2018:01253 - Åpen

Rapport

Energioppgradering av vinduer i verneverdige bygninger

Casestudie av nye/restaurerte vinduer i Seilduksgata 26

Forfattere
John Einar Thommesen
Halvard Høilund-Kaupang

SINTEF Byggforsk
Byggeteknikk
2018-11-26

SINTEF

SINTEF Byggforsk

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 Oslo

Sentralbord: 73593000

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Rapport

Energioppgradering av vinduer i verneverdige bygninger

Casestudie av nye/restaurerte vinduer i Seilduksgata 26

EMNEORD:
Feltundersøkelse
Tilstandsanalyse
Bygård
Vinduer
Lyd
Luftgjennomgang
Varmegjennomgang

VERSJON
1.0

DATO
2018-11-26

FORFATTERE
John Einar Thommesen
Halvard Høilund-Kaupang

OPPDRAGSGIVER
Husbanken

OPPDRAGSGIVERS REF.
2016/5688-4 536.01/14637354

PROSJEKTNR
102018882

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
25+ vedlegg

SAMMENDRAG

Seilduksgata 26 (A og B) er to verneverdige bygninger som ligger på Grünerløkka i Oslo. Bygården hadde tidligere flere ulike vindusvarianter, med ulikt utseende og de var utseendemessig ulike originalvinduene. Flere av vinduene hadde også store fuktskader (spesielt originalvinduene) og det var sprekker og utettheter. Seilduksgata 26 var en casestudie forskningsprosjektet CulClim. Overordnede vurderinger av vinduene inngikk der som en del av forskingsprosjektet men det ble ikke gjennomført en teknisk vurdering av vinduene. I 2016-2017 ble det gjennomført utskifting og oppgradering/restaurering av vinduene i Seilduksgata 26A og B.

Den tekniske kvaliteten på de restaurerte vinduene med tanke på lufttetthet, lydisolasjon og varmetap er vurdert i denne rapporten.

Resultater:

- Oppgraderingen/utskiftingen har ført til at vinduene har fått bedre isolasjonsevne, mindre lydgjennomgang, og riktig arkitektonisk utseende.
- Det er ikke rapportert om trekk eller kaldras etter at utskiftingen/restaurering ble gjennomført
- De nye/oppgraderte vinduene er satt inn med en ett-trinns tetteløsning. Det er en enklere og mer risikofylt løsning fordi den er avhengig av en 100% tett fugemasse mellom karm og murvegg

UTARBEIDET AV
John Einar Thommesen/Halvard Høilund-Kaupang

SIGNATUR John Einar Thommesen
Halvard Høilund-Kaupang

KONTROLLERT AV
Cecilie Flyen

SIGNATUR
Cecilie Flyen

GODKJENT AV
Monica Strøm Nodland

SIGNATUR
Monica S. Nodland

RAPPORTNR
2018:01253

ISBN

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATION
DNV·GL
ISO 9001 = ISO 14001
OHSAS 18001

SINTEF

Innholdsfortegnelse

1 Innledning ... 3

2 Case: Seilduksgata 26 ... 3

2.1 Bygningen og området ... 3

2.2 Vinduer før oppgradering ... 5

2.2.1 Seilduksgata 26 A ... 5

2.2.2 Seilduksgata 26 B ... 7

2.3 Vinduer etter oppgradering 2016–17 ... 10

3 Vurderinger ... 12

3.1 Evalueringsmetoder ... 12

3.1.1 Visuell kontroll ... 12

3.1.2 Litteratursøk ... 12

3.1.3 Termografering ... 13

3.1.4 Lydmålinger ... 13

3.2 Vurdering av lufttetthet og infiltrasjonsvarmetap ... 13

3.3 Vurdering av U-verdi i rutene ... 18

3.4 Vurdering av lydisolering ... 20

3.5 Vurdering av opprinnelige trapperomsvinduer ... 23

4 Konklusjon ... 23

5 Referanser ... 25

BILAG/VEDLEGG

-

1 Innledning

Husbanken har gitt kompetansetilskudd til prosjektet "ENVIN – Energioppdatering av vinduer i verneverdige bygninger". Formålet med dette prosjektet er å undersøke tekniske kvalitet ved oppgradert vinduer i verneverdig bebyggelse.

Eksisterende vinduer i bygningene i valgte case (se kapittel 2) ble oppgradert/byttet i ulike etapper, men alle vinduene med unntak av trapperomsvinduene er på rapporttidspunkt ferdig oppgradert eller byttet. Undersøkelsene av vinduene i bygningene er gjort i to omganger (høst 2016 og høst 2018). Den tekniske kvaliteten er vurdert med tanke på lufttetthet, lydisolasjon og varmetap. Rapportering av prosjektet skjer senere enn planlagt, primært på grunn av forsinkelser i arbeidet med utskiftning av vinduene og forhold utenfor vår kontroll.

Vurderingen er laget i forbindelse med et annet forskningsprosjekt, CulClim (Cultural valuable buildings and climate change response in a user perspective), finansiert av programmet "Folkets klimaforskning" under KLIMAFORSK hos Norges forskningsråd i perioden 2014 - 2018.

I CulClim ble verneverdige bygninger studert i et brukerperspektiv for å forstå hvordan beboerne forholdt seg til begrensninger og muligheter for klimatilpasning og energieffektivisering (Sluttrapport CulClim 2014-2018). En overordnet vurdering av vinduene inngikk i en del av forskingsprosjektet men det ble ikke gjennomført en teknisk vurdering av vinduene utover visuell vurdering.

2 Case: Seilduksgata 26.

Seilduksgata 26 (A og B) er to verneverdige bygg som ligger på Grünerløkka i Oslo. Bygningene ble brukt som case i CulClim-prosjektet, og av den grunn også valgt ut til denne vurderingen. Seilduksgata 26 ble valgt som case til CulClim på bakgrunn av diskusjoner med byantikvaren i Oslo og eksperter på NIKU.

Nøkkelinformasjon om bygningene:

- *Adresse Seilduksgata 26 A-B*
- *Bygningsnummer. 80574797 (A), 80574800 (B)*
- *Gnr / bnr 228 / 357*
- *Kommune 0301, Oslo*
- *Forvalter/eier Sameiet Seilduksgata 26*
- *Byggeår Ca. 1890*
- *Nåværende funksjon Boliger, bedrift*
- *Opprinnelig funksjon Boliger*

2.1 Bygningen og området

Casestudiet er typisk for verneverdige bygårder i mur, i en urban setting, fra slutten av 1800 tallet. Murgårdsbebyggelsen som ble satt opp fra midten av 1800-tallet til begynnelsen av 1900 tallet har i hovedsak samme bygningstekniske oppbygning. Bygningene (frontbygning og bakgårdsbygning) ligger ved Birkelunden i Oslo og er omgitt av flere andre bygårder som også er fredet. Murgårdene inngår i Birkelunden kulturmiljø som ble fredet i 2006, og er det første helhetlige kulturmiljøet som er fredet i en by i Norge. Hovedpoenget med fredningen er å sikre og bevare et helt bymiljø, og det er derfor ikke laget spesifikke bestemmelser for hver enkelt bygning. Det er kulturminneloven som i hovedsak legger retningslinjer for hva som kan gjøres med bygningene. Seilduksgata 26 A og B er fredet i henhold til Lov om kulturminner (kulturminneloven). Begge bygningene i Seilduksgata 26 omfattes av bestemmelser vedrørende eksteriøret og i tillegg er trapperommene i begge bygninger fredet. Dette omfattes etter kulturminneloven følgende (fra Forskrift om fredning av Birkelunden kulturmiljø, Oslo kommune, Oslo):

§ 20. Alle utvendige arealer og eksteriøret til alle byggverk, faste konstruksjoner, anlegg og installasjoner innenfor kartavgrensningen, herunder portrom, gårdsrom, faste konstruksjoner i terrenget som murer, gjerder, trapper o.l., gategrunn med gateløp, faste dekker og belegg, og parker og annen grønnstruktur. (Listen er ikke fullstendig)
§ 15. Trapperommene og deres interiør, det vil si trappeløp, dører, vinduer og alle overflater.

<u>Figur 1</u>. Utsnitt av kart fra K*ulturminnesøk*. Seilduksgata 26 A og B er merket med rød sirkel.

Frontbygningen/forgården (26A) mot gaten har sydvendt fasade, ligger lyst til og får en del sol. Fasaden til frontbygningen som vender mot bakgården ligger stort sett i skyggen. Gavlveggene vender mot nabobygningene, med en uoppvarmet spalte mellom bygningene. Bakgårdsbygningen (26 B) er frittliggende plassert inne i bakgården. Denne bygningen ligger stort sett i skygge med unntak av den øvre delen av fasaden, som vender mot syd.

Den bygningstekniske oppbygging oppsummeres slik:

- Takkonstruksjon i tre. Takstoler med bukker for å oppta horisontallast
- Etasjeskiller i tre, evt. fylt med leire eller koksstøv. Ankere langs gavlene
- Yttervegger i bærende tegl. Avtrappende veggtykkelse oppover
- Bærende midtvegg i tegl. Øvrige innvendige vegger i tre eller tegl
- Kjellermur og fundamenter av naturstein. Evt. sokkel av granitt
- Treflåter, evt. med pæler, der en ikke kunne fundamentere på fast fjell.

Fasadeveggene i murgårdene fra siste halvdel av 1800-tallet er oftest bygget opp av bærende teglstein i 1½ eller 2 steins tykkelse murt med kalk-mørtel og opprinnelig pusset med kalkpuss. Gatefasadene (<u>figur 2</u>), i motsetning til bakgårdsfasaden (<u>figur 3</u>), ble som regel bearbeidet arkitektonisk med ornamenter og trukne bånd.

Prosjektet med å skifte ut vinduer som ikke kunne videreføres og restaurere de øvrige vinduene, samt montering av balkonger mot bakgården og utskiftning til balkongdører har vært planlagt i tettsamarbeid med

Byantikvaren hos Oslo kommune og håndverkere med spesialkompetanse på vindusrestaurering og -utskiftning i eldre og verneverdige bygninger.

2.2 Vinduer før oppgradering

Seilduksgata 26 er typisk for bygårder i mur fra slutten av 1800 tallet. Det er utfordringer knyttet til vinduene, og av beboerne ble det rapportert om kulde og trekk på vinteren (Moen, 2016; Godbolt m.fl., 2018). Vinduene er ofte det svakeste punktet i klimaskjermen når det kommer til varmetap og lydisolasjon, og det er en komponent i klimaskjermen som det er praktisk mulig å noe med uten at konstruktive forhold ved bygninger endres. Dette er spesielt viktig når det er vernestatus på bygningen.

Bygården har tidligere hatt mange vindusvarianter der mange av vinduene hadde ulikt utseende og var utseendemessig ulike originalvinduene fra byggeåret. Det var vinduer med og uten sprosser, isolerruter, vinduer med ekstra glass i vareramme, men også noen bevarte, originale vinduer fra byggeåret. Noen vinduer hadde metallrammer/karm mens andre var av tre. Flere av vinduene hadde store fuktskader (spesielt originale vinduer i oppholdsrom, se figur 6) og det var sprekker og utettheter.

I 2016 var status på vinduene som følgende:

- Mange av var byttet eller oppgradert i flere forskjellige etapper,
- Stor variasjon i alder, visuell utforming, størrelse og teknisk utførelse.
- De fleste vinduene hadde utenpåliggende sprosser, selv om utforming og størrelse på selve sprossene også varierte.
- Vinduer mot gaten var i hovedsak T-postvinduer i tre eller metall/aluminium (figur 2). Noen var isolerruter mens andre hadde vareramme montert på innsiden.
- Ingen av vinduene i gatefasaden var originale.
- Vinduer i trapperom er kryssspostvinduer fra byggeåret.

Mange av vinduene i Seilduksgata 26 A og B var originalt tverrpostvinduer (T-postvinduer) med tre felt (to sidestilte og sidehengslede felt nede og ett topphengslet overliggende felt), se figur 2. Denne vindustypen er vanlig i bygårder i Oslo bygget i perioden 1880–1900 (Byggdetaljer 733.161 "Eldre vinduer. Vindusformer og materialer"). Større vinduer er gjerne femfelts T-postvinduer med tre sidehengslete sidestilte felt nede og to topphengslete overliggende felt. Vinduene i trapperom er høyere enn vinduene i oppholdsrom, og er sidehengslete kryssspostvinduer med fire like felt. Vinduer i toalettrom er smale sidehengslete ettfeltsvinduer.

Basert på observasjoner fra 2016 er vinduene delt i 3 ulike hovedkategorier:

I. Vinduer av nyere dato med og uten sprosser med isolerruter med to glass. Karm og ramme i treverk eller aluminium.
II. Originale T-postvinduer vinduer med ekstra glass i vareramme. Karm og ramme i treverk.
III. Originale trapperomsvinduer med ett glass. Karm og ramme i treverk.

2.2.1 Seilduksgata 26 A

Fasaden mot Seilduksgata er mer forseggjort enn de andre fasadene ettersom den vender ut mot gaten og ikke inn mot bakgården. Vinduene var i 2016 hovedsakelig trefelts T-postvinduer, og etter vår oppfatning, med ulik alder. Vinduene i gatefasaden har ornamenter og trukne bånd over seg som en del av utsmykningen. Bilde av fasaden er vist i figur 2 (neste side). I denne fasaden var alle vinduene trefelts T-postvinduer slik som originalvinduene var. Noen av vinduene hadde karm og ramme av aluminium mens andre hadde karm av tre. Enkelte av vinduene hadde vareramme på innsiden.

Figur 2. Sørvendt gatefasade i Seilduksgata 26 A slik den så ut i 2016. Vinduene er T-postvinduer med tre felt typisk for perioden, men av nyere dato. Det er ornamenter og trukne bånd over vinduene.

Bakgårdsfasade i Seilduksgata 26A

Figur 3 på neste side viser fasaden inn mot bakgården for Seilduksgata 26 A. Denne fasaden hadde i 2016 originale kryssspostvinduer i tre i trapperommet (figur 3, piler) og smale ettfeltsvinduer i toalettrommene (figur 3, sirkler). De andre vinduene i fasaden hadde blitt byttet/oppgradert i flere etapper, men er hovedsakelig trefelts T-postvinduer. For eksempel var vindu merket med A i figur 3 nyere enn vindu B i figur 3.

Det ble observert vinduer med både tre og aluminiumskarmer. Noen av vinduene hadde isolerruter med to glass, mens andre hadde vareramme montert på innsiden. Enkelte vinduer hadde kun et felt uten sprosser.

Figur 3. Nordvendt fasade mot bakgården i Seilduksgata 26 A slik den så ut i 2016. Pilene viser originale krysspostvinduer i trapperommet og sirklene originale vinduer i toalettrom. T-postvinduer merket A og B er av nyere dato med isolerruter med to glass, og vindu A er nyere enn vindu B.

2.2.2 Seilduksgata 26 B

Seilduksgata 26 B er bygningen som ligger inne i gårdsrommet. Figur 4 viser fasaden som vender mot syd og mot bakfasaden i Seilduksgata 26 A. Her var det i 2016 en blanding av nyere vinduer med og uten sprosser (vindusrad i samme høyde som vindu markert med A i figur 4), trefelts T-postvinduer av nyere dato med isolerruter med to glass(B) og originale femfelts T-postvinduer med ekstra glass i vareramme (C).

Figur 4. Sørvendt fasade i Seilduksgata 26 B, "bakre bygård", slik den så ut i 2016. Fasaden hadde mange ulike vinduer; isolerruter av nyere dato med og uten sprosser (A) T-postvinduer med isolerruter (B), og originale femfelts T-postvinduer med ekstra glass i vareramme (C).

Fasaden i Seilduksgata 26 B mot nord er vist i figur 5. Også her var det flere ulike varianter av vinduer. Det var tre- og femfelts T-postvinduer av nyere dato med isolerruter med to glass (B) eller vinduer av original dato med ekstra glass i vareramme (C). Trapperommet hadde originale krysspostvinduer (D). Originalvinduene med fem felt som vi blant annet kunne finne i 1. etasje var i svært dårlig forfatning (figur 6). Karmen var fukt- og råteskadet. Vinduet var svært utett, og beboeren har måtte legge klær og stoffer mellom ytterglass og vareramme for å stanse luftlekkasjene.

Figur 5. Nordvendt fasade i Seilduksgata 26 B slik den så ut i 2017. Fasaden har mange ulike vinduer av nyere dato; isolerruter med to glass(B), vinduer med ekstra glass i vareramme (C). Kryssposvinduer i trapperommet (D) er originale fra byggeåret.

Figur 6. Originalt femfelts T-postvindu i første etasje i Seilduksgata 26 B på fasade mot nord. Vinduene er i svært dårlig forfatning.

2.3 Vinduer etter oppgradering 2016–17

I perioden 2016–17 ble det gjennomført et omfattende arbeid i Seilduksgata 26 A og B, som blant annet innebar utskifting og oppgradering/restaurering av vinduene. Oppgraderingen og utskifting av vinduene startet i 2016 og var ferdig på slutten av 2017. Vinduene er fortsatt delt i tre kategorier I–III som beskrevet i kap. 2.2.
Alle leilighetsvinduene i 1–4 etasje har fått nye eller oppgraderte vinduer (kategori I og II). Originale kryssspostvinduer i trapperom (kategori III) er planlagt restaurert og oppgradert på tilsvarende måte. Dette arbeidet gjenstår, men er planlagt utført snarlig.

Etter restaurering er antall ulike vinduer i kategori I (isolerruter med to glass av ulike alder) redusert fra mange til én. Vinduer i kategori II (originale T-postvinduer med ekstra glass i vareramme) er oppgradert, men ikke endret utover dette.

Kategori I fra før oppgradering omfattet alle vinduer av nyere dato. Denne kategorien er oppgradert ved å skifte ut vinduene med nye, ensartede T-postvinduer med tolags isolerruter (figur 7, 8, 9 på neste sider).

Kategori II fra før oppgraderingen er oppgradert ved å restaurere de originale ytre vindusrammene, samt erstatte ekstra (enkelt) glass i indre ramme med nye tolags isolerruter (figur 10). Alle vinduer har samme åpningsmulighet som originale vinduer.

Det er også blitt montert balkonger i flere etasjer inn mot bakgården, og i den forbindelse har noen vinduer blitt byttet med balkongdører. Figur 8 på neste side viser nordvendt fasade i bakgården fra 2016 (uten balkong) og 2018 (med balkong).

Figur 7. Sørvendt gatefasade i Seilduksgata 26 A med nye vinduer. Alle vinduer er ensartede trefelts T-postvinduer med tolags isolerruter.

Figur 8. Nordvendt fasade i Seilduksgata 26 A mot bakgården. Bildet til venstre er fra 2016, og bildet til høyre viser samme fasade med nye vinduer og balkong. Vinduer er tilsvarende vinduene brukt i gatefasaden, men enkelte er byttet med balkongdør.

Figur 9a, b. De nye vinduene er (sidehengslet og topphengslet) isolerruter (to lag glass) med treramme og trekarm (9a). Mellom karm og vindussmyg er det brukt fugemasse i lik farge som karm (9b)

Figur 10. Restaurerte og oppgraderte femfelts originalvindu med innvendige vareramme med isolerruter med to glass.

3 Vurderinger

3.1 Evalueringsmetoder

Vi har vurdert den tekniske kvaliteten på de nye og oppgraderte/restaurerte vinduene. Flere av de små vinduene (i toalettrommene) er "plombert". Det vil si at det er blitt sperret, isolert og kledd fra innsiden. Begrepet teknisk kvalitet benyttes her som et samlebegrep og vi ser i praksis på vinduenes lufttetthet, varmeisolasjonsevne og lydisolasjonsevne. Lufttetthet og varmeisolasjonsevne har betydning for varmetekniske egenskaper som varmetap og termisk komfort. Lydisolasjonsevne har betydning for lydegenskaper og gode lydforhold. Hver av disse parameterne er vurdert med ulike metoder.

3.1.1 Visuell kontroll

Det er gjennomført visuell kontroll av tilgjengelige vinduer (dvs. de nedre etasjene). En slik kontroll kan avdekke feil og svakheter i montering, og avsløre eventuelle tidlige fuktskader og sprekker. Avvik funnet ved visuell gjennomgang kan påvirke både varmetekniske og lydegenskaper negativt.

3.1.2 Litteratursøk

Det er også utført et litteratursøk som kan brukes som underlag for vurderingen. En sentral rapport er en tidligere undersøkelse gjort av varme og lydegenskapene til energieffektive bevaringsverdige vinduer (Homb og Uvsløkk, 2012). Rapporten omfatter både målinger og beregninger av varme- og lydgjennomgang for vinduer med både isolerruter med flere lag glass og for vinduer med innsatte varerammer. Dette er samme type vinduer som vi finner igjen i Seilduksgata 26. I den studien ble følgende gjort:

- Beregning av U-verdi
- Måling av lufttetthet og uttørkingsevne
- Måling og vurdering av lydisolasjon

- Beregning av varmebalanse.

Resultatene fra Homb og Uvsløkk sin undersøkelse (2012) er benyttet som underlag for vår vurdering av de oppgraderte vinduene i Seilduksgata 26 A og B med tanke på varmetap.

Vinduers lydisolerende egenskaper er beskrevet i Byggdetaljer 533.109 "Lydisolerende egenskaper for vinduer" og Byggforvaltning 722.109 "Forbedring av lydisolasjon i eksisterende vinduer". Homb og Uvsløkk (2012), beskriver også lydmålinger på isolerruter og på vinduer med treramme tilsvarende de som er montert i Seilduksgata 26. Resultatene derfra kan brukes som grunnlag for vurdering av de lydisolerende egenskapene.

3.1.3 Termografering

Varmetekniske egenskaper kan også vurderes i felt ved bruk av termografering. Ved termografering benyttes et termokamera som er sensitivt for infrarød stråling og viser et termogram der overflatetemperaturen har ulike farger. Overflatetemperaturen er i mange tilfeller direkte knyttet til varmetap og termisk komfort. Rød farge betyr høy temperatur, og blå/lilla lav temperatur.

Alle termogrammer er tatt fra utsiden i dette prosjektet. Når termogrammer tas fra utsiden betyr rød farge og høy overflatetemperatur at varmetapet er høyt i dette området. Høyt varmetap skyldes normalt lav varmeisolasjonsevne og tilsvarende høy U-verdi, og/eller varmetap fra luftlekkasjer gjennom utettheter i vinduet selv, overgangen mellom vindu og yttervegg, eller gjennom andre sprekker eller defekter. Tilsvarende indikerer blå farge lavt varmetap, lavere U-verdi og bedre tetthet.

Skal man få full effekt av termografering bør boligen undertrykksettes og bilder tas fra innsiden. Dette lot seg ikke gjøre i dette oppdraget på grunn av manglende tilgang til leiligheter. Vurderingene baserer seg derfor på termografering fra utsiden selv om dette er mindre sikre data. Under ideelle forhold er luftlekkasjer ofte synlige i termogrammer som "stråler" eller "vifter" som kommer ut fra et eller flere punkter. Slike lekkasjer er lettest å se i tetting mellom karm og ramme i vinduer med enkel vindusramme fordi det bare en ett tettesjikt mellom varm og kald side.

3.1.4 Lydmålinger

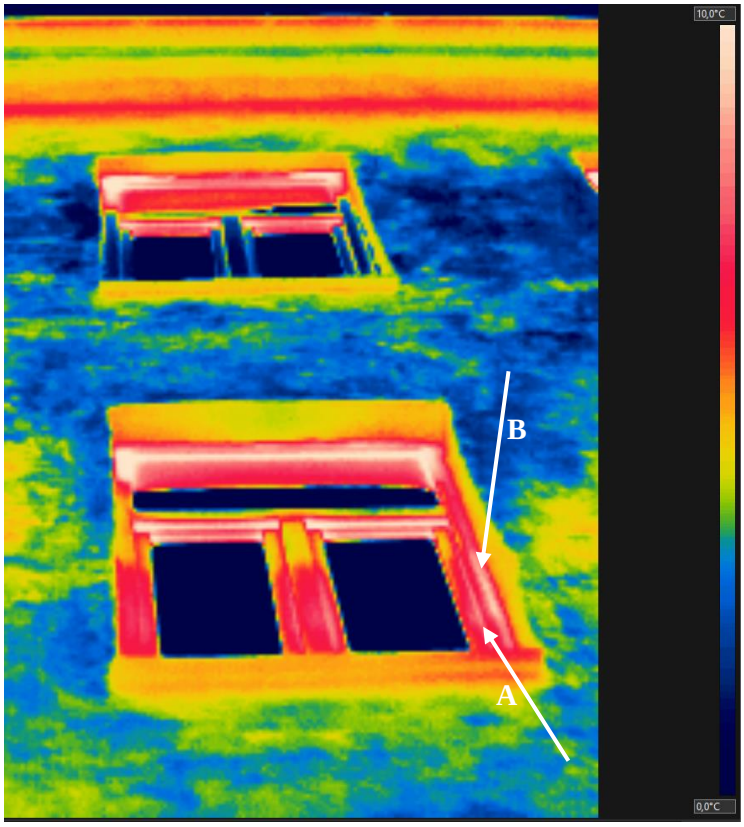
Opprinnelig plan var å gjennomføre lydmålinger på vinduer fra Seilduksgata, men dette lot seg ikke gjøre av flere årsaker. Mer omfattende rehabiliterings-/restaureringsarbeid enn forventet er en årsak, og tilgang til leiligheter er en annen.

3.2 Vurdering av lufttetthet og infiltrasjonsvarmetap

Før utskifting/oppgradering av vinduene var det mange rapporterte problemer som trekk, kaldras, dårlig tetthet, slitasje og fuktskader på vinduskarmene (Moen, 2016). Det var klager både på vinduer med isolerglass og på vinduer med vareramme. Kaldras og trekk kan komme av luftlekkasjer eller av dårlig isolasjonsevne i rutene eller karmen (eventuelt en kombinasjon). Utette vinduer kan fører til stort infiltrasjonsvarmetap i bygninger.

Synlige sprekker mellom karm og ramme var i mange tilfeller et stort problem (figur 11), men utettheter mellom karm og vindussmyg var også et problem. Figur 12 er et termogram som viser dårlig isolasjon (høyt varmetap) både mellom karm og ramme, men også mellom karm og murvegg. Dette ble registrert på flere vinduer.

Figur 11. Foto fra Moen (2016). Sprekker og luftlekkasje mellom karm og ramme var et problem på flere av vinduene (pil).



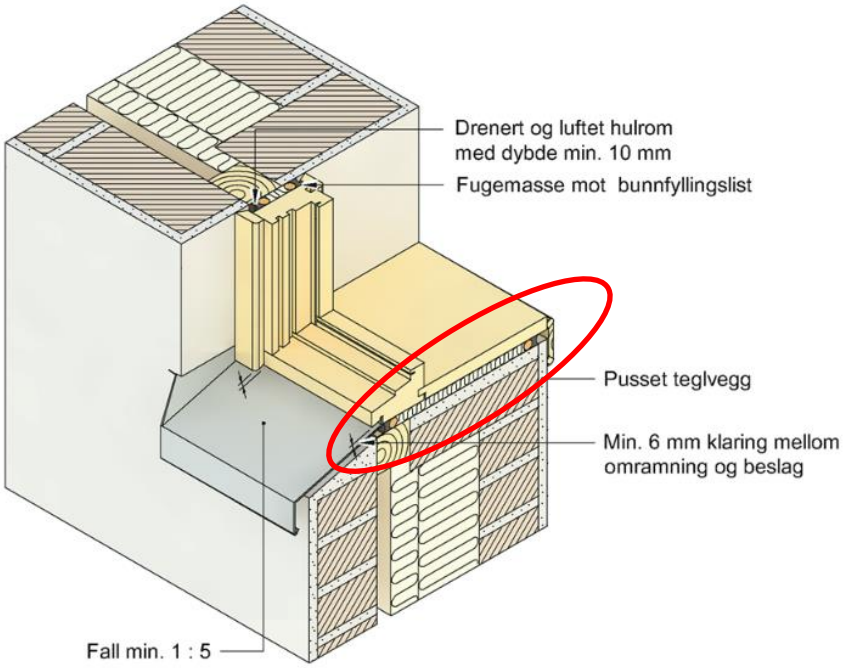
Figur 12. Utsnitt av termogram av et av vinduene tatt i 2016 (i prosjektet CulClim, SINTEF Byggforsk). Termogrammet viser tegn til luftlekkasje/varmetap både mellom ramme og karm (pil A), men også mellom karm og murvegg (pil B).

SINTEF Byggforsk anbefaler at vinduer monteres som prinsippskissen viser i figur 13 på neste side (fra Byggforvaltning 723.638 "Utskifting av vinduer"). Tetting og isolering mellom karm og murvegg (markert med sirkel) er viktig for å hindre varmetap og luftlekkasjer. Utette fuger ytterst, og manglende isolering er en vanlig årsak til varmetap og luftlekkasjer, og det er svært sannsynlig at dette har vært et problem på flere av vinduene i Seilduksgata. Dette bekreftes av blant annet termogrammet i figur 12 som viser stort varmetap i

fugen mellom karm og murvegg. For vinduer som kan åpnes er det like viktig med god tetting mellom vindusramme og -karm når vinduet er lukket.

De nye vinduene har en synlig elastisk fugemasse mellom murvegg og karm (se figur 14 neste side). Dette gjelder både de nyere vinduene med ruter i isolerglass og de opprinnelige vinduene med vareramme. Det er ikke montert sålbenkbeslag eller beskyttelse (beslag) over fugemassen slik SINTEF Byggforsk anbefaler for å sikre totrinnstetting.

Fravær av beslag kan være en konsekvens av arkitektoniske forhold som er lagt til grunn for å beholde løsningen mest mulig lik den opprinnelige, men det gjør løsningen mer sårbar og utsatt. Når det ikke er noen konstruktiv beskyttelse eller regnskjerm i form av beslag så vil levetiden til løsningen bli redusert. Dersom fugen løsner fra sidekanten inn mot karmen kan fukt trenge inn og skade treverket. Når man har en slik sårbar løsningen så må det påregnes regelmessig ettersyn og vedlikehold.



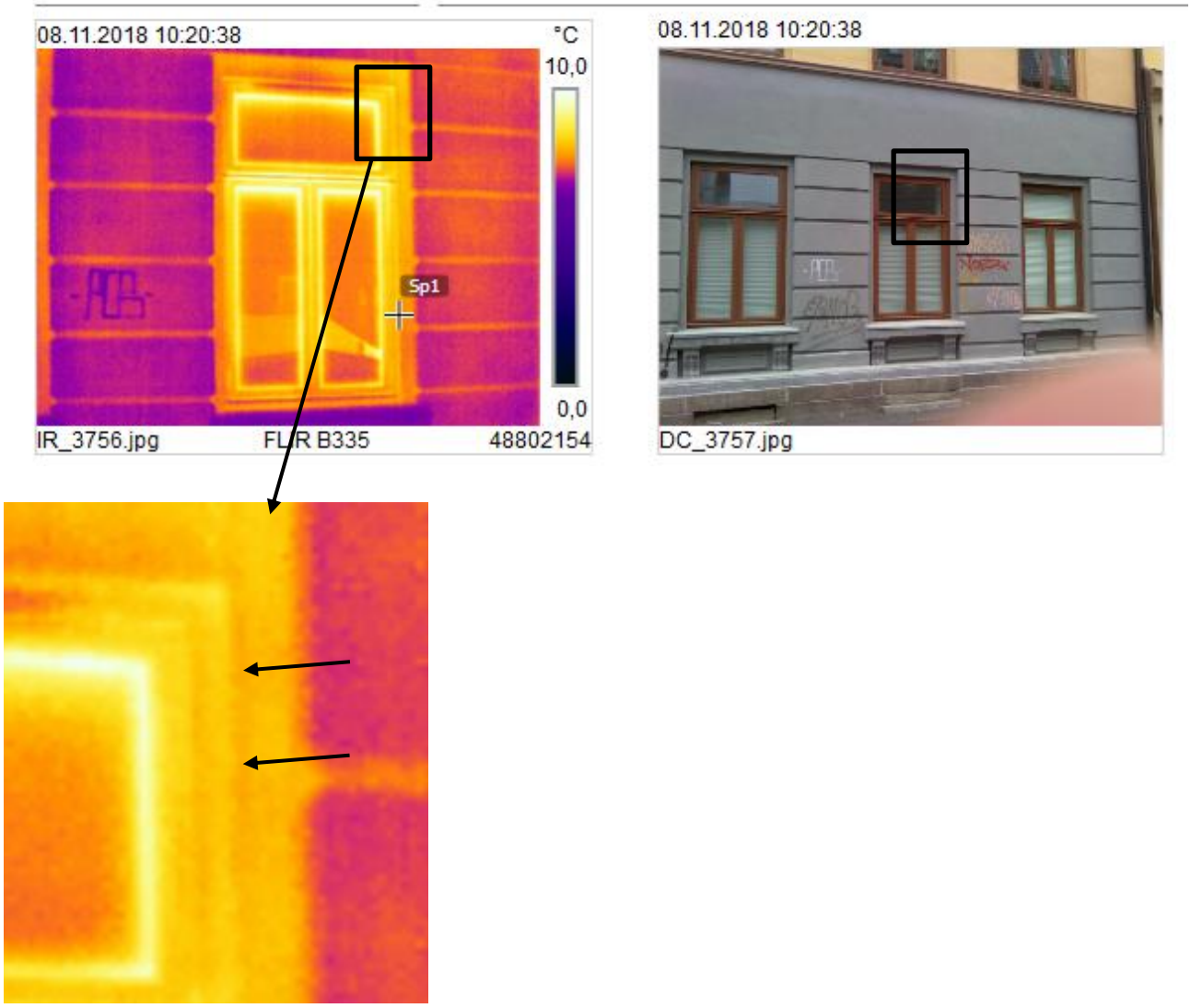
Figur 13. Utsnitt er av figur 73 c i Byggforvaltning 723.638. God tetting og isolering mellom karm og murvegg er spesielt viktig.

Figur 14. Det er brukt fugetetting rundt de nye vinduene. Fugene (piler) har god heft og ser derfor ut til å gi god tetting nå, men løsningen er sårbar. På venstre side er det isolerruter med doble glass, og på høyre side vises originalt vindu med ny isolerrute med doble glass i vareramme på innsiden.

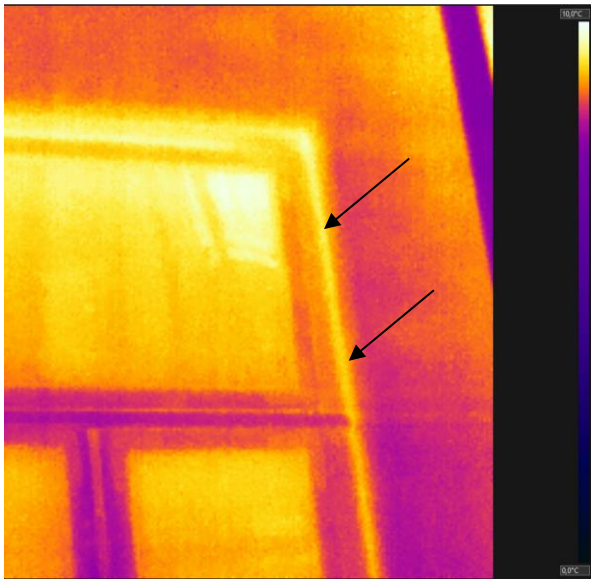
Termografibilder av de nye vinduene med doble glass viser at det er lavt varmetap mellom vinduskarmen og murveggen (figur 15). Dersom det hadde vært stort varmetap mellom karm og vindu ville det vært tydeligere fargeforskjell mellom murvegg, fuge og trekarm. Det er det ikke.
Selve fugen (piler, utsnitt i figur 15) er mørkere enn omkringliggende materialer. Mørk farge betyr lite lav temperatur. Dette tyder på at fugen er tett og godt isolert, samt at det ikke er varmetap gjennom luftlekkasjer. God tetthet er viktig for både varmetekniske og lydtekniske egenskaper.

De originale T-postvinduene med nye vareramme på innsiden ser ut til å ha litt større varmegjennomgang i fugene mellom karm og murvegg enn nye vinduer med doble glass (figur 16). Det er en klar lysere stripe i fugen på termogrammet og det tyder at er større varmetap gjennom fugene rundt dette vinduet (figur 16) enn i vinduet avbildet i figur 15. Årsakene til høyere varmetap gjennom fugen er flere, og de nevnes her uten å diskuteres i detalj.

Den ene årsaken til høyere varmetap rundt vinduet på figur 16 er at fugen er bredere. Den andre kan være mindre isolasjon bak fugen, og den tredje at innetemperaturen er høyere i rommet bak vinduet. En fjerde mulig årsak er ulik overflatetemperatur på fasaden som følge av ulik solinnstråling ettersom den ene fasade vender mot sør og den andre mot nord. Dette vil påvirke overflatetemperaturen, men lar seg ikke korrigere for, med mindre man kjenner forholdene. Det er for øvrig lite som tyder på at solinnstråling har påvirket resultatet siden det var overskyet på befaringstidspunktet.



Figur 15. Gatefasade 2018. Termogram av nytt T-postvindu med tolags isolerrute i gatefasaden. Øverst vises termogram og vanlig fotografi av det samme vinduet. Termogrammet viser ingen uventede eller unormale kuldebroer. Utsnitt viser detalj av karm og fugen (mørkere linje angitt med piler). Fugen (fugemasse + isolasjon) er mørkere enn omkringliggende materialer og det tyder på lavt varmetap. Fugen er tett og har lavt varmetap.



Figur 16. Utsnitt av termogram av restaurert originalt T-postvindu i Seilduksgata 26 B på fasade mot nord. Bildet viser høyere overflatetemperatur og større varmetap i fugen (pil) mellom karm og yttervegg på dette vinduet enn vinduet i figur 15.

Hvis beboerne nå opplever problemer med kaldras, trekke eller liknende på vinteren, kan man vurdere å undersøke fugene rundt de restaurerte vinduene i mer detalj. Det er forøvrig så langt ikke rapportert om problemer med dette, selv etter en svært kald vinter i 2017/18. Dette tyder på at fugen tetter godt nok nå, og at årsaken til varmetapet i fugen skyldes ulik fugebredde, isolasjonsmengde i fugen eller høy innetemperatur. Fugemasse er en ett-trinnstetting som er en sårbar løsning. Det er vanskelig å si noe om holdbarhet og om tettheten og/eller isolasjonsevnen på sikt blir dårligere. Dersom fugen løsner vil varmetapet øke, og det er uheldig. Regelmessig kontroll av fugene og tettheten er derfor nødvendig.

Termografi-undersøkelsene vi gjorde kunne ikke avgjøre med 100% sikkerhet hvordan tettheten var mellom ramme og karm, men det var ingen tydelige tegn på luftlekkasjer. Noe varmetap har man alltid i forbindelse med vinduer, men synlige eller tydelige tegn på luftlekkasjer som beskrevet i 3.1.1 var det ikke.

3.3 Vurdering av U-verdi i rutene

Kaldras fra vinduer kan være forårsaket av luftlekkasjer og utettheter (som var et problem tidligere), men kan også komme av lav overflatetemperatur på innsiden av rutene. Lav overflatetemperatur betyr at vinduet er dårlig isolert og har høy U-verdi. Vi er ikke kjent med varmeisolasjonsevnen til vinduene før oppgradering, men anslår isolasjonsevne basert på årstall der vi vet det og typiske verdier for byggeperioden.

Selv om flere av leilighetene hadde tolags isolerruter var disse av ulik alder. Dette kan bety mye ettersom man på et tidspunkt gikk over fra å bruke luft som isolator i hulrommet mellom glassene til argongass. En rute med to lag glass med luftfylt hulrom kan ha en U-verdi på 2,7 W/m^{2}K, mens U-verdien til en rute med argonfylt hulrom kan være under halvparten av dette.

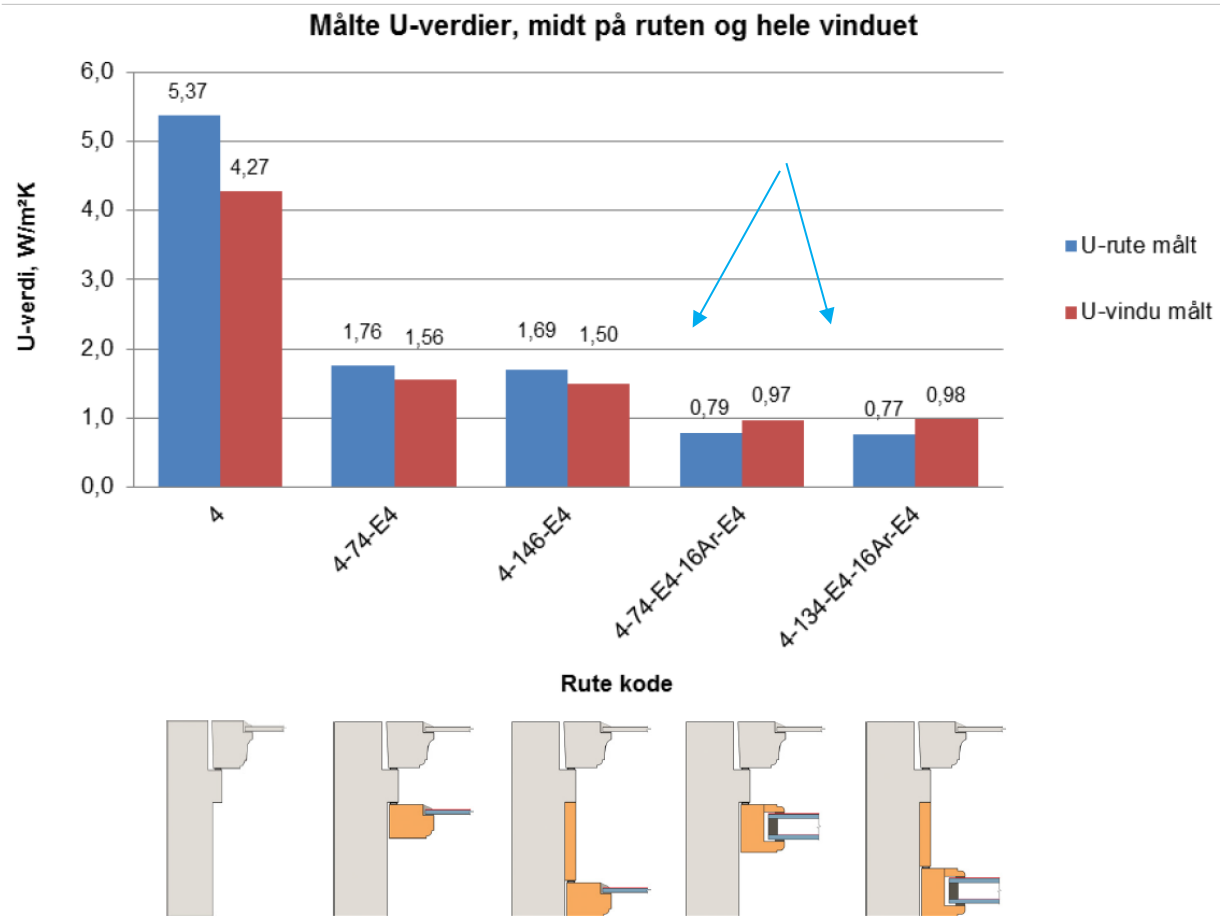
Byggteknisk forskrift TEK 17 angir krav til u-verdi for vinduer og dører som U ≤ 0,8 W/(m^{2}K) der energibehov dokumenteres etter tiltaksmetoden. Minstekravet til U-verdi for vinduer er imidlertid U ≤ 1,2 W/(m^{2}K). Det er ikke noe minstekrav for vinduer for kulturminner, men kravene i tekniske forskrift gjelder

så langt det passer. Nedenfor er det vist at det er mulig å oppnå de beskrevne minstekrav selv ved en restaurering.

De originale vinduene hadde enkle rammer med enkelt glass. Byggdetaljer 733.162 anslår at slike vinduer har forventet U-verdi rundt 4,1–4,5 W/(m^{2}K). Monteres et ekstra glass på innsiden i en vareramme forbedres U-verdien til rundt 2,0–2,1 W/(m^{2}K). Dette gjaldt flere av vinduene i Seilduksgata 26, men rapporter fra beboerne og bilder fra befaring tyder på at det ikke var godt nok. Slitte tettelister, skjeve karmer og rammer og andre luftlekkasjer kan føre til at U-verdien også blir høyere enn anslått.

Vinduer i kategori I (nye vinduer med tolags isolerglass) forventes å ha U-verdi i tråd med minstekravet på 1,2 W/(m^{2}K). Vurderingen er basert på at de fleste vinduer med lavere U-verdi enn dette har trelagsrute.

Vinduer i kategori II, originale vinduer med ekstra glass i vareramme, har fått nye isolerglass i vareramme på innsiden. Fra figur 17 på kan vi se at dette gir en forventet U-verdi rundt 1,0 W/(m^{2}K) for hele vinduet sett under ett (blå piler). På dette nivået er man nær minstekravet beskrevet i teknisk forskrift. Denne typen løsning med nye innvendige vareramme med doble glass kan derfor være en løsning for å redusere varmetap og oppnå gode U-verdier.



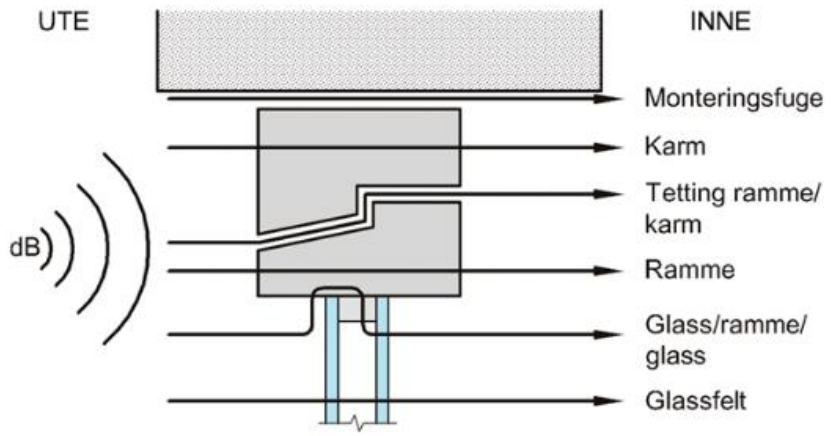
Figur 17. Figuren (4.2) er fra rapporten til Homb og Uvsløkk *2012*. Den viser Målte U-verdier for midtareal av ruten og for hele vinduer.

3.4 Vurdering av lydisolering

Lydproblematikk eller lydgjennomgang fra utsiden ble i utgangpunktet ikke diskutert som et større problem av beboerne i Seilduksgata 26. Dette kommer trolig av flere grunner. Seilduksgata er en mindre sidegate og det er relativt lite biltrafikk der. Normalt er også nabostøy det viktigste bidraget til støyplage i boligblokker. Eldre bygårder har ofte dårlig trinnlydisolasjon mellom etasjene, og det forventes at nabostøy er det viktigste bidraget til eventuell støyplage også i Seilduksgata.

På fasaden mot gaten er det ingen ventiler i ytterveggen, og vinduene har ikke innebygd luftespalte. Mulige overføringsveier for lyden er vist i figur 18 på neste side. De to viktigste overføringsveiene er gjennom tetting mellom karm og ramme og monteringsfugen rundt vinduet.

Forutsatt god tetting rundt vinduene og mellom karm og ramme forventes normalt god lydisolasjon denne veien. Fasadeveggen er tykk og av mur og gir god lydisolering i seg selv. Vinduene blir dermed det svakeste leddet. Hvor stort utslaget er på samlet lydisolasjon er ikke mulig å anslå uten å kjenne dimensjonene på rommet innenfor. Vurderingen forutsetter lukkede vinduer, ettersom lydisolasjonsevnen er svært begrenset når vinduene er åpne.

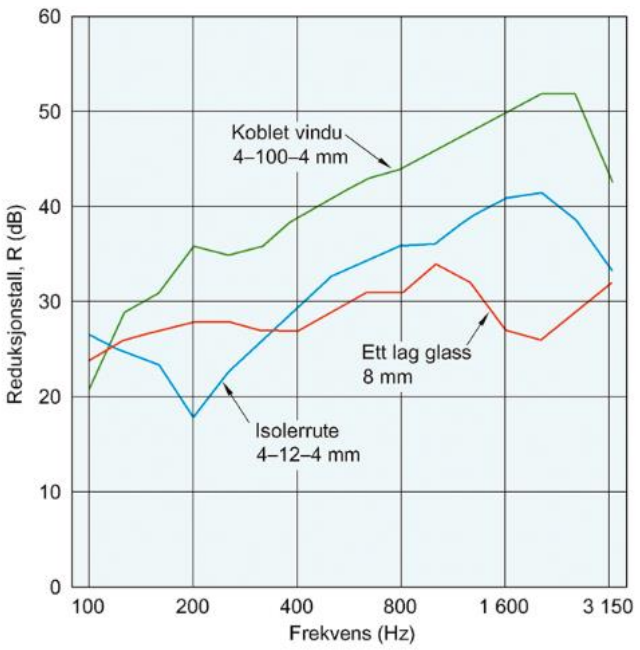


Figur 18. Lydoverføringsveier i et vindu. Hentet fra Byggdetaljer 533.109.

Den lyden som overføres gjennom glassene påvirkes av glassenes tykkelse og avstanden mellom glassene. Et eksempel er en del trelagsvinduer fra 70-tallet som var dårligere enn tolagsvinduer fordi avstanden mellom glassene var uheldig med tanke på lydgjennomgang.

Selv om trafikkstøy fra Seilduksgata kanskje ikke er et stort problem, kan støy fra annen trafikk, buss i Vogts gate og trikk i Thorvald Meyers gate, bære langt. Denne type støy er ofte lavfrekvent og vanskelig å dempe. I slike tilfeller er vinduer med stor avstand mellom glassene svært gunstig som figur 19 på neste side viser. I figur 19 er vekten av glass den samme for alle tre målobjekter, men lydisolasjonen er helt forskjellig avhengig av om det er ett tykt glass eller to tynne med ulik avstand mellom.

Koblede vinduer (grønn linje) har større lydreduksjonstall enn isolerrutene med to glass (blå linje). I praksis betyr dette at koblede ruter er bedre lydmessig enn isolerruter med to glass. I dette tilfelle er det avstand mellom rutene som er avgjørende for lydreduksjonen. Det gjelder også for vinduer med vareramme. Økt glassavstand forbedrer lydisolasjonsevnen. Årsaken er at den resonansen som oppstår mellom to glass (dobbeltveggsresonansen) forskyves i gunstig retning (mot lavere frekvens i dette tilfellet). Denne effekten nevnes, men antas å ha begrenset effekt her, ettersom alle vinduer mot gaten er skiftet til nye tolags isolerruter. For disse vil tetting rundt vinduene være av større betydning.



Figur 18. Lydreduksjonstall som funksjon av frekvens for ulike vindusløsninger. Alle vinduene har like mye vekt i glassene. Figuren er hentet fra Byggdetaljer 533.109.

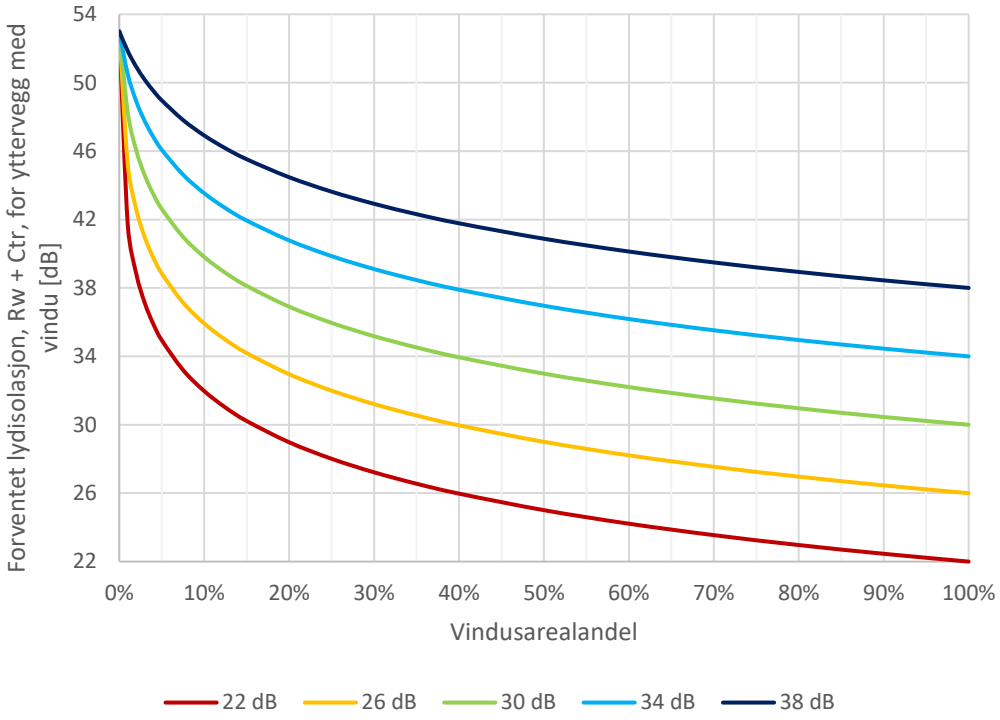
Byggdetaljer 533.109 og Byggforvaltning 733.109 "Forbedring av lydisolasjonen til eksisterende vinduer" anslår også forventet lydreduksjonstall for gamle og nye vinduer.

For vinduer i kategori I anslår Byggforvaltning 733.109 veid lydreduksjonstall, R_w, inkludert omgjøringstall for trafikkstøy, C_{tr}, til å være $R_w + C_{tr}$ = 22–26 dB for vinduer med dårlig eller middels god tetting. Her forventes forbedringen å være begrenset med mindre det ble oppgradert til lydvinduer med laminerte glass. Byggdetaljer 533.109 anslår tilsvarende at nye vinduer med forutsatt god tetting har $R_w + C_{tr}$ = 30–34 dB. Forbedringen anslås derfor å være 6–10 dB avhengig av forutsetningene (tetting, glasstykkelser og glassavstand). Dette omfatter vanlig "energiglass" og ikke vinduer med lydisolerende laminerte glass.

For originale vinduer med ekstra glass i vareramme (kategori II) er anslått R_w+C_{tr} rundt 25–36 dB (Byggforvaltning 733.109). Tetting avgjør om verdien ligger i øvre eller nedre sjikt. Basert på tilbakemeldinger om trekk og termografering fra før oppgradering anslås R_w+C_{tr} å ligge mellom 25 og 30 dB for vinduene. Etter utbedring med restaurering og montering av ny isolerrute i innvendig vareramme forventes lydisolasjonen å være forbedret til R_w+C_{tr} = 33–38 dB avhengig av isolerrutens egenskaper. Forbedringen anslås her å ligge mellom 5 og 8 dB. Forbedringen er noe mindre enn for tolagsvinduene. Årsaken er at utgangspunktet med vindu med ekstra glass i vareramme er forventningsmessig bedre enn et dårlig tettet vindu med isolerglassrute.

Fordi vinduet er svakeste punktet i ytterveggen kan det forventes at en forbedring i vinduets lydisolasjon får en direkte konsekvens for den samlede lydisolasjonen til ytterveggen med vindu. Forbedringer som det her er snakk om tilsvarer en vesentlig reduksjon av opplevd støy. En reduksjon på 10 dB tilsvarer en halvering av opplevd støynivå.

Figur 19 viser forventet lydreduksjonstall inkludert trafikkstøykorreksjon for yttervegg med vindu som funksjon av vindusarealandelen. Fordi veggen er såpass mye bedre enn vinduet, vil forbedringen i vinduet gi tilnærmet "full effekt" i den forstand at 5 dB forbedring i vinduets Rw + Ctr-verdi gir 5 dB forbedring i Rw + Ctr for hele ytterveggen med vindu.



Figur 19: Forventet feltmålt lydreduksjonstall for yttervegg med vindu som funksjon av vindusarealandelen. De ulike kurvene gjelder for vinduer med lydreduksjonstall inkludert trafikkstøykorreksjon, Rw + Ctr, som angitt for kurven. Det er tatt utgangspunkt i en en skallmurvegg med Rw + Ctr = 53 dB for ytterveggen (Byggdetaljer 523.422 "Lydisolerende egenskaper for yttervegger").

Intakte tettedetaljer er viktig for å ivareta god lydisolasjon. Selve rutas lydisolerende egenskaper forringes sjelden, men tettedetaljer kan redusere lydisolasjonen betraktelig. Korreksjonstall er vist i tabell 1 (hentet fra Byggdetaljer 533.109). For de gamle vinduene anslås effekten av tetting å ligge mellom 1–10 dB avhengig av utgangspunkt og sprekker. For nye vinduer vil store sprekkdannelser kunne redusere effekten med 5–15 dB avhengig av tettelistenes kvalitet.

Korreksjon av lydreduksjonstall ved mangelfull tetting mellom ramme og karm

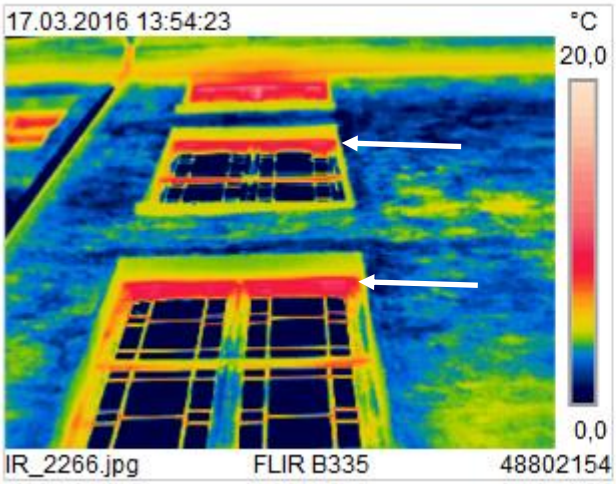
Tett vindu, $R_w + C_{tr}$ dB	Begrenset tetting[1)]	Dårlig tetting, ca. 1 mm klaring på alle sider	Svært dårlig tetting, ca. 3–4 mm klaring på alle sider
25	1	4	7
30	2	8	11
35	4	12	16

[1)] 5 stk. 10 mm hull i tettelist oppe og nede for utlufting av hulrommet mellom glassene i koblet vindu / vindu med to rammer

Tabell 1. Korreksjon av lydreduksjonstall ved mangelfull tetting mellom ramme og karm. Hentet fra Byggdetaljer 533.109.

3.5 Vurdering av opprinnelige trapperomsvinduer

Disse vinduene er fredet og kan ikke skiftes ut, men de kan restaureres. Det ble opplyst (november 2018) om at arbeidet med restaurering snart skal starte og at det innebærer en enklere oppussing/restaurering. Det er noe uklart hva som ligger i dette, men som et minimum mener vi at råteskadet treverk må byttes, knuste ruter må skiftes, og ny overflatebehandling må påføres. I tillegg til dette mener vi det er behov for å gjøre en bedre tetting mellom karmene og murveggen. Figur 20 viser termogram av trapperomsvinduene i Seilduksgata 26B som ble tatt i 2016. Det er relativ stort varmetap i overkant (piler figur 20), og det er trolig utettheter her mellom karm og murvegg. Dette stemmer også med rapporter fra beboerne (Moen, 2016 og Godbolt m.fl., 2018).



Figur 20. Termogram fra 2016 (bilder fra prosjektet Culclim, kilde er SINTEF Byggforsk). Trapperomsvinduene har relativt stort varmetap gjennom øvre karm.

4 Konklusjon

Seilduksgata 26 hadde tidligere mange vindusvarianter, både i utforming og årgang. Det var vinduer med og uten sprosser, isolerruter med doble glass, nyere vinduer med vareramme og en del originalvinduer. Noen vinduer hadde metallrammer/karm mens andre var av tre. Dette er i utgangspunktet primært et estetisk og arkitekturhistorisk/antikvarisk problem, og ikke et teknisk problem. Likevel gjør variasjonen det vanskelig å anslå forbedring for ett og ett vindu. Flere av vinduene hadde fuktskader, sprekker og utettheter. Det var store problemer med kaldras og trekk spesielt i den kalde årstiden.

Leilighetsvinduene har nå enten fått nye tolags isolerruter i opprinnelig utseende, eller så har de originale vinduene blitt oppgradert/restaurert samtidig som det er montert en ny vareramme med isolerglass.

Etter at tiltakene er blitt gjennomført har det ikke vært klager fra beboere på trekk eller kaldras. Vinduene ser ut til å fungere etter hensikt. De gir bedre isolasjon, mindre lydgjennomgang og har et riktig arkitektonisk/antikvarisk utseende.

Når man skifter eldre vinduer blir boligens lufttetthet som ofte bedre (gjelder spesielt i eldre bygninger). Luftlekkasjer gjennom eldre vinduer kan være betydelig og kan i enkelte tilfeller gi et betydelig bidrag til den totale ventilasjon. Ved montering av nye vinduer eller restaurering av eldre vinduer, kan denne "naturlige" ventileringen bli mindre eller stoppe helt opp. I de boligene der det allerede er få ventiler og/eller dårlig avtrekk så kan det negative konsekvenser for inneklimaet. Det blir lavt luftskifte og økt luftfuktighet.

Økt luftfuktighet kan være spesielt problematisk på vinteren da faren for kondensering øker. Av denne grunn anbefaler man ofte å vurdere ventilasjonen samtidig med en utskifting/restaurering av vinduer.
Resultatene er oppsummert under i tabell 2 og 3.

Tabell 2. Før tiltak

	Kategori I Originale vinduer (ikke trapperomsvinduene)	Kategori II Diverse "nyere" vinduer
Problemer	Fuktskader, råteskader, store sprekker, stort varmetap selv med vareramme r	Stort varmetap, luftlekkasjer, fuktskader, sprekker, kaldras. Ulik utforming og materialbruk
Isolasjonsevne	Svært dårlig	Dårlig til svært dårlig
Lufttetthet	Svært dårlig	Dårlig til svært dårlig
Lydisolasjon	Dårlig	Dårlig, usikker og variabel
Tiltak	Restaurering/oppussing av originalvinduer. Påmontert innvendig vareramme r med isolerglass.	Byttet i enten nye isolerglassruter med trekarm i originalt utseende
Kommentar	Beboere var misfornøyde med vinduene og det var klager på trekk og kaldras	

Tabell 3. Etter tiltak

	Rehabiliterte originale vinduer med nye tolags isolerruter	Nye tolags isolerruter med trekarm. Originalt utseende
Isolasjonsevne	God	God
Lufttetthet	God	God
Lydisolasjon-gjennom-gang	God	God
Kommentar	Det er ikke rapportert om problemer med trekk og kaldras fra vinduene etter at tiltakene har blitt gjennomført, og dette selv etter en svært kald vinter. Vinduene har ingen beslagsløsning slik som vi anbefaler i Byggforskserien. I praksis fører det til at tettingen rundt vinduene er en ett-trinns tetting som er avhengig av at fugemassen mellom karm og vegg holder tett. En slik løsningen er mer usikker enn en to-trinnsløsning og den vil kreve regelmessig tilsyn og vedlikehold. Forringelse av ytelsen vil redusere lufttetthet og lydisolasjon i vinduene. Tettheten i forbindelse med vinduene er blitt bedre. Dette positivt for blant annet lyd og trekk, men kan ha en negativ konsekvens for inneklimaet. Det kan bli lavere luftskifte og høyere luftfuktighet. Det anbefales at man følger opp og vurderer om inneklimaet i boligene har endret seg. Måling av luftskifte og luftfuktighet kan vurderes.	

5 Referanser

Flyen, A.C. og Berg, F., 2015
Antikvarisk-teknisk tilstandsanalyse. Seilduksgata 26, Oslo. NIKU.
Godbolt, L.Å., Hauge, Å.L., Flyen, C., Berg, F. og Moen, L.L., 2018
Sluttrapport CulClim 2014-2018. SINTEF Byggforsk, Oslo
Homb, A. og Uvsløkk, S., 2012
Energieffektive bevaringsverdige vinduer. SINTEF Rapport. SINTEF Byggforsk, Trondheim
Moen, L.L., 2016
Å bo i en fredet bygård - Casestudium for vurdering av boligkvalitet og energisparetiltak. Mastergradsavhandling, NMBU, Ås.

Anvisninger i Byggforskserien, SINTEF Byggforsk:
- 533.109 Lydisolerende egenskaper for vinduer
- 523.422 Lydisolerende egenskaper for yttervegger
- 733.109 Forbedring av lydisolasjonen til eksisterende vinduer
- 733.161 Eldre vinduer. Vindusformer og materialer
- 723.638 Utskifting av vinduer

SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no