudskiftning. Nogle af fsbs afdelinger har i dag plastvinduer fra 1980'erne, som er udtjente og svære at finde reservedele til. Derfor er renovering ikke et tema, og udskiftning er dermed en forudsætning.

Det ønskes derfor undersøgt hvilket vindue, der er det mest klima-venlige og dette perspektiveres derudover op imod et mere holistisk bæredygtighedssyn, hvor økonomi og sociale faktorer ligeledes belyses.

Nærværende rapport anviser konkrete værktøjer, som andre almene boligorganisationer kan anvende, når de skal beslutte, hvilke vinduer der vil være mest fordelagtige at udskifte til i deres konkrete afdelinger. Herunder med en tydelig nødvendig stillingtagen til, hvad man ønsker at vægte højest: Klima & miljø, Økonomi eller Social Kvalitet.



Denne analyse kommer først og fremmest med svar på, hvilken vinduestype, som er den mest klimavenlige. Sekundært perspektiveres op mod Brundtland Kommissionens to andre globale bæredygtighedsbetragtninger: Økonomi og Social kvalitet, i to konkrete projektcases

- Præstevænget, et funktionalistisk, byggeri med fra 1950 med plastvinduer fra 1980'erne
- Fælledhaven et nyere byggeri fra midt 00'erne, med mahognivinduer

Analysen sammenligner derfor nogle udbredte, aktuelle vinduestyper og afdækker, hvilket alternativ der bidrager mindst til global opvarmning, dvs. har det mindste Global Warming Potential (GWP). GWP beregnes jævnfør LCAByg ud fra generiske miljødata og konkrete mængder for et vindue i standard-

størrelse. Denne beregning giver svar på det primære spørgsmål om den mest klimavenlige vinduesudskiftning.

Til at belyse det økonomiske perspektiv, er der udført LCC beregninger på hver af de udvalgte vinduestyper, og slutteligt peges der på typiske sociale kvaliteter, som ligeledes bør indgå i betragtningen om, hvilket vindue en konkret afdeling bør vælge, hvis man fokuserer på den holistiske bæredygtighedsbetragtning og ikke kun på klima og miljø.

De udvalgte vinduestyper, som analyseres, er hhv. træ/træ- og træ/alu-vinduer med hhv. 2-lags og 3-lags ruder.

På de to udvalgte projektcases, vil vi illustrere selve værktøjsanvendelsen og brede bæredygtighedsbetragtningen ud for at perspektivere til for eksempel lokale og konkrete forhold, som også bør indgå i beslutningen om, hvilket vindue der bør vælges til den konkrete afdeling.

Vi anviser derudover en metode til at kunne inddrage det cirkulære bidrag i en klimavenlig vinduesudskiftning ved at afdække potentialet for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse for de gamle vinduer, og hvordan deres bidrag vil indgå i den samlede vurdering. Selve beregningerne af bidrag/belastning af GWP for de to projektcases, ligger ud over denne rapport's omfang, hvorfor det kun er metoden, som bliver belyst.

Projektet er finansieret af Realdania og gennemføres i rammerne af det strategiske partnerskab fsb HJEM.

Rubow har forfattet rapporten og stået for LCA- og LCC-beregningerne. fsb, NCC og COWI har givet input. COWI har beregnet nettovarmetab samt leveret input til LCA-beregningerne.

Resultaterne af analysen kan bruges ved udskiftning af vinduer i både almene og private boliger, og de vil blandt andet indgå i beslutningerne for de afdelinger, der administreres af fsb, og som renoveres under det strategiske partnerskab fsb HJEM.



0.2 Konklusion

Den mest klimavenlige vinduesudskiftning

Hovedopgaven for analysen var at finde den mest "klimavenlige" løsning, når vinduerne i et byggeri skulle udskiftes, og istandsættelse ikke længere var tilstrækkeligt. Dette blev undersøgt gennem livscyklusvurderinger (LCA) af forskellige vinduesalternativer ved brug af softwaren LCAbyg.

Analysen viser, at træ/træ-vinduerne bidrager markant mindre til global opvarmning og altså har lavere GWP end træ/alu-vinduerne. Analysen viser desuden, at vinduerne med 3-lags ruder har lavere GWP end vinduerne med 2-lags ruder, da de bidrager med en bedre Eref-værdi og dermed sørger for en varmebesparelse, som opvejer det ekstra lag glas og dettes GWP-aftryk ifm. fremstillingen.

De gennemførte livscyklusvurderinger (LCA) besvarer hovedopgaven for analysen: Det mest klimavenlige vindue er et træ/træ vindue med 3 lags ruder.

MEN...

Analysen af den mest klimavenlige vinduesskiftning kan ikke stå alene i en vinduessag.

Valg af vinduestype vil være afhængig af prioriteter i det konkrete projekt, hvor beregningernes resultat må vægtes ift. en række øvrige parametre for at træffe det mest bæredygtige valg, herunder økonomiske parametre og sociale kvalitetsparametre.

0.3 Perspektivering

Beslutningsgrundlag ved en vinduesudskiftning

ØKONOMISKE PARAMETRE

Totaløkonomi er i praksis så afgørende en parameter, at det også er undersøgt nærmere i nærværende analyse. Det ses, at hvis man vælger at vægte Klima og Økonomi lige højt (50/50), vil det totaløkonomiske mest fordelagtige vindue være et træ/alu vindue med 3-lags ruder.

SOCIALE KVALITETSPARAMETRE

Ser man holistisk på bæredygtighed og vægter klima 50%, Økonomi 25% og Sociale parametre 25%, vil resultatet variere fra projekt til projekt, da de sociale parametre er afhængige af det konkrete projekts oprindelige arkitektur, og den konkrete kommunes interesse i facadeudtrykket. Nogle parametre afhænger af materialekarakteren. Andre parametre knytter sig til den oplevede kvalitet i boligen.

Ydre fremtræden

Kulturarv og arkitektonisk tilpasning er kommet højere op på dagsordenen i landets kommuner, hvor man er blevet mere bevidst om at værne om de arkitektoniske kvaliteter, som de forskellige tidsperioder bidrager med. Man ønsker at sikre, at fortællingen i gadebilledet forbliver så original og detaljetro som overhovedet muligt, for at bidrage positivt til de oplevelsesmæssige kvaliteter i byernes gader. Fokus vil i mange kommuner være at genskabe oprindelige udtryk, men med moderne komfort og standardprodukter - medmindre der er tale om meget høj bevaringsværdi. Her kan det komme på tale at anvende specialiserede løsninger, men det vil mere være undtagelsen end reglen.

Funktionalitet

Almene boligforeninger er pålagt at optimere på drift årligt, hvorfor det er nødvendigt at designe vinduer, således beboerne kan pudse og drifte deres nye vinduer selv. Ud over hensigtsmæssige pudsefunktioner vil beboerne stille krav om nemme og trygge muligheder for at kunne lufte ud.

Indeklima

Den primære forskel blandt de undersøgte varianter er imellem 2-lags ruder og 3-lags ruder, som påvirker indeklimaet på lidt forskellig vis. Den største forskel er i evnen til at transportere varme. Om vinteren er det en fordel ved 3-lags ruden, at den isolerer dobbelt så godt som 2-lags ruden, mens det om sommeren både kan være en lille fordel og en lille ulempe, da der godt nok

er et lavere energitilskud (g-værdi) fra 3-lags ruderne, men de holder bedre på varmen, hvis den først har fundet vej ind i boligen (Eref). Dernæst er der forskel på, hvor meget dagslys, der kommer gennem ruderne, hvor 2-lags ruden lukker ca. 10% mere dagslys ind. Et vindue med 3-lags rude kan dog være 10% større og stadig have et betydeligt mindre varmetab end vinduet med 2-lags rude. Dette er dog ikke altid muligt at sikre i en vinduesudskiftning (fx ved at sænke brystningshøjden), så man skal være opmærksom på, om man kan leve op til dagslyskravene i Bygningsreglementet, når man vælger mellem 2- eller 3-lags ruder. Endelig lukker 2-lags ruden ca. 10% mere solvarme ind. Det er en lille fordel om vinteren, mens det er en lille ulempe om sommeren.

Genanvendelsespotentiale - ved valg af nye vinduer

Det kan selvfølgelig være svært at vide, hvordan man i fremtiden arbejder med ressource-upcycling og genanvendelse. Så vi kan kun tag udgangspunkt i den viden, vi har i dag og udarbejde vores vurderinger på baggrund af, hvilke naturlige ressourcer, som vi allerede nu ved er i knaphed eller snart bliver knappe.

Grunden til at vi inddrager en vurdering af fremtidigt genanvendelsespotentiale er, at vi ønsker, at man som forbruger tænker på, hvordan man påvirker miljøet, når det indbyggede produkt når end-of-life (EoL). De valg der træffes i dag, har konsekvenser for det aftryk vi sætter, når bygningsdelen ikke længere kan opfylde sin funktion.

I nærværende analyse er der kun anvist en metode for, hvordan man kan undersøge på genanvendelsespotentialet. Dermed er der ikke konkluderet på, hvordan de enkelte vinduers genanvendelsespotentiale kan påvirke den samlede vurdering af det holistiske mest bæredygtige vindue. Genanvendelsespotentialet kan påvirke den samlede vurdering på alle tre bæredygtighedsparametre i form af:

Klima & Miljø: Sparet/forbrugt CO₂ og dermed en påvirkning af GWP

Økonomi: Mulig gevinst ved videresalg af enten råvarer eller hele komponenter til upcycling eller direkte genanvendelse/udgifter til bortskaffelse
Socialt: Anvendelse lokalt i boligafdelingen, til fællesskabsopbyggende faciliteter, f.eks. at bygge et fælles drivhus.

0.4 Potentialer i fsb HJEM

Opsumering på analysen

VÆRKTØJER

Analysen opstiller en række værktøjer, som kan understøtte nye arbejdsmetoder ved vinduesudskiftninger, og som kan anvendes som beslutningsgrundlag og til dialog og planlægning.

Analysen kan sikre et større fokus på miljøpåvirkning, økonomi og drift set over en livstid, dertil et større fokus på bygningskomponenters opbygning, samlede levetid og byggeteknik ift. at det skal være let at udskifte og nedtage vinduet i elementer. Dette fokus gør sig gældende både når eksisterende vinduer vurderes, og når der træffes valg om et nyt produkt. Det kan desuden sikre integration af krav fra eks. DGNB-certificeringer eller den frivillige bæredygtighedsklasse.

POTENTIALER I fsb HJEM

fsb HJEM har mulighed for at anvende analysen i deres arbejde i projekterne hvor hhv. variantsammenligningsværktøjet og metoden til afdækning af genanvendelsespotentialer kan anvendes direkte.

Samtidig kan analysen danne afsæt for en større opmærksomhed på fsbs portefølje, hvor samspillet imellem projekter og erfaringsdeling samt ens fremgangsmåder og metoder kan optimeres. Dette kan være første led i at igangsætte en intern ressourcebank i fsb, samt muligheden for at sikre udviklingen på tværs af sagerne.

Partnerskabsaftalen (De strategiske Partnerskab HJEM) har de bedste forudsætninger for integrerede samarbejder og rettidig involvering af aktører i genbrugs-/genanvendelse branchen, og der kan potentielt fastlægges nye samarbejder med udvalgte aktører på tværs af sager.

Konkret har opmærksomheden på genanvendelse i den ene projektcase, Præstevænget, ført til ideen om at igangsætte en undersøgelse af, hvor og hvilke beslag de øvrige afdelinger efterpørger til deres gamle plastikvinduer, med henblik på at deres levetid kan forlænges, og en reel udskiftning dermed kan udsættes.

SAMARBEJDE I DET ALMENE

Analysen er lavet for Realdania og henvender sig generelt til det almene.

Bæredygtighed finder indpas på flere planer: Politisk, hos bygherre, rådgivere og udførende. Rapportens værktøjer kan anvendes til at understøtte beslutningsprocesserne hos de enkelte bygherrer, men også danne afsæt for i højere grad at samarbejde i branchen f.eks. ved et større fokus på cirkulære bidrag til aktører uden for egen organisation ved en vinduesudskiftning.

DIFFERENTIERET FRA DEN FRIVILLIGE BÆREDYGTIGHEDSKLASSE & DGNB

Nærværende analyse kan anvendes som reference i arbejdet med DGNB og den frivillige bæredygtighedsklasse, men kan ikke direkte anvendes da beregningsforudsætningerne og resultaterne ikke fremkommer efter samme metode som i de to ordninger.

F.eks. er spild og transport ikke medregnet i livscyklusvurderingen, og der er i LCAen ikke taget højde for den regulerende faktor ved anvendelse af genereisk miljødata, som er et krav i DGNB.

1

Metodebeskrivelse & Beregningsforudsætninger

1.1 Livscyklusvurdering i LCA byg

Metodebeskrivelse

Nærværende livscyklusvurdering beror på beregningsmetoder anvendt ved "Den frivillige bæredygtighedsklasse". Beregningsprogrammet LCAbyg er anvendt (udgave: LCAbyg 5 5.1.0.10 (13)), som er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet med økonomisk støtte fra Trafik- og Byggestyrelsen.

I vurderingen er faserne A1-A3, B4, C3 og C4 inkluderet iht. EN15978 og med afsæt i FBK, men hvor spild og transport ikke er medregnet (se Livtidsbetragtning s. 5).

I resultatet ekskluderes fasen D (udenfor projekt), men perspektivering forholder sig til potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse.

4 VARIANTER

Analyserne foretages på de 4 vinduesvarianter hhv. træ/træ 2-lags, træ/træ 3-lags, træ/alu-2 lags, træ/alu 3-lags. Livscyklusvurderingen er lavet for et vindue på 1.82 m² svarende til arealet på referencvindue med dimensionen 1.23m x 1.48m (referencvindue i BR18). Vinduestyperne er opbygget af rude, ramme, karm, tætning samt overfladebehandling.

LEVETIDER & BETRAGNINGSPERIODE

Betragtningsperiode er 50 år og levetider er baseret på levetidstabel i LCAbyg. Levetider er iht. LCAbyg pr. byggevare.

MILJØDATA (EPD)

I analysen anvendes miljødata baseret på generiske data fra Ökobaudat* (dato juni 2021). Valg af faser er baseret på tilgængelige miljødata. Der findes i øjeblikket ikke produkt EPDer på de

udvalgte vinduesvarianter, og analysen er derfor baseret på tilgængelige miljødata i LCAbyg. VinduesIndustriens vindue med produkt EPD er anvendt til perspektivering. Den omfatter dog kun fase A1-A3 og er ikke tredjeparts godkendt.

MÆNGDER

Mængder er baseret på referencevindue og omregnet i mængdeomregner til den rette enhed iht. miljødata (se Bilag B).

De fire vinduesvarianter er opbygget således at ramme/karm, fuge og tætning er i løbende meter og rude er i areal. Overfladebehandling er opgivet i kg maling/olie.

RESULTATER

Resultatet er vist i kg CO² eq. og indgår som led i en variantsammenligning, hvor de fire varianter ligeledes vurderes Totaløkonomisk og ift. varmetab ved udskiftning fra eksisterende referencevindue.

DRIFTSFORBRUG TIL VARME

Driftsforbrug til varme har afsæt i varmetabs/varmebesparingsberegningen (fjernvarme) og er vurderet ud fra 1 m² opvarmet areal. For hver vinduesvariant er varmebesparelsen anvendt som driftsenergi.

SPILD OG TRANSPORT

Spild og transport er ikke medregnet.

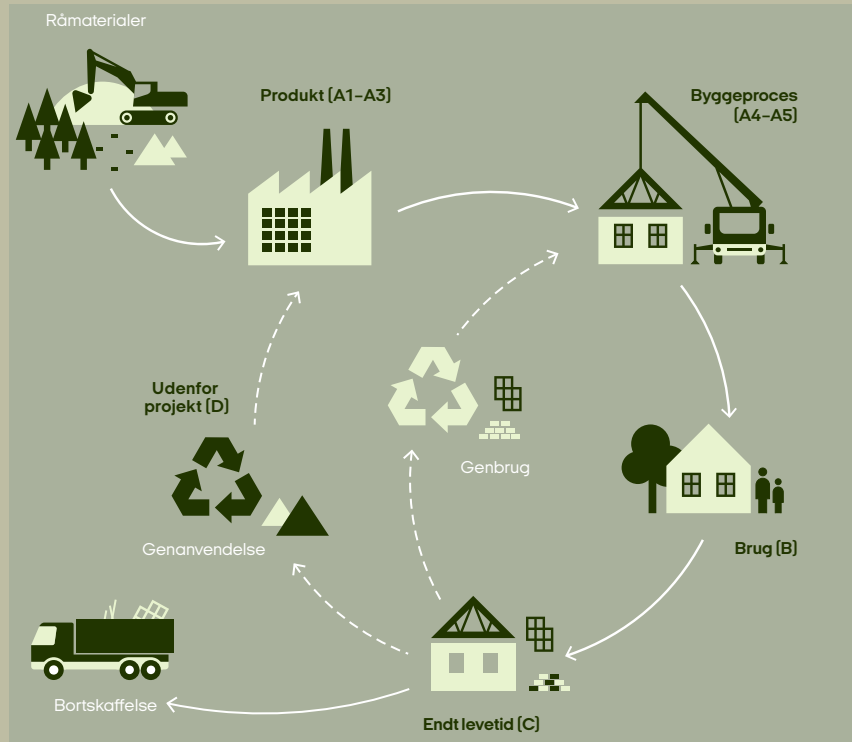
1.2 Levetidsbetragtning

Fase iht. den europæiske standard DS/EN 15978:2012 (CEN, 2012)

Livscyklusvurdering (LCA) er en metode, som viser den potentielle miljøpåvirkning og ressourceforbruget kortlagt i hele byggevarens livsforløb, fra vugge til grav. Metoden inkluderer fremskaffelse af råvarer, produktion af

bygge materialer, energi- og ressourceforbrug ved drift og vedligehold, samt bortskaffelse og eventuelt genanvendelse af bygningsdele og byggematerialer.

/ Illustrationer er fra den frivillige bæredygtighedsklasse



Livscyklusser er inddelt i fem faser, som igen er inddelt i 17 moduler.

Illustrationer: "LCA i praksis Introduktion og eksempler på livscyklusvurderinger i byggeprojekter" Trafik, bygge og boligstyrelsen 2021.

<h3>Produkt</h3> <p>A1 Råmaterialer A2 Transport A3 Fremstilling</p> <p>A1-3: Råmaterialer, Transport og Fremstilling Modulerne vedrører klimapåvirkninger fra produktionen af byggevarer.</p> <p>Mængder og materialer opgøres på basis af projektet.</p> <p>Data for materialernes klimapåvirkning hentes fra relevante EPD'er for produkterne.</p> <p>Hvis den konkrete leverance er ukendt, eller hvis der ikke findes en relevant EPD, anvendes i stedet generiske data fra databasen Okobaudat, som findes i værktøjet LCAbyg.</p>	<h3>Byggeproces</h3> <p>A4 Transport A5 Opførelse/montering</p> <p>A4: Transport Modulet vedrører klimapåvirkninger fra transporten, dvs. leveringskæden fra fabrik til byggepladsen.</p> <p>A5: Opførelse/montering Modulet vedrører klimapåvirkninger fra energiforbrug under byggeprocessen.</p> <p>Forskellige energikilder, herunder transport på og mellem pladserne.</p> <p>Data fra forbrugsmålinger ved afleveret byggeri.</p> <p>Modulet indeholder også spild af byggematerialer på byggepladsen og efterfølgende affaldsbehandling.</p>	<h3>Brug</h3> <p>B1 Brug B2 Vedligeholdelse B3 Reparation B4 Udskiftning B5 Renovering B6 Energiforbrug til drift B7 Vandforbrug til drift</p> <p>B4: Udskiftning Ved vurdering af antallet af udskiftninger (B4) indgår de scenarier, som også gælder for produkt- og byggefasen (A) samt for Endt levetid (C) og Uden for projekt (D).</p> <p>Det betyder, at klimapåvirkninger for hver udskiftning svarer til summen af påvirkninger fra A og C, mens resultater for D indgår i en særskilt sum for D.</p> <p>B6: Energiforbrug til drift Modulet vedrører klimapåvirkningen fra byggeriets energiforbrug til drift.</p> <p>Byggeriets energibehov bestemmes ved en energirammeberegning efter SBI-anvisning 213 (SBI, 2018).</p>	<h3>Endt levetid</h3> <p>C1 Nedtagning / nedrivning C2 Transport C3 Affaldsbehandling C4 Bortskaffelse</p> <p>C3-4: Affaldsbehandling og Bortskaffelse Modulet vedrører klimapåvirkningen fra affaldsbehandling og bortskaffelse efter nedtagning af byggeriet.</p> <p>Scenarier for fasen Endt levetid beror på antagelser om affaldsbehandling og genanvendelse ved nedrivningen på basis af scenarier og miljødata fra dagens praksis i Danmark.</p> <p>Det skyldes bl.a., at der ikke findes politiske scenarier, som peger så langt ude i fremtiden.</p>	<h3>Udenfor projekt</h3> <p>D Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse</p> <p>D: Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse Fasen vedrører scenarier for potentielle klimagævinster eller -belastninger, som går udover bygnings livscyklus.</p> <p>Det gælder fx mulighed for genbrug og genanvendelse i en ny sammenhæng, som kan være med til at reducere forbruget af jomfruelige materialer i en anden bygning.</p> <p>Eksport af bygningsrelaterede vedvarende energi, som går udover energirammen, bliver også opgjort i denne fase.</p> <p>D-fasen udgør ikke en egentlig del af livscyklusser og opgøres derfor separat fra de øvrige resultater.</p>
---	---	---	--	---

1.3 Varmebesparelse

Metodebeskrivelse

Varmebesparelsen ved udskiftning til mere isolerende vinduer beregnes som forskellen i nettovarmetab mellem nye og gamle vinduer. Vinduets nettovarmetab er varmetabet fratrukket den (nyttiggjorte) solenergi, der kommer ind gennem vinduet. Varmetabet afhænger af vindueselementernes isoleringsevne (U) og den andel af solens varme, der trænger ind igennem ruden (g).

Listen over energimærkede vinduer fra energivinduer.dk benyttes til at finde henholdsvis repræsentative og særligt energieffektive ruder og vinduesrammer. U -værdi og g -værdi for de



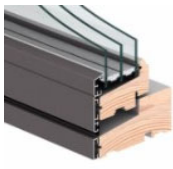

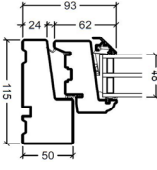
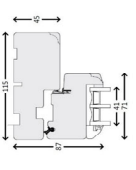
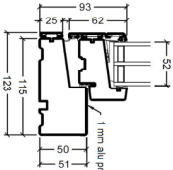
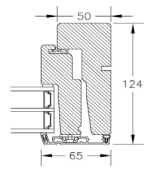
eksisterende vinduer kendes ikke præcist og estimeres derfor ud fra generelle værdier angivet i DS 418.

Ved beregningen af netto varmetabet for både eksisterende og nye vinduer antages en skyggefaktor på 0,7. Desuden antages det, at der er en lige vinduesfordeling mod de fire verdenshjørner og derved et lige vægtet solindfald for hver orientering.

Vinduesvarinaterne for hhv. standard og energieffektiv overholder energikrav i BR18 og er indhentet fra positivlisten, energivinduer.dk

1.4 Energidata

Beregningsforudsætninger

Beregningsforudsætning: Energibesparelse til varmekonsumet										
Varianter	Trævindue Træ/Træ (fyrtræ malet)				Træ/aluvindue			Eksisterende vindue		
					Plastik ramme karm, 2 lags					
Snitdetalje										
som Produkt	VELFAC Classic træ		Outrup TræFront-PLUS 3-lags A, PLUS vinduer - Outrup		VELFAC Ribo Alu A			Outline Daylight 3-lags / KPK Vision Træ/Alu 3-lag,		
web	https://energivinduer.dk/cvm/wp-content/uploads/sites/3/510-		https://www.outrup.dk/kvalitet/plus-vinduer/		https://energivinduer.dk/wp-content/uploads/sites/3/510-3.4.pdf			https://energivinduer.dk/cvm/wp-content/uploads/sites/3/510-		
Energidata										
Rude	2-lags	3-lags	2-lags	3-lags	2-lags	3-lags	2-lags	3-lags	2-lags	
g-værdi, rude	0,73	0,61	0,73	0,61	0,73	0,61	0,73	0,61	0,79	
U-værdi, rude [W/m ² /K]	1,19	0,56	1,19	0,56	1,19	0,56	1,19	0,56	3	
Ramme/karm	Gennemsnitlig (standard)		Mest energieffektiv (klimabevidst)		Gennemsnitlig (standard)			Mest energieffektiv (klimabevidst)		
Bredde ramme/karm [m]	0,093		0,087		0,093			0,065		
U-værdi ramme/karm [W/m ² /K]	1,56		1,4		1,48			1,36		
skyggefaktor	0,7		0,7		0,7			0,7		
Orientering	vinduesareal i alle retninger		vinduesareal i alle retninger		vinduesareal i alle retninger			vinduesareal i alle retninger		

1.5 Miljødata

Beregningsforudsætninger i LCA byg

Beregningsforudsætning: Livscyklusvurdering i LCA byg							
Varianter	Trævindue Træ/Træ (fyrtræ malet)			Træ/aluvindue			
Rude		2-lags		3-lags		2-lags	3-lags
Reference vindues	1.23m x1.48m.						
Opvarmet etageareal over teræn samr grundareal	1 m ²						
Bregningstype	Normal						
Betragtningsperiode	50 år						
Levetid	iht. tabel i lca byg						
Miljødata	LCA byg generisk data økobau 2021						
Miljø:Nøgletal							
Miljødata	okobau (https://www.okobaudat.de/)						
Fase iht. I den europæiske standard DS/EN 15978:2012 (CEN, 2012). Livscyklusen er inddelt i fem faser, som igen er inddelt i 17 moduler	Produkt: A1-3: Råmaterialer, Transport og Fremstilling Byggeproces:A4 Transport A5 Opførelse/ montering Brug: B4 Udskiftning, B6 Energiforbrug til drift Endt levetid:C3 Affaldsbehandling C4 Bortskaffelse						
Udenfor projekt inkl. Fase D	D Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse						
Mængdeoversigt							
Vinduesareal samlet den europæiske standardstørrelse 1,23 x 1,48 m	m²	1,82					
Rude (areal i overfladen)	m²	1.26					
Karm (50x123mm) Længde	m	5,42					
Karm (50x123mm) m ²	m ²	0,26					
Karm (50x123mm) m3	m3	0,032					
Ramme (62x80mm) Længde	m	5,02					
Ramme (62x80mm) m ²	m ²	0,295					
Ramme (62x80mm) m3	m3	0,0236					
Alubeklædning Længde	m	5,02					
Fuge	m	5,02					
Overfladebehandling	kg/m ²	0,48					
* Rækkeevne 6-10 m ² pr. liter svarende til 1 lag række ca. 0,16-0,1 l/m ² svarende til 0,16-0,1 kg /m ² 3 lag svarende til 0,48 kg / m ²							

Opbygning / Levetid (bygningsdel)

	Navn	Mængde	Levetid		Navn	Mængde	Levetid		Navn	Mængde	Levetid		Navn	Mængde	Levetid
1	Vindueskarm, træ 1.23x1.48mm	2,98 m/m ²	50 år	1	Vindueskarm, træ 1.23x1.48mm	2,98 m/m ²	50 år	1	Vinduesramme, aluminium	2,76 m/m ²	60 år	1	Vinduesramme, aluminium	2,76 m/m ²	60 år
2	Vinduesramme, træ 1.23x1.48mm	2,76 m/m ²	50 år	2	Vinduesramme, træ 1.23x1.48mm	2,76 m/m ²	50 år	2	Vindueskarm, træ	2,98 m/m ²	50 år	2	Vindueskarm, træ	2,98 m/m ²	50 år
3	EPDM-tætning til aluminiumsprofil 1.23x1...	2,76 m/m ²	50 år	3	EPDM-tætning til aluminiumsprofil 1.23x1...	2,76 m/m ²	50 år	3	Vindueskarm, aluminium	2,98 m/m ²	60 år	3	Vindueskarm, aluminium	2,98 m/m ²	60 år
4	Overflade, Træmalning, udendørs, dækkende mal...	0,48 kg/m ²	10 år	4	Overflade, Træmalning, udendørs, dækkende mal...	0,48 kg/m ²	10 år	4	Vinduesramme, træ	2,76 m/m ²	50 år	4	Vinduesramme, træ	2,76 m/m ²	50 år
5	Overflade, Vinduesmalning, hvid	0,48 kg/m ²	10 år	5	Overflade, Vinduesmalning, hvid	0,48 kg/m ²	10 år	5	EPDM-tætning til aluminiumsprofil	2,76 m/m ²	50 år	5	EPDM-tætning til aluminiumsprofil	2,76 m/m ²	50 år
								6	Overflade, Vinduesmalning, hvid	0,48 kg/m ²	10 år	6	Overflade, Vinduesmalning, hvid	0,48 kg/m ²	10 år

Rude

	Navn	Mængde	Levetid		Navn	Mængde	Levetid		Navn	Mængde	Levetid		Navn	Mængde	Levetid
1	Termorude 2x4 mm, Argonfyldt	1 m ² /m ²	25 år	1	3-lags-rude	1 m ² /m ²	25 år	1	Termorude 2x4 mm, Argonfyldt	1 m ² /m ²	25 år	1	3-lags-rude	1 m ² /m ²	25 år

1.6 Totaløkonomisk LCC byg

Metodebeskrivelse

Den totaløkonomiske analyse sammenstiller omkostningerne for de udvalgte vinduesvarianter over en kalkulationsperiode på 50 år.

PRISDATA

Analysen foretages i SBI værktøj, LCCbyg og der er anvendt prisdata fra MOLIO prisdatabøger. Prisen på referencevindue (1.1 x1.1) fra prisdatabøgerne er omregnet til pris/m² og dernæst til en pris for det udvalgte referencevindue i nærværende analyse. Prisen har afsæt i 50 stk.

Prisdata for træ/træ hårdtræs vinduer stammer fra produkt priser fra Kastrupvinduer 2-lags ruder (se bilag C).

KALKULATIONSRENTE & PRISUDVIKLING

LCCbyg forudsætninger under "faldende realrente" er anvendt.

Dette sæt af forudsætninger for kalkulationsrente og prisudvikling skal anvendes af offentlige bygherrer. Rentetrappen anvender faldende realrente og faste priser.

Kalkulationsrenten er 4,00% (0-35 år) og 3,00% (36-50 år)

LEVETIDER

Levetidsdata for bygningsdele i LCCbyg stammer helt overvejende fra rapporten SBI 2013: 30, som har gennemgået en lang række danske og internationale videnskilder for at kunne etablere en levetidstabel, herunder også hjemmesiden GI's levetidsberegner (Grundejernes Investeringsfond). Desuden hviler data for drift/vedligehold og genopretning/udskiftning af bygningsdele på arbejde udført i regi af DGNB-ordningen, som har omfattet gennemgang af en række videnskilder, herunder data fra diverse rapporter, den norske stats værktøj LCC-web (tidligere LCProfit) fra Statsbygg og Forsvarsbygg i Norge samt Molio Prisdata (tidligere kendt som V&S Prisdata).

<https://lccbyg.dk/lccipraksis/noegletal/>

VEDLIGEHOOLD & GENOPRETNING (UDSKIFTNING)

Data for henholdsvis genopretning (udskiftning) og vedligehold for de enkelte bygningsdele er taget fra LCCbyg database, idet denne er baseret på erfaringstal fra bl.a. Landsbyggefonden. Genopretning % og Årlig vedligehold % indføres i LCCbyg ved at oprette egne værdier, hvor procentsats er omregnet til absolut kroneværdi.

I MOLIO prisdata er vedligehold og udskiftning (genopretning) ens for hhv. træ/træ og træ/alu, men er differentieret i LCCbyg.

STILLADS / BOMLIFT

Udgifter til stillads el. bomlift ifm. vedligehold er med udgangspunkt i Præstevænget (100 lejligheder, 5 etager, 750 vinduer). Herefter omregnet til en enhedspris for et enkelte vindue over 50 år.

Se prisomregner i Bilag C.

Malerarbejdet er medregnet i vedligeholdes procenten fra MOLIO.

1.7 Prisdata

Beregningsforudsætninger i LCC byg

Beregningsforudsætning: Totaløkonomisk beregning i LCC byg																																				
Varianter	Trævindue Træ/Træ (fyrtræ malet)					Træ/aluvindue																														
Rude	2-lags*		3-lags			2-lags*		3-lags																												
Kalkulation, Molio prisdata																																				
Der er anvendt VS 2021 priser, Brutto. NB priserne kan ikke overføres direkte til det specifikke projekt.																																				
Prisdata : kr. pr. stk. (ved 50 stk)	5220		6060			5380		6.530																												
Kalkulation, LCC byg database																																				
Levetid	50 år		50 år			60 år		60 år																												
Genopretning	125%		125%			125%		125%																												
Årlig vedligehold	2%		2%			0,50%		0,50%																												
Prisdata : kr. pr. stk. (ved 50 stk)																																				
Nøgletal																																				
Kalkulationsperiode	50år																																			
Kalkulationsrente (real) Faldende	*faldende rente, 4% de første 35 år og en kalkulationsrente på 3% de efterfølgende 15 år. (jfr. Finansministeriets generelle budgetvejledning og vejledning om samfundsøkonomiske analyser) en flad rentekurve med fast gennemsnitsværdi."																																			
Kalkulationsrente og prisudvikling	<table border="0"> <tr> <td>Kalkulationsrente</td> <td>3,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling generelt</td> <td>0,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for drikkevand</td> <td>2,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for spildevand</td> <td>5,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for energi generelt</td> <td>2,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for fjernvarme</td> <td>1,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for gas</td> <td>-0,50 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for flydende brændsel</td> <td>2,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for fast brændsel</td> <td>1,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for el</td> <td>1,50 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for skatter og afgifter</td> <td>0,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for forsikring</td> <td>3,00 %</td> </tr> <tr> <td>Prisudvikling for administration</td> <td>0,00 %</td> </tr> </table>										Kalkulationsrente	3,00 %	Prisudvikling generelt	0,00 %	Prisudvikling for drikkevand	2,00 %	Prisudvikling for spildevand	5,00 %	Prisudvikling for energi generelt	2,00 %	Prisudvikling for fjernvarme	1,00 %	Prisudvikling for gas	-0,50 %	Prisudvikling for flydende brændsel	2,00 %	Prisudvikling for fast brændsel	1,00 %	Prisudvikling for el	1,50 %	Prisudvikling for skatter og afgifter	0,00 %	Prisudvikling for forsikring	3,00 %	Prisudvikling for administration	0,00 %
Kalkulationsrente	3,00 %																																			
Prisudvikling generelt	0,00 %																																			
Prisudvikling for drikkevand	2,00 %																																			
Prisudvikling for spildevand	5,00 %																																			
Prisudvikling for energi generelt	2,00 %																																			
Prisudvikling for fjernvarme	1,00 %																																			
Prisudvikling for gas	-0,50 %																																			
Prisudvikling for flydende brændsel	2,00 %																																			
Prisudvikling for fast brændsel	1,00 %																																			
Prisudvikling for el	1,50 %																																			
Prisudvikling for skatter og afgifter	0,00 %																																			
Prisudvikling for forsikring	3,00 %																																			
Prisudvikling for administration	0,00 %																																			
*prisdata for vinduestyper er baseret på Molio prisdata bøger 2021. Det er ikke en garanti for at 2 lagsruderne lever op til nuværende klasse A vinduer.																																				
Kontoplan er ikke relevant i beregning																																				

Resultaterne

/ iht. LCC byg introduktion s. 7

Nutidsværdien	Årsomkostningen	Kalkulationsrenten
Defineres som summen af de tilbage-diskonterede fremtidige pengestrømme. Nutidsværdien er et udtryk for hvor mange penge, der skal sættes til side i dag for at kunne afholde alle fremtidige omkostninger i beregningsperioden med den valgte kalkulationsrente.	Defineres som en annuitet af nutidsværdien. Årsomkostningen udtrykker dermed hvor mange penge, der gennemsnitligt skal afsættes hvert år i beregningsperioden.	Betegnelsen for den renteprocent eller omregningsfaktor, som anvendes ved beregningen af nutidsværdien. Jo højere rente, jo lavere er nutidsværdien i dag af de omkostninger og indtægter, som ligger ude i fremtiden.

2

Resultater



2.1 Varmeforbruget til opvarmning

Resultat

Varmeforbruget til opvarmning vil ved udskiftning til mere isolerende vinduer med 2- og 3-lags vinduer give en reduktion i nettovarmetabet og derved en varmebesparelse. Nettovarmetabet bliver negativt, hvis den nyttiggjorte solenergi overstiger varmetabet. Derfor er der i nogle tilfælde negativt netto varmetab.

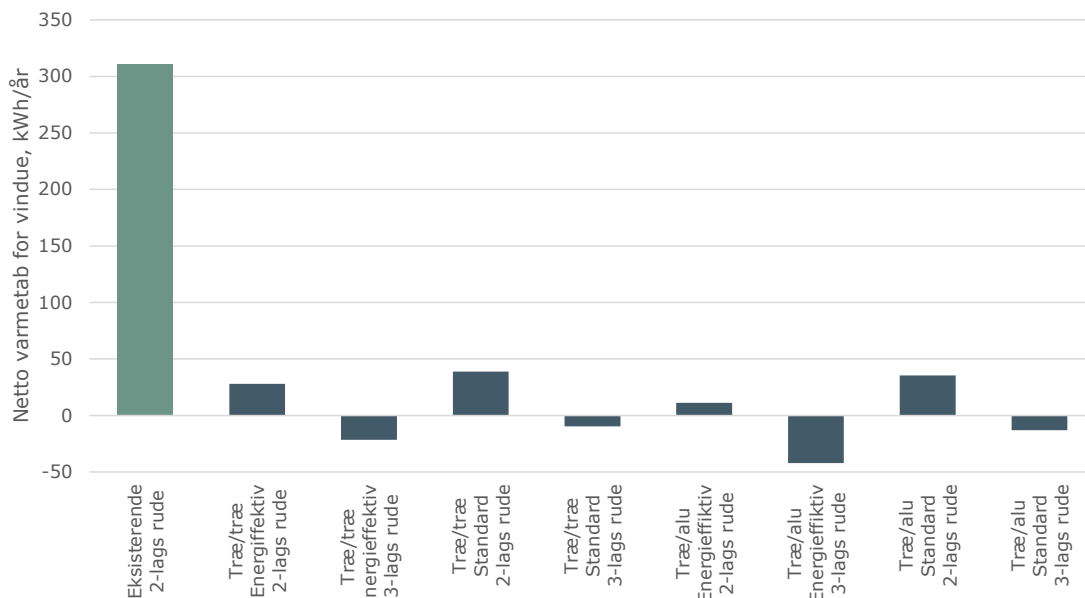
Almindeligt glas opfattes normalt som helt klart, men det har en lille farvning pga. glassets kemiske sammensætning og funktionsbelægningerne. Øges rudens tykkelse med enten et ekstra lag glas (fra 2- til 3-lags) eller tykkere glas (f.eks. pga. sikkerhed eller lyd-dæmpning), vil lystransmittansen reduceres og lyset farves mere. Farvegensigten beskrives ved CRI (colour

rendering index).

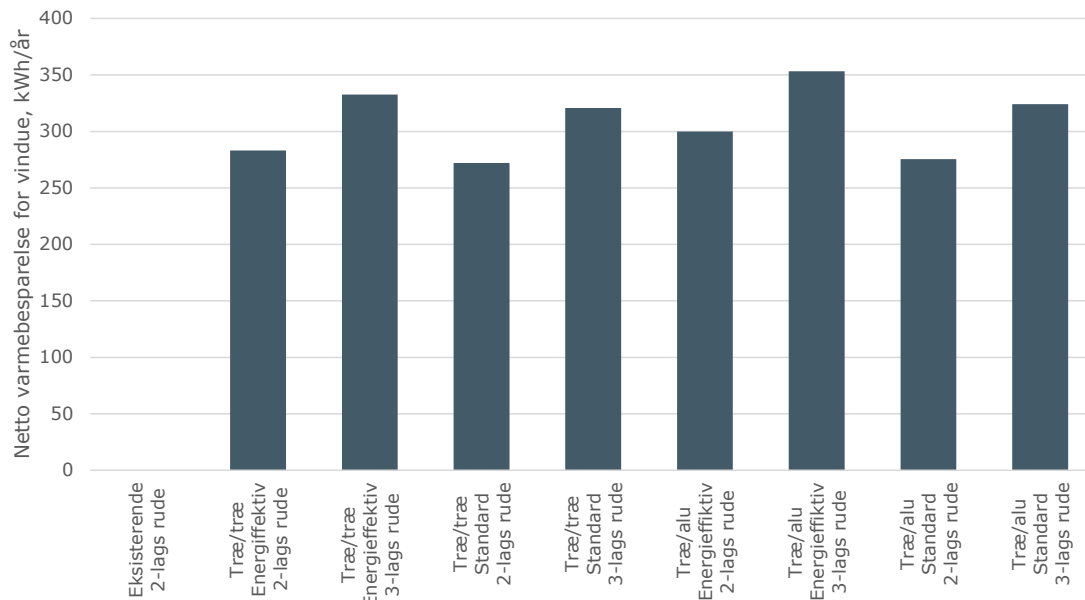
For tidssvarende 2-lags ruder er lystransmittansen omkring 80-84%, mens det for 3-lags ruder er 71-77%. For tidssvarende 2-lags ruder er CRI omkring 98%, mens det for 3-lagsruder er 96-97%. Dvs. at farver gengives tæt på 100% naturligt gennem almindelige 2- og 3-lags ruder uden coating.

Da 3-lags rudens varmetab er omtrent halvt så stort som 2-lags rudens, vil man med samme eller mindre varmetab kunne installere større vinduesarealer og opnå samme mængde dagslys eller mere, og på den måde undgå at reducere lystransmittansen, når man vælger at anvende 3-lags ruder.

Grafen viser netto varmetabet målt i kWh/år for det eksisterende vindue og de 8 varianter



Grafen viser netto varmebesparelsen målt i kWh/år for det eksisterende vindue og de 8 varianter



2.2 Livscyklusvurdering i LCAbyg

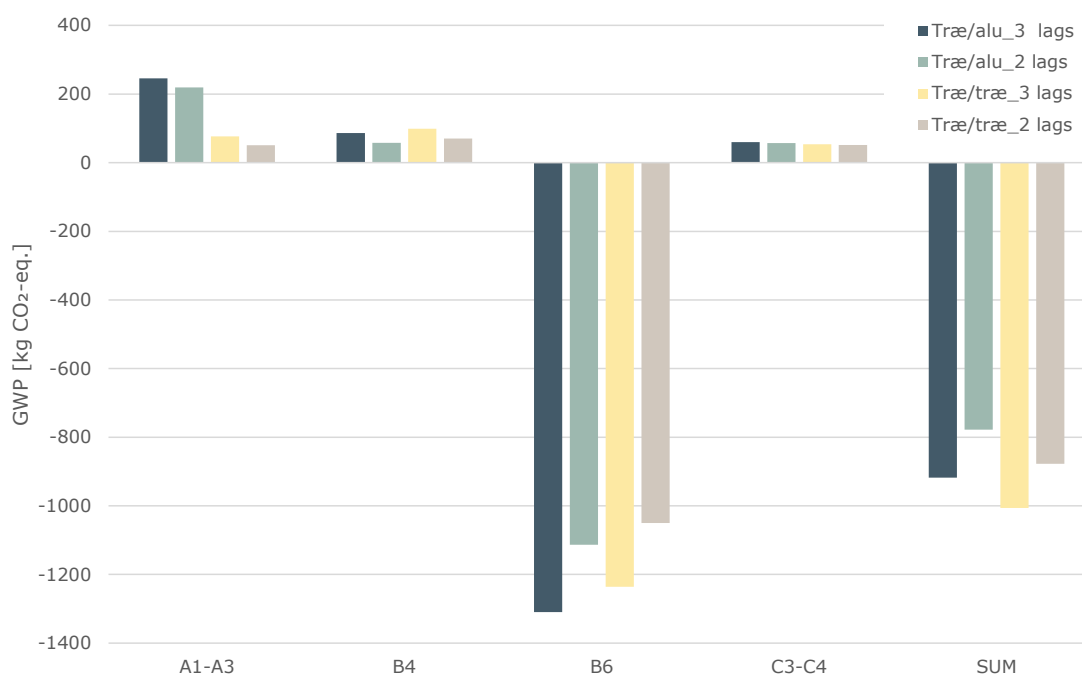
Resultat

Grafen viser miljøpåvirkningen i GWP [kg CO₂-eq] for hver vinduesvariant fordelt på faserne og til sidst vises summen. Her ses, at for 3-lags ruderne udgør udskiftnig (B4) en større andel. For træ/alu udgør produktionen (A1-A3) en stor andel af miljøpåvirkningen. I fasen B6 kan varmebesparelsen for hver af de fire varianter ses. Dette er set i forhold til

varmeforbruget, hvis man beholdte det gamle vindue.

Længst til højre på grafen ses rangeringen af vinduerne. LCAen viser, at træ/træ 3-lags har den største negative miljøpåvirkning, hvilket vil sige at det er den mest klimavenlige løsning.

Miljøpåvirkningen fra de 4 varianter fordelt på faserne og til sidst summen



	VINDUE TRÆ/ALU 3-LAGS RUDE	VINDUE TRÆ/ALU 2-LAGS RUDE	VINDUE TRÆ/TRÆ 3-LAGS RUDE	VINDUE TRÆ/TRÆ 2-LAGS RUDE
CO₂-BESPARELSE [KG CO₂ ÆKV.]	918	778	1006	877

2.3 Livscyklusvurdering

Resultat

Graferne viser den akkumulerede miljøpåvirkning. Driftsforbruget er regnet som varmebesparing.

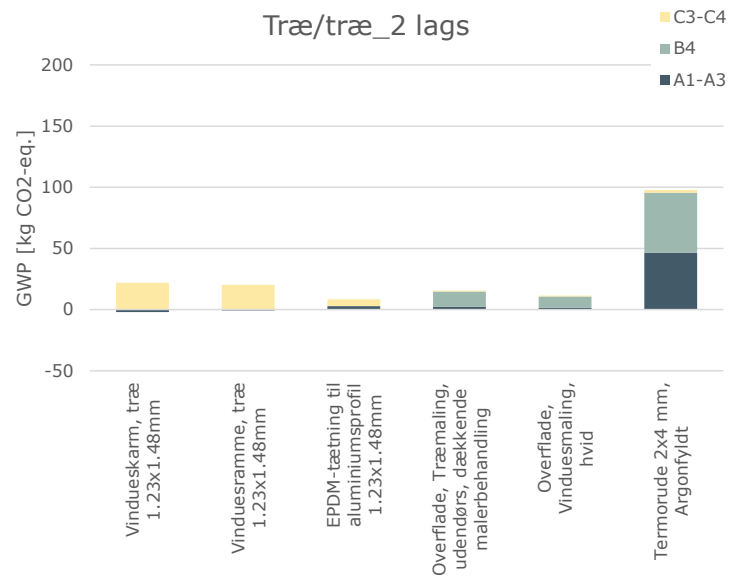
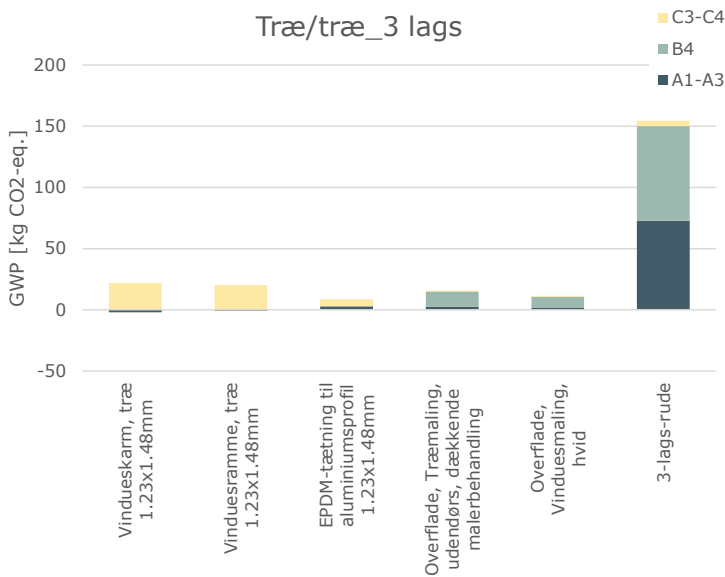
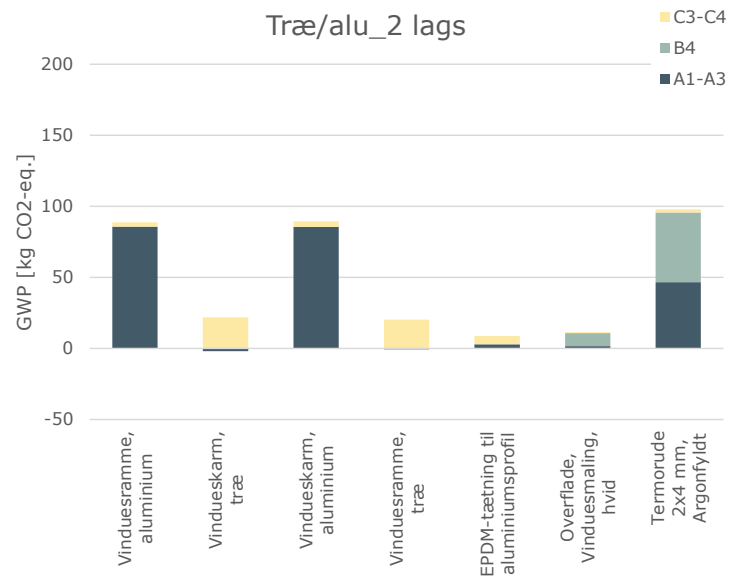
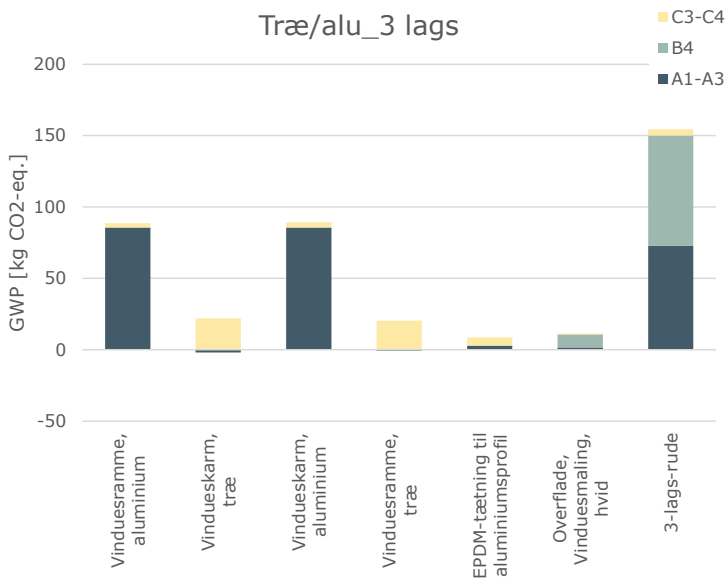


2.4 Livscyklusvurdering

Resultat fra livscyklusvurdering

Nedenfor vises miljøpåvirkning i GWP [kg CO₂-eq.] for de enkelte byggevarer i hver af vinduesvarianterne - også kaldet hotspotdiagrammer. Her ses, at ruden udgør en stor andel af miljøpåvirkningen både i produktionsfasen (A1-A3) og i brugsfasen (udskiftning, B4) for alle varianterne. Ruden har en levetid på 25 år og udskiften altså én gang i en betragtningsperiode på 50 år. Desuden ses det, at træ/alu varianternes aluminiumsdele har

højt GWP specielt i A1-A3 sammenlignet med træ/ træ varianterne. Vinduernes overfladebehandling er i B4 fire gange så stor som i A1-A3, da den med en levetid på 10 skal udskiftes fire gange på en betragtningsperiode på 50 år. Dette er dog ens for alle 4 varianter. Affaldsbehandling (C3) og bortskaffelse (C4) af vinduskarme og - rammer i træ har størst miljøpåvirkning sammenlignet med de andre byggevarer.



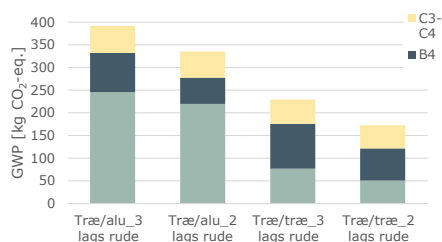
2.5 Miljøparametre, Øvrige

Resultat fra livscyklusvurdering

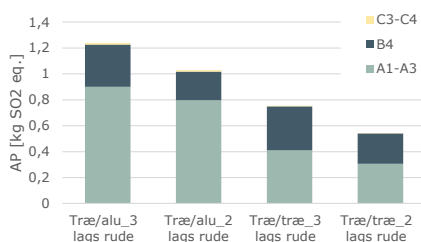
Resultaterne for livscyklusvurderingen kan vises for de øvrige miljøpåvirkninger. Beskrivelsen forklarer hvordan miljøpåvirkningerne kan have en indvirkning på klimaet.

(Introduktion til LCA på bygninger s. 6)

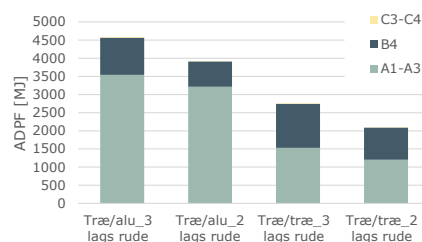
GWP



AP



ADPF



- Kategori**
Global Opvarmning (GWP)
- Enhed**
CO₂-ækvivalenter
- Problem**
Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.



- Kategori**
Forsuring (AP)
- Enhed**
SO₂-ækvivalenter
- Problem**
Reagerer med vand og falder som "sur regn", der bl.a. medvirker til at nedbryde rodsystemer og udvaske planternes næringsstoffer.



- Kategori**
Udtømmning af abiotiske ressourcer – fossile brændsler (ADPF)
- Enhed**
MJ
- Problem**
Et højt forbrug af abiotiske ressourcer kan bidrage til udtømmning af tilgængelig energi i form af fossile brændsler.

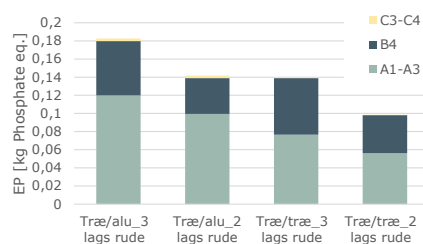


2.6 Miljøparametre, Øvrige

ODP



EP



PEtot



• Kategori

Ozonlagsnedbrydning (ODP)

• Enhed

Ethen-ækvivalenter

• Problem

Nedbrydning af det stratosfæriske ozonlag som beskytter flora og fauna mod solens skadelige UV-A og UV-B-stråler.



• Kategori

Næringssaltbelastning (EP)

• Enhed

PO₄-ækvivalenter

• Problem

For høje tilførsler af næringsstoffer fremmer uønsket plantevækst i sarte økosystemer, f.eks. algevækst med fiskedød til følge.



• Kategori

Primærenergiforbrug (PEtot)

• Enhed

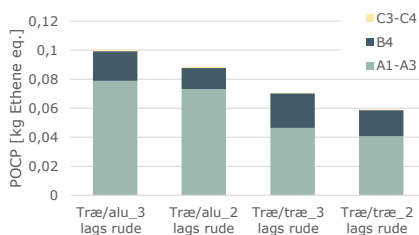
MJ eller kWh

• Problem

Et højt forbrug af ressourcer i primærenergiform fra fossile og fornybare kilder kan bidrage til udtømmning af naturlige ressourcer.



POCP



ADPe



• Kategori

Fotokemisk ozondannelse (POCP)

• Enhed

R11-ækvivalenter

• Problem

Bidraget i forbindelse med UV-stråler til at danne jordnær ozon (sommersmog) som bl.a. er skadelig for luftvejene.



• Kategori

Udtømmning af abiotiske ressourcer – grundstoffer (ADPe)

• Enhed

Sb-ækvivalenter

• Problem

Et højt forbrug af abiotiske ressourcer kan bidrage til udtømmning af tilgængelige grundstoffer i form af f.eks. metaller eller mineraler.



2.7 Totaløkonomi

Sammenligning af resultat

Den totaløkonomiske beregning viser, at træ/alu vinduet med en 2-lags rude vil være den driftsmæssige og afskaffelsesmæssige bedste løsning.

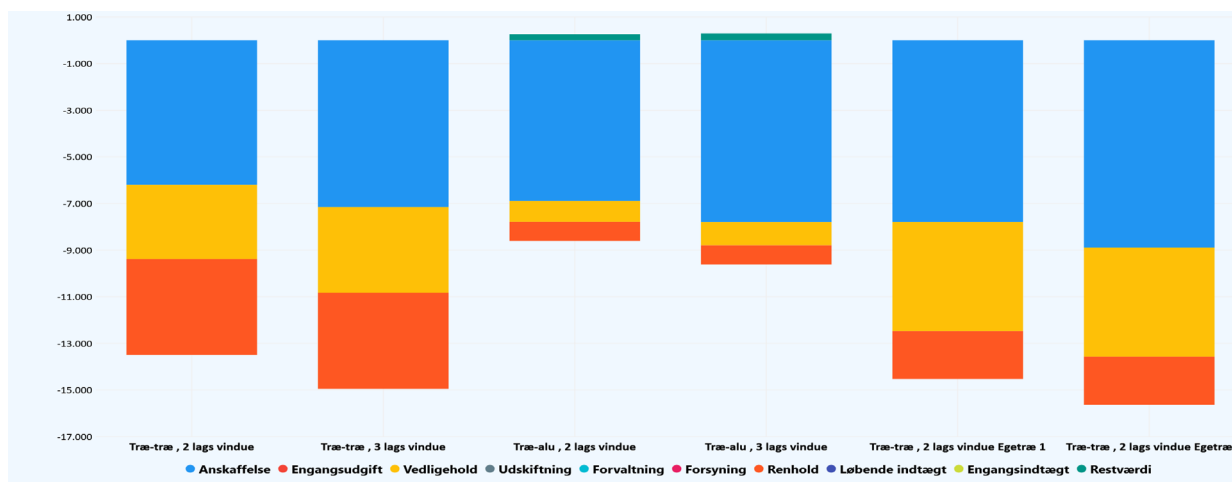
I beregningen er medtaget stillads (se også Bilag C2), hvilket hæver nutidsværdier for træ/træ vinduerne. Malerarbejdet er indeholdt i vedligeholdelsesprocenten.

Samtidig er vedligeholdelsesprocenten en fjerdedel for træ/alu vinduet sammenlignet med træ/træ vinduet, og den samlede levetid for et træ/alu

vinduet er 60 år sammenlignet med 50 år for træ/træ vinduet, hvilket ved en længerevarende betragtningsperiode ville have betydning for beregningen.

Resultatet er vist med restværdi, hvor træ/alu ville have 10 år tilbage af sin levetid ved en betragtningsperiode på 50 år.

Molio Prisdata, Totaløkonomi over 50 år
Nutidsværdi med restværdi (incl. stilladspris ved vedligehold)



Denne rapport er fremstillet i LCCbyg 3.2.16

19.08.2021 - anb - Den mest klimavenlige vinduesudskiftning: Rev.

2.8 Opsumering af resultater

Værktøj til vurdering af beregningsresultaterne

For at kunne sammenholde de enkelte resultater og skabe et samlet overblik, anvendes denne variantsammenligningstabel. Her regnes konkrete værdier linært op mod hinanden. De fremkomne værdier konverteres til en score, som er inddelt i spring på 20%, for at gøre det muligt at sammenholde konkrete faktuelle resultater med bløde værdier, som angivet ud for de sociale faktorer.

Se projekt-eksempler for Præstevænget og Fældedhaven.

Variantsammenligning		DEN MEST KLIMAIVENLIGE					
Varianter		Træ/Træ vindue (malet fyr)					
BESKRIVELSE: Skemasammenstillinger resultaterne for hhv. varmetabsberegning, LCC, og LCA for de 4 udvalgte vindues varianter samt i LCC 2 varianter for hårdtræsvinduer, Variantsammenligningen kan anvendes som værktøj på projektniveau til at vægte en række parametre i vinduessager.		2 lags rude	Interpolering	Score	3 lags rude	Interpolering	Score
Livscyklusvurdering i LCA byg Betragtningperiode 50 år							
Miljøpåvirkning: Global opvarmning GWP , (kg CO2eq pr. m2)		173	0,86	5	229	0,64	4
fase D inkl. Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse (GWP , kg CO2eq pr. m2)		-24	0,00	1	-26	0,02	1
Fase A1-A3 (sammen ligning med vinduesindustrien)		51	0,77	4	77	0,67	4
inkl. Transport t/f Jylland (220km) SUM, GWP (Standard lastbil) med klimapåvirkning 8,9 (kg CO2eq kg km) **		0,68 ved 50,5kg	1,00	5	0,84 ved 62,5kg	0,56	3
inkl. Transport t/f Polen (850km) SUM, GWP (Standard lastbil) med klimapåvirkning 8,9 (kg CO2eq kg km) **		4,53 ved 50,5kg	1,00	5	5,61 ved 62,5kg	0,54	3
Samlet score LCA			3,64	4,00		2,43	3,00
Varmeforbruget ved udskiftning til bedre isolerende vinduer							
% energibesparelse ved udskiftning, Standard (samlet vindues)		88,00%	0,00	1	103,00%	0,94	5
% energibesparelse ved udskiftning, Energieffektive (samlet vindues)		91,00%	0,00	1	107,00%	0,70	4
"driftsforbrug varme", og bibeholde "opvarmet areal" til 1 m ² ved fjernvarme (GWP , kg CO2eq pr. m2)		186	0,06	1	0	1,00	5
Samlet score varmeforbrug			0,06	1,00		2,63	4,67
Samlet score Klima og Miljø				5,00			7,67
Vægtning Klima og Miljø 50%				2,50			3,83
Totaløkonomisk beregning i LCC byg							
Kalkulationsperiode 50 år							
Anskaffelse		6191	1,00	5	7152	0,64	4
Nutidsværdi med restværdi (incl. stilladspris ved vedligehold, benævnt "renhold" i LCC rapport)		13498	0,71	4	14948	0,91	5
Restværdi		0	0,00	1	0	0,00	1
Årsmkostning uden restværdi		856	0,62	4	893	3,00	1
Vedligehold		3190	0,39	2	3679	0,26	2
Udskiftning		1765	0,37	2	2039	0,00	1
Samlet score LCC			3,08	3,00		4,81	2,33
Vægtning Økonomi 50%				1,50			1,17
Ydre fremtræden							
Funktionalitet							
Indeklima							
Helhedsvurdering - samlet score				4,00			5,00

Den lineære formel ser således ud:

(størst værdi - konkret værdi)/(størst værdi - lavest værdi) = punkt på lineær forløb mellem 0,00 og 1,00.

Eks. (Miljøpåvirkning, første linje): (392-173)/(392-138)=0,86 = 5 point

Score: 0,00-0,20 = 1, 0,21-0,40 = 2, 0,41-0,60 = 3, 0,61-0,80 = 4, **0,81-1,00 = 5**

E VINDUESUDSKIFTNING												
Træ/alu vindue						Træ/Træ vindue mahogni (Produkt)						
2 lags rude	Interpolering	Score	3 lags rude	Interpolering	Score	2 lags rude (Produkt)	Interpolering	Score	3 lags rude (Produkt)	Interpolering	Score	
335	0,22	2	392	0,00	1	138	1,00	5	195	3,00	4	
-127	0,98	5	-129	1,00	5	-27	0,03	1	-27	0,03	1	
220	0,10	1	246	0,00	1	-6	1,00	5	20	0,90	5	
0,87 ved 65kg	0,47	3	1,04 ved 77kg	0,00	1	*1)	0,87 ved 65kg	0,47	3	1,04 ved 77kg	0,00	1
5,83 ved 65kg	0,45	3	6,9 ved 77kg	0,00	1	*1)	5,83 ved 65kg	0,45	3	6,9 ved 77kg	0,00	1
	2,23	2,80		1,00	1,80			2,95	3,40		3,92	2,40
89,00%	0,06	1	104,00%	1,00	5	*2)	88,00%	0,00	1	103,00%	0,94	5
96,00%	0,83	5	114,00%	1,00	5	*2)	91,00%	0,00	1	107,00%	0,70	4
197	0,00	1	0	1,00	5	*2)	186	0,06	1	0	1,00	5
	0,89	2,33		3,00	5,00			0,06	1,00		2,63	4,67
		5,13			6,80				4,40			7,07
		2,57			3,40			2,20				3,53
6895	0,74	4	7793	0,41	3	7790	0,41	3	8892	0,00	1	
8343	0,00	1	9323	0,13	1	14531	0,85	5	15633	1,00	5	
262	0,78	4	296	0,88	5	296	0,88	5	338	1,00	5	
302	1,00	5	342	0,97	5	1712	0,03	1	1755	0,00	1	
887	1,00	5	1003	0,97	5	4683	0,00	1	4683	0,00	1	
1463	0,77	4	1653	0,52	3	1290	1,00	5	1472	0,76	4	
	4,28	3,83		3,87	3,67			3,16	3,33		2,76	2,83
		1,92			1,83			1,67				1,42
		4,48			5,23			3,87				4,95

*1) - Transportværdier, Jylland, for Mahogni-vinduer har ikke været tilgængelige. Derfor er samme værdier som træ/alu anført.

*2) - Energibesparelser for Mahogni-vinduer har ikke været tilgængelige. Derfor er antaget samme værdier som træ/træ

3

Variantsammenligning

3.1 Variantsammenligning

Projekteksempler for Præstevænget og Fælledhaven

På de kommende sider vises variansammenligningskemaet i sin fulde udstrækning, afprøvet på de to cases hhv. Præstevænget og Fælledhaven.

Fokus er den mest klimavenlige vinduesudskiftning og vægtningen er sat således, at varmetabsberegningen og livscyklusvurderingen vægtes 50%, den totaløkonomiske beregning vægtes 25 % og de sociale parametre vægter ligeledes 25%.

Det er afgørende at fastlægge prioriteringen i det konkrete projekt, så der er samme forventninger hos bygherre og rådgiver.

Variantsammenligning		PRÆSTEVÆNGET							
Varianter				Træ/Træ vindue (malet fyr)					
BESKRIVELSE: Skemasammenstillere resultaterne for hhv. varmetabsberegning, LCC, og LCA for de 4 udvalgte vindues varianter samt i LCC 2 varianter for hårdtræsvinduer, Variantsammenligningen kan anvendes som værktøj på projektniveau til at vægte en række parametre i vinduessager.		2 lags rude		Interpolering	Score	3 lags rude		Interpolering	Score
Livscyklusvurdering i LCA byg Betragtningperiode 50 år									
Miljøpåvirkning: Global opvarmning GWP, (kg CO2eq pr. m2)				173	0,86	5	229	0,64	4
fase D inkl. Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse (GWP, kg CO2eq pr. m2)				-24	0,00	1	-26	0,02	1
Fase A1-A3 (sammen ligning med vinduesindustrien)				51	0,77	4	77	0,67	4
inkl. Transport t/f Jylland (220km) SUM, GWP (Standard lastbil) med klimapåvirkning 8,9 (kg CO2eq kg km) **				0,68 ved 50,5kg	1,00	5	0,84 ved 62,5kg	0,56	3
inkl. Transport t/f Polen (850km) SUM, GWP (Standard lastbil) med klimapåvirkning 8,9 (kg CO2eq kg km) **				4,53 ved 50,5kg	1,00	5	5,61 ved 62,5kg	0,54	3
Samlet score LCA					3,64	4,00		2,43	3,00
Varmeforbruget ved udskiftning til bedre isolerende vinduer									
% energibesparelse ved udskiftning, Standard (samlet vindues)				88,00%	0,00	1	103,00%	0,94	5
% energibesparelse ved udskiftning, Energieffektive (samlet vindues)				91,00%	0,00	1	107,00%	0,70	4
"driftsforbrug varme", og bibeholde "opvarmet areal" til 1 m² ved fjernvarme (GWP, kg CO2eq pr. m2)				186	0,06	1	0	1,00	5
Samlet score varmeforbrug					0,06	1,00		2,63	4,67
Samlet score Klima og Miljø						5,00			7,67
Vægtning Klima og Miljø		50%				2,50			3,83
Totaløkonomisk beregning i LCC byg									
Kalkulationsperiode 50 år									
Anskaffelse				6191	1,00	5	7152	0,64	4
Nutidsværdi med restværdi (incl. stilladsspris ved vedligehold, benævnt "renhold" i LCC rapport)				13498	0,71	4	14948	0,91	5
Restværdi				0	0,00	1	0	0,00	1
Årsmkostning uden restværdi				856	0,62	4	893	3,00	1
Vedligehold				3190	0,39	2	3679	0,26	2
Udskiftning				1765	0,37	2	2039	0,00	1
Samlet score LCC					3,08	3,00		4,81	2,33
Vægtning Økonomi		25%				0,75			0,58

Beregningsmetoder er angivet under 2.8. Opsummering af resultater.

Træ/alu vindue						Træ/Træ vindue mahogni (Produkt)					
2 lags rude	Interpolering	Score	3 lags rude	Interpolering	Score	2 lags rude (Produkt)	Interpolering	Score	3 lags rude (Produkt)	Interpolering	Score
335	0,22	2	392	0,00	1	138	1,00	5	195	3,00	4
-127	0,98	5	-129	1,00	5	-27	0,03	1	-27	0,03	1
220	0,10	1	246	0,00	1	-6	1,00	5	20	0,90	5
0,87 ved 65kg	0,47	3	1,04 ved 77kg	0,00	1	0,87 ved 65kg	0,47	3	1,04 ved 77kg	0,00	1
5,83 ved 65kg	0,45	3	6,9 ved 77kg	0,00	1	5,83 ved 65kg	0,45	3	6,9 ved 77kg	0,00	1
	2,23	2,80		1,00	1,80		2,95	3,40		3,92	2,40
89,00%	0,06	1	104,00%	1,00	5	88,00%	0,00	1	103,00%	0,94	5
96,00%	0,83	5	114,00%	1,00	5	91,00%	0,00	1	107,00%	0,70	4
197	0,00	1	0	1,00	5	186	0,06	1	0	1,00	5
	0,89	2,33		3,00	5,00		0,06	1,00		2,63	4,67
		5,13			6,80			4,40			7,07
		2,57			3,40			2,20			3,53
6895	0,74	4	7793	0,41	3	7790	0,41	3	8892	0,00	1
8343	0,00	1	9323	0,13	1	14531	0,85	5	15633	1,00	5
262	0,78	4	296	0,88	5	296	0,88	5	338	1,00	5
302	1,00	5	342	0,97	5	1712	0,03	1	1755	0,00	1
887	1,00	5	1003	0,97	5	4683	0,00	1	4683	0,00	1
1463	0,77	4	1653	0,52	3	1290	1,00	5	1472	0,76	4
	4,28	3,83		3,87	3,67		3,16	3,33		2,76	2,83
		0,96			0,92			0,83			0,71

Variantsammenligning		PRÆSTEVÆNGET				
Varianter		Træ/Træ vindue (malet fyr)				
Ydre fremtræden						
Kulturarv - arkitektur Præstevænget er SAVE 4 = krav/ønske om så originalt et facadeudtryk som muligt. Skal overholde BR18 (=ingen dispensationer som følge af bevaringsværdi)		Ved høj SAVE værdi er træ/træ myndighedernes foretrukne type, da det svarer til den oprindelige arkitektur		4	Ved høj SAVE værdi er træ/træ myndighedernes foretrukne type, da det svarer til den oprindelige arkitektur	4
Geometri og proportioner på vinduets ydre		Industrielt fremstillet træ/træ vindue. Klassisk opbygning med to-lags rude, minder mest om originalt snedkervindue. Dog med industrielle elementer så som samlingsmetode og glasisætningsmetode. Dimensioner og proportioner på karm og ramme er tilsvarende oprindelige dimensioner.		4	Som to-lags.	4
Opsprosnings Præstevængets oprindelige små trækvinduer (slanke stålsprosser/opdeling) i selve vinduet - er ikke muligt at genskabe som industrielt fremstillet standardelement. Løsning med slank energisprosse (ikke gennemgående sprosse, med spacer mellem glas) er valgt, for at "tegne" de oprindelige trækvinduer.		Tyndere ruder giver sprosser og ramme - og dermed vinduet et noget mere elegant udtryk - dette gælder også ved energisprosser		3	Tykkere ruder giver sprosser og ramme - og dermed vinduet et noget mere bastant udtryk - dette gælder også ved energisprosser	2
Patina, materialer og farver		Oprindelige vinduer er med et 2 farvet udtryk (mørk karm og hvid ramme). Den nødvendig løbende vedligehold (maling) sikrer at vinduer fremstår flot i det 2 farvede udtryk gennem hele vinduets levetid		5	Oprindelige vinduer er med et 2 farvet udtryk (mørk karm og hvid ramme). Den nødvendig løbende vedligehold (maling) sikrer at vinduer fremstår flot i det 2 farvede udtryk gennem hele vinduets levetid	5
Gennemsnitsscore ydre fremtræden				4		3,75
Funktionalitet						
Åbne funktioner De valgte åbnefunktioner der har været på tale til Præstevænget (krav: at beboeren selv kan pudse vindue på vdersiden)		Kan leveres både som topvende vindue eller sidestyret vindue		5	Kan leveres både som topvende vindue eller sidestyret vindue	5
Betjening		Top vendevinduer. Nem betjening (symmetrisk hængsling/beslag i begge sider) der nemt lader sig vende 180 gr. Sidestyrede vinduer. Nem betjening i mindre partier. Rækkevidde for ældre beboere, kan være udfordret		4	Top vendevinduer. Nem betjening (symmetrisk hængsling/beslag i begge sider) der nemt lader sig vende 180 gr. Vægt kan være udfordrende for ældre beboere. Sidestyrede vinduer. Nem betjening i mindre partier. Rækkevidde for ældre beboere, kan være udfordret	2
Slitage		Topvende vindue = begrænset slitage: - symmetrisk hængsling/beslag i begge sider Sidestyrede vinduer = middel slitage, lidt øget risiko for at beslag hænger over tid pga vægt (styreskinner i top og bund)		3	Topvende vindue = begrænset slitage: - symmetrisk hængsling/beslag i begge sider Sidestyrede vinduer = middel slitage, lidt øget risiko for at beslag hænger over tid pga vægt (styreskinner i top og bund) Vægt kan være udfordrende for beslag generelt over tid pga 3-lags ruder	2
Tæthed - under vindpåvirkning		Risiko for utæthed hænger sammen med risiko for skæve beslag.		3	Risiko for utæthed hænger sammen med risiko for skæve beslag.	2
Gennemsnitsscore funktionalitet				3,75		2,75
Indeklima						
Daglysforshold		2 lags rude har en højere lystransmittans Ved opsprosnings mere lys		4	3-lags rude har en lavere lystransmittans	2
Akustisk indeklima Mod Englandsvej skal det være 3 lags rude (lydglas) for at opfylde BR krav til støjisolering.		2 lags rude kan de fleste steder klare BR krav til støjisolering		2	Der kan opnås højere lydisolering med 3 lags rude	4
Termisk indeklima - kuldenedfald og træk		Mulighed for kuldenedfald/træk tæt ved 2 lags rude		3	Kan sidde meget tæt på vindue uden at opleve kuldenedfald/træk	5
Gennemsnitsscore indeklima				3,00		3,67
Samlet gennemsnitlig score Sociale parametre				3,58		3,39
Vægtning sociale parametre		25%		0,90		0,85
Helhedsvurdering - samlet score				4,15		5,26

Sociale parametre

Træ/alu vindue		Træ/Træ vindue mahogni (Produkt)	
Træ/alu er egentligt et fremmede materiale/udtryk ift. den oprindelige arkitektur	2	Træ/alu er egentligt et fremmede materiale/udtryk ift. den oprindelige arkitektur	2
Kan fås med dimensioner som er tilnærmet træ/træ med individuelle karme og rammer. Dog er samlingsdetaljer i bl.a hjørner tydeligt anderledes ligesom glaslister typisk er sammenhængende med øvrige karm/ramme.	3	Som to-lags	3
Tyndere ruder giver sprosser og ramme - og dermed vinduet et noget mere elegant udtryk - dette gælder også ved energisprosser	3	Tykkere ruder giver sprosser og ramme - og dermed vinduet et noget mere bastant udtryk - dette gælder også ved energisprosser	2
Oprindelige vinduer er med et 2 farvet udtryk (mørk karm og hvid ramme). "Træ/alu fremstår lidt mere koldt i det ydre, og som udgangspunkt er der ikke behov for vedligehold. Dog mulighed for at farve falmer/ anløber ved eksponering for sollys	3	Oprindelige vinduer er med et 2 farvet udtryk (mørk karm og hvid ramme). Træ/alu fremstår lidt mere koldt i det ydre, og som udgangspunkt er der ikke behov for vedligehold. Dog mulighed for at farve falmer/ anløber ved eksponering for sollys	3
	2,75		2,5
			3,00
			2,67
Kan leveres både som topvende vindue eller sidestyret vindue	5	Kan leveres både som topvende vindue eller sidestyret vindue	5
Top vendevinduer. Nem betjening (symmetrisk hængsling/beslag i begge sider) der nemt lader sig vende 180 gr. Sidestyrede vinduer. Nem betjening i mindre partier. Rækkevidde for ældre beboere, kan være udfordret	4	Top vendevinduer. Nem betjening (symmetrisk hængsling/beslag i begge sider) der nemt lader sig vende 180 gr. Vægt kan være udfordrende for ældre beboere. Sidestyrede vinduer. Nem betjening i mindre partier. Rækkevidde for ældre beboere, kan være udfordret	2
Topvende vindue = begrænset slitage: - symmetrisk hængsling/beslag i begge sider Sidestyrede vinduer = middel slitage, lidt øget risiko for at beslag hænger over tid pga vægt (styreskinner i top og bund)	3	Topvende vindue = begrænset slitage: - drejefunktion kun hængt i en side - flere forskellige beslagdele der kan gå i stykker - dobbelt betjeningsfunktion i greb resulterer i voldsommere betjening, der igen øger slitagen.	2
Risiko for utæthed hænger sammen med risiko for skæve beslag.	3	Risiko for utæthed hænger sammen med risiko for skæve beslag.	2
	3,75		2,75
			3,00
			3,00
2-lags rude har en højere lystransmittans	4	3-lags rude har en lavere lystransmittans	2
2 lags rude kan de fleste steder klare BR krav til støjsolering	2	Der kan opnås højere lydisolering med 3 lags rude	4
Mulighed for kuldenedfald/træk tæt ved 2 lags rude	3	Kan sidde meget tæt på vinudue uden at opleve kuldenedfald/træk	5
	3,00		3,67
	3,17		2,97
	0,79		0,74
	3,00		3,00
			0,75
	4,32		5,06
			3,78
			5,02

Variantsammenligning		FÆLLEDHAVEN							
Varianter				Træ/Træ vindue (malet fyr)					
BESKRIVELSE: Skemasammenstillinger resultaterne for hhv. varmetabsberegning, LCC, og LCA for de 4 udvalgte vindues varianter samt i LCC 2 varianter for hårdtræsvinduer, Variantsammenligningen kan anvendes som værktøj på projektniveau til at vægte en række parametre i vinduessager.				2 lags rude	Interpolering	Score	3 lags rude	Interpolering	Score
Livscyklusvurdering i LCA byg Betragtningstid 50 år									
Miljøpåvirkning: Global opvarmning GWP, (kg CO2eq pr. m2)				173	0,86	5	229	0,64	4
fase D inkl. Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse (GWP, kg CO2eq pr. m2)				-24	0,00	1	-26	0,02	1
Fase A1-A3 (sammen ligning med vinduesindustrien)				51	0,77	4	77	0,67	4
inkl. Transport t/f Jylland (220km) SUM, GWP (Standard lastbil) med klimapåvirkning 8,9 (kg CO2eq kg km) **				0,68 ved 50,5kg	1,00	5	0,84 ved 62,5kg	0,56	3
inkl. Transport t/f Polen (850km) SUM, GWP (Standard lastbil) med klimapåvirkning 8,9 (kg CO2eq kg km) **				4,53 ved 50,5kg	1,00	5	5,61 ved 62,5kg	0,54	3
Samlet score LCA				3,64	4,00		2,43	3,00	
Varmeforbruget ved udskiftning til bedre isolerende vinduer									
% energibesparelse ved udskiftning, Standard (samlet vindues)				88,00%	0,00	1	103,00%	0,94	5
% energibesparelse ved udskiftning, Energieffektive (samlet vindues)				91,00%	0,00	1	107,00%	0,70	4
"driftsforbrug varme", og bibeholde "opvarmet areal" til 1 m² ved fjernvarme (GWP, kg CO2eq pr. m2)				186	0,06	1	0	1,00	5
Samlet score varmeforbrug				0,06	1,00		2,63	4,67	
Samlet score Klima og Miljø						5,00			7,67
Vægtning Klima og Miljø 50%						2,50			3,83
Totaløkonomisk beregning i LCC byg Kalkulationsperiode 50 år									
Anskaffelse				6191	1,00	5	7152	0,64	4
Nutidsværdi med restværdi (incl. stilladspris ved vedligehold, benævnt "renhold" i LCC rapport)				13498	0,71	4	14948	0,91	5
Restværdi				0	0,00	1	0	0,00	1
Årsmkostning uden restværdi				856	0,62	4	893	3,00	1
Vedligehold				3190	0,39	2	3679	0,26	2
Udskiftning				1765	0,37	2	2039	0,00	1
Samlet score LCC				3,08	3,00		4,81	2,33	
Vægtning Økonomi 25%						0,75			0,58
Vedr. fremtræden									

Klima og miljø

Økonomi

Træ/alu vindue						Træ/Træ vindue mahogni (Produkt)					
2 lags rude	Interpolering	Score	3 lags rude	Interpolering	Score	2 lags rude (Produkt)	Interpolering	Score	3 lags rude (Produkt)	Interpolering	Score
335	0,22	2	392	0,00	1	138	1,00	5	195	3,00	4
-127	0,98	5	-129	1,00	5	-27	0,03	1	-27	0,03	1
220	0,10	1	246	0,00	1	-6	1,00	5	20	0,90	5
0,87 ved 65kg	0,47	3	1,04 ved 77kg	0,00	1	0,87 ved 65kg	0,47	3	1,04 ved 77kg	0,00	1
5,83 ved 65kg	0,45	3	6,9 ved 77kg	0,00	1	5,83 ved 65kg	0,45	3	6,9 ved 77kg	0,00	1
	2,23	2,80		1,00	1,80		2,95	3,40		3,92	2,40
89,00%	0,06	1	104,00%	1,00	5	88,00%	0,00	1	103,00%	0,94	5
96,00%	0,83	5	114,00%	1,00	5	91,00%	0,00	1	107,00%	0,70	4
197	0,00	1	0	1,00	5	186	0,06	1	0	1,00	5
	0,89	2,33		3,00	5,00		0,06	1,00		2,63	4,67
		5,13			6,80			4,40			7,07
		2,57			3,40			2,20			3,53
6895	0,74	4	7793	0,41	3	7790	0,41	3	8892	0,00	1
8343	0,00	1	9323	0,13	1	14531	0,85	5	15633	1,00	5
262	0,78	4	296	0,88	5	296	0,88	5	338	1,00	5
302	1,00	5	342	0,97	5	1712	0,03	1	1755	0,00	1
887	1,00	5	1003	0,97	5	4683	0,00	1	4683	0,00	1
1463	0,77	4	1653	0,52	3	1290	1,00	5	1472	0,76	4
	4,28	3,83		3,87	3,67		3,16	3,33		2,76	2,83
		0,96			0,92			0,83			0,71

Variantsammenligning		FÆLLEDHAVEN				
Varianter			Træ/Træ vindue (malet fyr)			
Ydre fremtræden						
Kulturarv - arkitektur Fælledhaven er ikke omfattet af bevaringsværdi, men har en markant placering i forhold til Amager Fælled og Metrostrækningen = krav/ønske om så originalt et facadeudtryk som muligt. Skal overholde BR18 (=ingen dispensationer som følge af bevaringsværdi)		Der er stillet krav om at vinduer udskiftes til mahogni. Andre alternativer vil ikke blive accepteret.		1	Der er stillet krav om at vinduer udskiftes til mahogni. Andre alternativer vil ikke blive accepteret.	1
Geometri og proportioner på vinduets ydre		Kan som standard købes i samme dimensioner som oprindelige, men det er nødvendigt at dele vinduerne op i mindre dele, da størrelsen har givet udfordringer med de eksisterende vinduer.		4	Som to-lags.	4
Opsprosnings Ikke aktuelt.		Ikke aktuell, der er ingen små sprosser			Ikke aktuell, der er ingen små sprosser	
Patina, materialer og farver		Lever ikke op til materialekrav fra Københavns Kommune		1	Lever ikke op til materialekrav fra Københavns Kommune	1
Gennemsnitsscore ydre fremtræden				1,5		1,5
Funktionalitet						
Åbne funktioner De valgte åbnefunktioner der har været på tale til Præstevænget (krav: at beboeren selv kan pudse vindue på ydersiden)		Kan leveres både som topvende vindue eller sidestyret vindue		5	Kan leveres både som topvende vindue eller sidestyret vindue	5
Betjening		Der er endnu ikke taget stilling til åbningsfunktioner, der skal anvendes for at sikre den bedste funktion og tæthed			Der er endnu ikke taget stilling til åbningsfunktioner, der skal anvendes for at sikre den bedste funktion og tæthed	
Slitage		Byggeriet er højt og oprindeligt med stor partier (foldedøre) som kan åbne. Vinden er en særlig faktor og stiller store krav til beslag og åbningsfunktioner		1	Byggeriet er højt og oprindeligt med stor partier (foldedøre) som kan åbne. Vinden er en særlig faktor og stiller store krav til beslag og åbningsfunktioner	1
Tæthed - under vindpåvirkning		Oprindelig størrelsen har givet udfordringer med de eksisterende vinduer.		1	Oprindelig størrelsen har givet udfordringer med de eksisterende vinduer.	1
Gennemsnitsscore funktionalitet				1,75		1,75
Indeklima						
Daglysforskel		2 lags rude har en højere lystransmittans Ved opsprosnings mere lys		4	3-lags rude har en lavere lystransmittans	2
Akustisk indeklima Mod Engelsvej skal det være 3 lags rude (lydglas) for at opfylde BR krav til støjsloering.		2 lags rude kan de fleste steder klare BR krav til støjsloering		2	Der kan opnås højere lydisolering med 3 lags rude	4
Termisk indeklima - kuldenedfald og træk		Mulighed for kuldenedfald/træk tæt ved 2 lags rude		2	Kan sidde meget tæt på vindue uden at opleve kuldenedfald/træk	5
Gennemsnitsscore indeklima				2,67		3,67
Samlet gennemsnitlig score Sociale parametre				1,97		2,31
Vægtning sociale parametre		25%		0,49		0,58
Helhedsvurdering - samlet score				3,74		4,99

Sociale parametre

4

Genanvendelsespotentialiet
for de gamle vinduer

Genanvendelsespotentialiet

Der er et ønske i fsb HJEM om aktivt at arbejde med at gøre klimaaftrykket af udskiftning af bygningsdele så småt som muligt. Det er derfor nærliggende at se på muligheder for genanvendelse i stedet for bortskaffelse.

Genanvendelse i byggebranchen kræver tidlig afdækning af genanvendelsespotentialer, detaljeret planlægning af håndteringsprocesser for de enkelte ressourcer, rettidig involvering af relevante aktører og tydelige aftaler vedr. nedrivning, bortskaffelse, opbevaring, evt. forarbejdning, ny anvendelse og aftaler om garantier eller mangel på samme.

Der er skrevet lange rapporter om genanvendelse, og nærværende kapitel vil ikke kunne dække emnet lige så fyldestgørende som den allerede fyldige litteratur på området.

Vi forsøger i stedet i dette kapitel at opstille en simpel proces/metode for at komme nemt og hurtigt i gang med at undersøge mulighederne for genanvendelse, og at levere en systematik, som den almene boligorganisation kan benytte på mange niveauer.

Vi vil i de kommende afsnit forklare metoden og dernæst illustrere den ved eksemplernes kraft via de to cases: Præstevænget og Fælledhaven i fsb HJEM.

Metoden kan ses som et arbejdsredskab til dialog, planlægning og beslutninger i fremtidige projekter i fsb Hjem.

Genanvendelsespotentialiet for gamle vinduer indgår ikke i variantsammenligningsværktøjet, da dette ligger uden for denne rapports omfang.

4.2 Metode for kortlægning af mulig genanvendelse

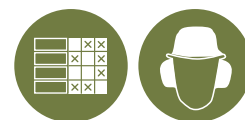
Når der renoveres, vil der typisk opstå affald. Affald er også at betragte som en ressource (den enes affald er den andens guld). For at vurdere, hvad og hvor meget der kan undgå at ende som affald, må vi kortlægge og afklare genanvendelsespotentialiet for de gamle vinduer, både som bygningsdele og som bestanddele. Det gør vi i tre faser:



Forudsætninger & kortlægning



Genanvendelsespotentialie & affaldshieraki



Planlægning & udførelse

FORUDSÆTNINGER & KORTLÆGNING

Forudsætningen for at kunne arbejde med affaldsminimering ved genanvendelse, kræver, at de bygningsdele, som står til udsmidning, bliver identificeret og kortlagt, så vi kan vurdere, hvad, hvordan og hvor meget, der kan genanvendes på den ene eller anden måde. Vi forestiller os, at man tager hver bygningsdel, og beskriver følgende:

Ressourcer

Bestanddele; Hvilke komponenter er bygningsdelen bygget op af?

Kvalitet af ressource og bestanddele; Hvilken tilstand har bygningsdelen og de bestanddele?

Risiko for miljøskadelige stoffer; Er der risiko for at bygningsdelen er forurenede af miljøskadelige stoffer? Hvis ja, kan den genanvendes uden at skulle saneres eller hvad koster det at sanere bygningsdelen?

Renhed af ressource og bestanddele; Er bygningsdelen limet, klæbet, skruet, tappet eller støbt sammen med eksisterende byggeri (kan den fjernes uden at gå i stykker?) og hvad med bestanddelene? Kan bygningsdelen skilles ad?

Andre arbejder i projektet; Er der gjort nogle observationer, som indikerer, at der kan være udfordringer ifm. en evt. genanvendelse af den konkrete bygningsdel?

Økonomi

Afklaring, planlægning samt håndtering af genanvendelsespotentialerne i projektet tager tid.

Derfor skal ambitionsniveau ift. klima og genanvendelse afstemmes mellem bygherre og projektteam. Må det koste noget at være klimavenlig, eller skal det være udgift neutral – dvs. gå lige op med div. deponerings-/afskaffelsesudgifter?

Kravene til- og de økonomiske fordele ved genanvendelse bliver kun større over tid.

Mængder

Når der er kortlagt, hvilke bygningsdele og bestanddele, der reelt står til udsmidning, kan der regnes på, om der er nok til at der kan være en aftager: Skal man genanvende på stedet, eller er det ikke rentabelt at genanvende? Eller er det kun dele af bygningsdelen, som kan genanvendes i recirkulation?

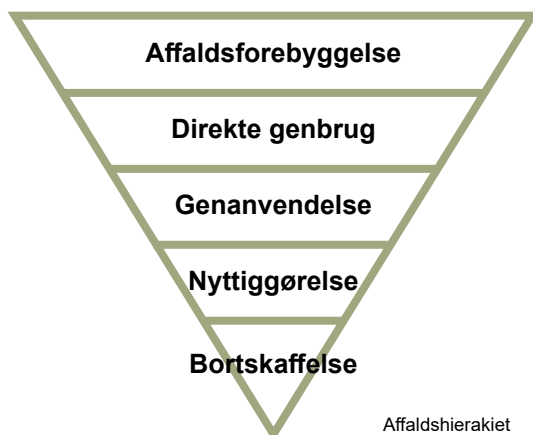
Antal vinduer

Samlet m² vindue/rude

Øvrige relevante mængder

GENANVENDELSESPOTENTIALE & AFFALDS-HIERAKI

Når forudsætninger og kortlægning er udført, skal vi gennemgå hver bygningsdel og dens bestanddele for at se hvor potentialerne er størst/bedst for genanvendelse. Det gør vi ved at hver bygningsdel og dens bestanddele gennemgås/analyseres på hvert niveau i affaldshierakiets trekant, for at udpege den mest oplagte genanvendelse for både den samlede bygningsdel, men også de enkelte bestanddele. Det er en god ide at beskrive, hvad der skal til for at bygningsdelen/bestandsdelen i praksis kan genanvendes på det ønskede niveau. Alle potentielle genanvendelsesmuligheder indarbejdes i et idekatalog for genanvendelse. Hver genanvendelsesmulighed, kan omregnes i sparet Co_2 i forhold til bortskaffelse, det samme gør sig gældende for omkostningerne. Begge beregninger kan hjælpe til med vurderingen af, hvad der bedst kan betale sig. Dels rent klimamæssigt og økonomisk.



1. **Affaldsforebyggelse** - (minimer affald) øverste niveau Ikke muligt ved en vinduesudskiftning.
2. **Direkte genbrug**. Vindue tages ud og bruges i lokale mindre byggeprojekter uden særlige krav til energi/indeklima og produktgaranti. Vindue tages ud og afsættes til genbrugsforhandlere. Øvrige materialer
3. **Genanvendelse**. Glas tages ud af vinduesrammer og ruder anvendes i lokale mindre byggeprojekt uden særlige krav til energi/indeklima og produktgaranti. Glas aftages af producent med henblik på omdannelse. Øvrige materialer
4. **Nyttiggørelse** F.eks. energiudnyttelse ved forbrænding af plast eller træ karm/ramme
5. **Bortskaffelse** – laveste niveau. F.eks. fuger og anden plast-materiale som skal bortskaffes som farligt affald

PLANLÆGNING & UDFØRELSE

Når de konkrete genanvendelsesmetoder er udpeget, går planlægning af projektering og udførelse i gang. Denne proces skal foregå sideløbende med den almindelige projektering, og arbejdsmetoder til håndtering, sortering og opbevaring skal indarbejdes i projektmaterialet. Til planlægningen skal der tages stilling til nedenstående:

- Undersøge for lokale aftagere/ildsjæle med henblik på direkte genbrug eller genanvendelse
- Hvilke aktører skal der indgås aftaler med for at løfte de udpegede genanvendelsespotentialer?
- Hvornår skal aftagere/aktører inddrages?
- Myndigheder, skal der indhentes tilladelser/dispensationer?
- Genanvendelsesproces skal indarbejdes i projekteringsplan, udbudsmateriale og udførelsestidsplan.
- KS og kontrol af udførte hensigter om genanvendelse fra entreprenører. Herunder indsamle certifikater fra aftagere, som bevis på, at genanvendelse vil ske efter hensigten.



4.3 Præstevænget

Projektcase



fsb Præstevænget (1-34)

Opførelsesår: 1949-50

Arkitekt: Ole Buhl og Harald Pedersen

Ingeniør: Birch og Krogboe

Havearkitekt: C. Th. Sørensen

Ejendommen har 11 opgange, som er fordelt på følgende adresser:

Englandsvej 32-34, Sætersdalgade 1-15 Glommensgade 7

Ejendommen indeholder 110 boliger (inkl. ejendomskontor), 3 ungdomsboliger, 3 erhvervs-lejemål, vaskerier og fælles faciliteter i kælder, Fritids- og ungdomsklub på hjørnet af Glommensgade/Sætersdalgade.

Ejendommen udgør ca. halvdelen af den samlede totale karrebebyggelse.

Afdelingen har i flere år ønsket:

- udskiftning af de over 30 år gamle utætte plast vinduer, der ikke kan skaffes reservedele til mere.
- udskiftning af opgangsdøre samt øvrige døre i facade
- etablering af nye altaner til de ca. 80% af beboerne, der i dag ikke har altaner.

Dette samt gavlisolering skal udføres samtidig med renovering af murværk.

Præstevænget er SAVE 4, hvilket overordnet er en middelværdi.

Der har været en omfattende dialog med Københavns Kommunes tilsyn om udformning af de nye vinduer samt altaner.

Der er 19/5 2021 givet byggetilladelse til vinduesudskiftning til træ/alu vinduer med 2-lags glas, altaner samt gavlisolering.

4.4 Metode for kortlægning af mulig genanvendelse

FORUDSÆTNINGER OG KORTLÆGNING

Ressourcer

Bygningsdele og bestanddele:

- Plastvinduer fra 1983, 2 lags thermoruder, fortrinsvis Dreje/kip funktion
- Beslag(reservedele) til denne type vinduer fås ikke mere
- Alu-rist øverst i glasfelt, i stedet for oprindelige træk-vinduer
- Franske altanværn (alu-firkantprofil)
- Betonsålbænke

Kvalitet af ressource og bestanddele:

- Plastvinduer er fuldt udtjente (stor utæthed og svært at vedligeholde uden korrekte reservedele)
- Beslag skal vurderes individuelt. Nogle vil være ok til genanvendelse som reservedel i tilsvarende vinduer.
- Franske altanværn i ok stand.
- Betonsålbænke er i dårlig stand (revnede og frostsprængte) og kan ikke holde et nyt vindues levetid ud.

Risiko for miljøskadelige stoffer:

- Der er foretaget miljøscreening (COWI, 2019-11-27). Intet kritisk indhold af skadelige stoffer. Miljøsanering er ikke nødvendig.

Renhed af ressource og bestanddele:

- Ikke undersøgt, men Renhed af rude/glas ikke målt (men god nok til genanvendelse til glasuld)
- Altanværn ok.
- Betonsålbænke ok.

Andre arbejder i projektet:

- Nye altaner mod gård (for de 80% der ikke har altaner i dag)
- Omfugning af murværk
- Gavlisolering

Økonomi

- Genanvendelse er fsb HJEMs fokusområde på sagen Præstevænget
- Projektet er af flere gange blevet dyrere, hvorfor Bygherre på afdelingens vegne overordnet ønsker en udgiftsneutral tilgang til genanvendelse.
- Mulige mer-udgifter ved nænsom afmontering af beslag til genbrug hos andre afdelinger i fsb – er ikke afklaret.

Mængder

Antal vinduer

- 530 vinduer
- 220 alm/franske altandøre

Samlet m2 vindue/rude

- 1500 m2 vinduer
- 1100 m2 rude (2 lags glas)

Øvrige relevante mængder

- 700 m = 10,5 tons betonsålbænk
- 180 franske altanværn (alu firkantør)

GENANVENDELSESPOTENTIALER & AFFALDSHIERAKI

1. Affaldsforebyggelse - øverste niveau

- Ikke muligt ved en vinduesudskiftning.

2. Direkte genbrug

- Ingen direkte genbrug.
- Plast vinduer er fuldt udtjente og kan ikke afsættes hos genbrugsforhandlere.
- Franske altanværn sælges til genbrugs-byggemarked med henblik på videresalg (ikke omsmelting)

3. Genanvendelse

- Ingen genanvendelse af den hele rude. Gård er for lille til drivhuse o.lign. .
- Glas aftages af glasuldsproducent.
- Glasuldsproducent, der modtager vinduerne hele, foretager nænsom afmontering af beslag til genbrug hos fsb. (Beslag ophøjes til "Direkte genbrug")
- Betonsålbænke købes af RSG Nordic. Sålbænke indgår i produktion hos DK Beton.

4. Nyttiggørelse

- Plast karm/ramme kan forbrændes.

5. Bortskaffelse – laveste niveau

- Fuger skal bortskaffes som farligt affald

PLANLÆGNING & UDFØRELSE

Lokale aftagere/ildsjæle med henblik på direkte genbrug eller genanvendelse

- Ingen lokale aftagere/ildsjæle er fundet

Aktører der skal der indgås aftaler med for at løfte de udpegede genanvendelsespotentialer

- Aftager af det hele vinduer, Miljølogistik. Efter adskillelse leveres glas til producent af Glasuld: Saint-Gobain. Beslag leveres retur til fsb.
- Køber af franske altanværn (alu firkantør): Genbyg.dk
- Aftager af revnede betonsålbænke: RSG og DK Beton

Hvornår skal aftagere/aktører inddrages?

- I forslagsfasen, for den overordnet afklaring.
- I udbudsprojektet, for indarbejdelse korrekt beskrivelse af demontage og kvalitetskrav til de genanvendelige bygnings- og bestanddele i udbudsmateriale
- Evt. I udførelsesprojektet, for den detaljeret projektering af genanvendelsesprocesserne.

Myndigheder, skal der indhentes tilladelser/dispensationer?

- Ja, der er givet byggetilladelse pr. 19/5 2021

Genanvendelsesproces skal indarbejdes i projekteringsplan, udbudsmateriale og udførelsestidsplan.

- Ja, Præstevænget står foran udbudsprojekt i efteråret 2021 og udførelse fra marts 2022

KS og kontrol af udførte hensigter om genanvendelse fra entreprenører.

- Der stilles krav om dokumentation for videresalg. Indtægter skal fremgå af byggeregnskab
- Certifikat for genanvendelse fra RSG nordic og Saint-Gobain skal overdrages til fsb



4.5 Fælledhaven

Projektforudsætninger



fsb Fælledhaven (1-05)

Opførelsesår år: 2005-2006

Arkitekt: DOMUS arkitekter

Ejendommen har 6 opgange på fordelt på følgende adresser:

Tom Kristensensvej 6-16, 2300 København S

Ejendommen indeholder: 115 boliger, ejendomskontor samt Børnehave i st. nr. 8

Få år efter byggeriets ibrugtagning opstod der problemer med vinduer og døre - særligt de 4 fløjede høje foldedøre. Sagen kørte gennem længere tid og endte i voldgiftsnævnet, hvor der på baggrund af skønserklæring af 7. marts 2012 blev indgået forlig 9. marts 2012.

Skønsmanden anså, at det ikke var nødvendigt med en udskiftning af de 4 fløjede foldedøre. Han henviste til et tilbud på en total gennemgang af dørene med suppleringer, udbedringer og justeringer samt montering af fleksibel tætningsliste.

Trods flere løbende udbedringstiltag samt jævnlige service, har beboerne oplevet at problemerne kun blev større - og omfanget af servicebesøg er blevet hyppigere.

Fælledhaven er ikke SAVE vurderet.

Ifm. udarbejdelse af forundersøgelse i okt. 2020 er følgende blevet afklaret i dialog pr mail med Almene Boliger (KK):

- Der kræves ikke 3 lags vinduer, grundet bebyggelsens store(tunge)glaspartier
- Der accepteres 2 fløjet skydedøre i stedet for de 4 fløjede foldedøre – men med delende lodret sprosse, så 4 fløjs-aftegning er fastholdt
- Materialet mahogni i vinduerne skal fastholdes (nej til træ-alu)
- Ved overholdelse af ovenstående, betragtes det som en 1:1 vinduesudskiftning, hvorfor der ikke behøves at søges om byggetilladelse.

4.6 Metode for kortlægning af mulig genanvendelse

FORUDSÆTNINGER OG KORTLÆGNING

Ressourcer

Bygningsdele og bestanddele

- Mahogni vinduer fra 2006 (Byggeriets opførelse)
- 2 lags rude

Kvalitet af ressource og bestanddele

- Generelt: Skæve og utætte vinduer, der ikke kan repareres. (Leverandør er gået konkurs)
- Særligt 4 fløjet 2,5 m høje foldedøre er skæve og kan ikke lukke korrekt.
- Udadgående sidestyret vindue i vinduesbånd går meget dårligt
- Oliering af mahogni vinduer er ikke noget mangelfuld.

Risiko for miljøskadelige stoffer

- Der er ikke foretaget miljøscreening ifm. forundersøgelsen. Men eftersom byggeriet er relativt nyt (2005/2006), forventes der ikke behov for særlige miljøtiltag.

Renhed af ressource og bestanddele

- Ikke undersøgt, men Renhed af rude/glas ikke målt (men god nok til genanvendelse til glasuld)

Andre arbejder i projektet

- Nej

Økonomi

- Problemer med vinduerne har været der fra byggeriet opførelse i 2006.
- Afdelingen har en meget dyr m2 leje, samt en meget stor gennemstrømning af lejere (de bor der i gennemsnit kort tid)
- At skulle skifte vinduer efter godt 15 år er meget ulykkeligt, hvorfor det kan forventes at Bygherre på afdelingens vegne overordnet ønsker en udgiftsneutral tilgang til genanvendelse.

Mængder

Antal vinduer

- Ikke afklaret, Forundersøgelsen arbejdes med 2 modeller (minimal udskiftning=A og stor udskiftning=B)
- Ialt samlet ca 830 vinduer, varierende fra små 0,6x0,6m til de 4 fløjede vinduespartier på 3,3x2,5m (ca 180 stk)

Samlet m2 vindue/rude

- ikke udregnet
- ikke udregnet

Øvrige relevante mængder

GENANVENDELSESPOTENTIALER & AFFALDSHIERAKI

1. Affaldsforebyggelse - øverste niveau

Ikke muligt ved en vinduesudskiftning.

2. Direkte genbrug

- Gård, tagterasser og Børnehaven (nr.8) har udeareal. Mulighed for opførelse af orangeri/drivhus.
- Dialog med ejer af tilstødende grønt areal (op mod DR byen) kunne måske være interesseret i et større offentlig oranger/drivhus projekt.
- Mulighed for at kunne indgå i nyt pergola-projekt til fsb Kantorparkens rækkehuse
- Mange af vinduer må forventes at være i så dårlig (skæv) tilstand, at de ikke kan aftages af genbrugsforhandler med henblik på direkte genbrug.

3. Genanvendelse

- Mulig genanvendelse af den hele rude til orangeri/drivhuse
- Genanvendelse af mahogni karm/ramme til træbelægning, møbler i gård mv. eller facadebeklædning i kantorparkens nyt pergola-projekt.
- Mahogni kan evt. afsættes til Genbyg som materialeresource (funktion ikke levedygtig)
- Glas kan aftages af f.eks. glasuldsproducent eller sendes til traditionel genanvendelse (omsmeltning)

4. Nyttiggørelse

- Hvis ingen genanvendelse kan opnås af mahogni, kan træet afbrændes og energi "høstes".

5. Bortskaffelse – laveste niveau

- Ingen

PLANLÆGNING & UDFØRELSE

Lokale aftagere/ildsjæle mhp. direkte genbrug eller genanvendelse

- Der er ikke undersøgt for lokale aftager/ildsjæle

Aktører der skal der indgås aftaler med for at løfte de udpegede genanvendelsespotentialer

- Aftager glas kunne være Miljølogistik og Saint-Gobain
- Aftager mahogni kunne være Genbyg
- Aftager mahogne kunne være NCC-tømrerafdeling, hvis genanvendelse sker på HJEM projekt.

Hvornår skal aftagere/aktører inddrages?

- Ikke afklaret (men forslagsfasen, udbudprojekt og udførelsesprojek virker sandsynligt)

Myndigheder, skal der indhentes tilladelser/dispensationer?

- Nej, hvis myndighedernes krav overholdes (se også 4.5 Fælledhave)

Genanvendelsesproces skal indarbejdes i projekteringsplan, udbudsmateriale og udførelsestidsplan.

- Ja

KS og kontrol af udførte hensigter om genanvendelse fra entreprenører.

- Krav indarbejdes i udbudsmaterialet

Henvisninger & Bilag

Den mest klimavenlige vinduesudskiftning

Varmetabsberegning:

Bygningsreglement 2018

Ruder og vinduers energimæssige egenskaber, kompendium 7. BYG DTU.

U-050 (vinduesvidensystem.dk)

DS/EN 418

Positivlisten, energivinduer.dk

Bilag A Varmeforbrug ved opvarmning

Varmetabsberegning ved udskiftning til bedre isolerende vinduer

Livscyklusvurdering:

Den frivillige bæredygtighedsklasse:

<https://baeredygtighedsklasse.dk/>

LCA byg publikationer:

<https://www.lcabyg.dk/publications>

ÖKOBAU

https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html

Bilag B Livscyklusvurdering i LCAByg

Bilag B1 LCAByg rapport

Bilag B2 Beregninger af transport

Bilag B3 Varianter - varmetab, oversigt

Totaløkonomisk beregning:

Introduktion & beskrivelse af totaløkonomisk beregning i LCC byg: <https://lccbyg.dk/>

Landsbyggefonden, Totaløkonomisk beregning:

<https://www.lbf.dk/om-lbf/lbf-orienterer/2010/1/totaloekonomi-for-nybyggeri-og-renovering/>

Bilag C Totaløkonomiskeberegning i LCCbyg

Bilag C1 CCbyg rapport

Bilag C2 Prisomregner

National strategi for bæredygtigt byggeri:

<https://tbst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/Om-baeredygtigt-byggeri#national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri>

Analyse er lavet for

Realdania & fsb HJEM under Realdanias COVID-19-indsats –
Sammen om bæredygtigt byggeri ved Jan Horskær, fsb

Analysen er udarbejdet i samarbejdet i fsb HJEM:

RUBOW arkitekter

Ann Bertholdt, Torben Vestergaard & Britt Nemmøe

COWI

NCC

Taif Alazzawi

Støttet af Realdania

Dato d. 14.07.21

Version 1

