



Miljø- og  
Fødevareministeriet  
Miljøstyrelsen

# Lydskodder til byens støjudsatte boliger

Miljøprojekt nr. 2108

Oktober 2019



Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Kjeld Johnsen, Statens Byggeforskningsinstitut

Allan Jensen, Rambøll

Jacob Borup Nørløv, Nørløv+Nørløv Arkitektfirma

ApS

Frederik Blum Winther, Rambøll

Emine C. Christensen, Rambøll

Frederik Wolter Holm, Rambøll

Claus Møller Petersen, Sweco

Grafiker/bureau: Rambøll

Tryk: Rambøll (udgives kun elektronisk)

Fotos:

Rasmus Degnbol, Rasmus Degnbol fotografi

Oplag: 1. udgave

ISBN: 978-87-7038-124-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Pilotprojektet: Lydskodder i Folehaven 2007</b>	<b>10</b>
3.1	Kommunale støjhandlingsplaner og pilotprojekt i Folehaven	10
<b>4.</b>	<b>Lydskodder i Folehaven 2017-2018</b>	<b>15</b>
4.1	Fase 1: Design og udvikling	16
4.2	Fase 2: Demonstrationsprojekt	23
4.3	Fase 3: Test og kvalitative brugerinterviews i prototypelejligheder	28
4.4	Fase 4: Skaleret projekt	30
4.5	Fase 5: Test, brugerundersøgelser og evaluering af lydskodden	31
4.6	Fase 6: Vurderinger af lydskoddens funktioner	38
4.7	Fase 7: Perspektiver og fremtidig udvikling	41
<b>5.</b>	<b>Sundhedsmæssige konsekvenser af trafikstøj i boliger</b>	<b>51</b>
5.1	Støjs negative indvirkning på sundhed	51
<b>6.</b>	<b>Referencer</b>	<b>54</b>
	<b>Bilag 1.Interview</b>	<b>55</b>

# 1. Forord

EU kunne i 2014 konkludere, at trafikstøj er et alvorligt miljøproblem med store negative konsekvenser for mennesker og miljø. Trafikstøj er den dominerende kilde til støj i miljøet og det vurderes, at 125 millioner mennesker i Europa er udsat for kraftig trafikstøj. Det medfører mindst 10.000 for tidlige dødsfald i Europa hvert år. 20 millioner mennesker er generet af støjen og 8 millioner lider af søvnforstyrrelser på grund af støj.

WHO kategoriserer derfor støj som et af de værste miljøproblemer med konsekvenser for menneskers helbred, kun overgået af luftforurening i form af ultrafine partikler.

Tal fra Miljøstyrelsen viser, at 724.000 (en tredjedel) af alle danske boliger, eller omkring 1,4 millioner danskere, er udsat for trafikstøj over de 58 decibel, som er den vejledende grænseværdi for nye boliger og tilsvarende støjfølsom bebyggelse. Tal indikerer, at mere end 500 danskere årligt dør for tidligt som følge af vejstøj. Støj fra trafikken er således også i Danmark et væsentligt sundhedsskadeligt problem, ikke mindst i det byggede miljø i og omkring de større byer med tæt trafik.

Lydskodden til byens støjudsatte boliger er en partiel dobbeltfacade, der kan indgå i både eksisterende byggeri og nyt byggeri og reducere støjpåvirkning, samtidigt med at der sikres en naturlig ventilation gennem ekstra udluftning og dermed et sundt indeklima.

Denne rapport beskriver, hvordan den nye lydskodde til Folehaven 3B blev udviklet, de tekniske løsninger og resultaterne, herunder især beboernes kommentarer og oplevelser efter de første måneders brug.

Projektet er gennemført med støtte fra Realdania og Miljø- og Fødevareministeriets Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP). De takkes begge for samarbejdet og opbakningen til projektet.

Tak for et stort og værdifuldt bidrag fra Gate21 og Nørlov+Nørlov Arkitektfirma ApS. En særlig tak til Boligforeningen 3B, som har givet inspirationen til projektet og modtaget det endelige produkt.

København 23. august 2019

Art Andersen Copenhagen – a part of Ramboll  
Statens Byggeforskningsinstitut  
Rambøll

## 2. Sammenfatning

Vinduet er med sine mange funktioner en af de vigtigste men også mest sårbare bygningsdele i boligen. Vinduet er den tyndeste adskillelse mellem inde og ude, den eneste kilde til dagslys, den flade med størst varmetab og den indgang vi traditionelt bruger til at ventilere vores bolig for at sikre et godt indeklima. Det er gennem vinduet vi møder udeklimaet; dufter vejret, hører fuglenes sang og får dagslys.

Desværre er det i mange boliger også gennem vinduet at vi hører trafikens evige og sundhedsskadelige summen og larm. Og det er netop hvad beboerne i Boligforeningen 3B Folehaven oplever. Her ligger mange beboeres soveværelser med en stor støjbelastning fra den store indfaldsvej Folehaven, hvilket kan gøre det umuligt at få den ro, der er nødvendig for en god nattesøvn, særligt hvis de samtidigt ønsker at have vinduet på klem for at få frisk luft. Resultatet er at mange sover dårligt i et CO<sub>2</sub> belastet, indelukket værelse med megen støj. Dette forringer ikke kun livskvaliteten, men øger risikoen for fugt og skimmel i boligen.

Efter et succesfuldt projekt med udvikling og montage af en lydskodde på vinduerne hos 36 boliger i Folehave 3B i 2007, har det længe været et ønske hos boligforeningen og beboerne, at der skulle monteres lydskodder på alle de stærkt støjbelastede lejligheder i bebyggelsen. Men samtidig har boligforeningen ønsket, at der sker en videreudvikling af lydskodderne, så de ulemper og begrænsninger, der blev konstateret i pilotprojektet fra 2007, bliver overvundet. Et primært ønske har været, at skodderne i højere grad er tilpasset boligblokkenes arkitektoniske udtryk, så skodderne i langt højere grad ligner de oprindelige grønne skodder.

På denne baggrund formulerede projektgruppen bestående af Art Andersen ApS, Nørlov+Nørlov Arkitektfirma ApS, Statens Byggeforskningsinstitut og Gate21 i 2016 et projekt for udvikling, montering og afprøvning af en ny lydskodde, der i størst mulig udstrækning kunne opfylde en række formulerede krav. Projektteamet fik støtte fra Realdania og Miljø- og Fødevarerministeriets Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP).

Der blev opstillet en række funktionskrav, som bl.a. omfattede arkitektur, funktion, støjdæmpning, indeklima, mørkelægning, energibesparelse og økonomi. Endvidere blev der lagt vægt på at identificere mulige udviklingsperspektiver, så projektets løsninger kan anvendes i andre bebyggelser med andre facader i eksisterende og nyt byggeri.

Det indledende udviklingsarbejde var især fokuseret på den lydsluse, der skal give mulighed for udluftning og samtidig dæmpe trafikstøjen. Der blev arbejdet med materialer og geometrisk udformning samt udført et omfattende måleprogram. Udviklingsarbejdet resulterede i fremstilling af tre forskellige demonstrationsskodder, der blev monteret på tre vinduer i Folehaven. De blev afprøvet i praksis af beboerne og der blev gennemført målinger af lydskoddens evne til at dæmpe trafikstøjen. Resultaterne var positive og efter nogle tilpasninger blev der fremstillet og monteret 42 lydskodder på vinduer i 36 lejligheder.

### Den færdige lydskodde

Det endelige produkt består af en samlet enhed, der monteres udvendigt, foran et eksisterende vindue, som ikke ændres. Dette vindue åbnes indad. Det betyder, at montagearbejde kan ske udefra og uden adgang til lejligheden. Ud for det eksisterende vindue har lydskodden en to-delt glastrude, som kan skubbes til side af brugeren indefra, men som udgangspunkt er

den ydre rude lukket. På begge sider af det eksisterende vindue sidder mørkelægningskodder, der ligger sig tæt op af bebyggelsens oprindelig skodder. Mørkelægningskodderne kan med en fjernbetjent motor, der betjenes af beboeren, køres ind foran det eksisterende vindue og give en næsten total mørkelægning af rummet. Den del af lydskodden, der sidder bag mørkelægningskodderne, rummer en nyudviklet lydsluse, der giver fristluftadgang til rummet mellem det eksisterende vinduer og lydskoddens ydre rude. Beboeren kan derfor udlufts og få friskluftadgang ved at åbne det indre, eksisterende vindue. Lydslusen er udformet med materialer og geometri, der effektivt dæmper den støj, der ellers kan passere slusen og nå ind i boligen.



Efter montering er der gennemført støjmålinger og der er gennemført en interviewundersøgelse af de beboere, der ønskede at deltage.

### **Støjdæmpning**

De facader i bebyggelsen, der vender ud mod Folehaven, er udsat for trafikstøj med et niveau op til 72 dB ( $L_{den}$ ), hvilket er ekstraordinært højt. Projektet har gennemført et måleprogram, der viser, at det indendørs i boligrum med lydskodde og lukkede vinduer er lavere end 33 dB, der er Bygningsreglementets krav til nye boliger. Når det indvendige, eksisterende vindue åbnes ved at det kippes, er det indendørs støjniveau 43 dB. Miljøstyrelsens krav til indendørs støjniveau i nye boliger med delvist åbne vinduer er 46 dB. Lydskodden kan således levere end bedre støjisolering end kravene til nye boliger, på trods af det meget høje udendørs støjniveau.

De monterede lydskodder har et åbningsareal gennem lydsluserne på 0,14 m<sup>2</sup>, svarende til åbningsarealet ved kipning af de eksisterende vinduer (0,10 m<sup>2</sup>).

Hvis arealet øges til 0,35 m<sup>2</sup>, vil det indendørs støjniveau med lukkede vinduer være 35 dB. Når det indvendige, eksisterende vindue åbnes ved at det kippes, vil det indendørs støjniveau med denne løsning være 47 dB. Med et øget udluftningsareal, kan lydskodden således sikre indendørs støjniveauer, der med 72 dB udendørs er meget tæt på kravene til nyt byggeri.

De resulterende indendørs støjniveauer er med åbningsareal på både 0,14 m<sup>2</sup> og 0,35 m<sup>2</sup> bedre end resultaterne for den gamle lydskodde fra 2007. Den har et åbningsareal på 0,07 m<sup>2</sup>.

Det kan derfor konstateres, at den nye lydskodde lever op til forventningerne og kan levere en meget effektiv dæmpning af trafikstøj.

### **Beboernes holdninger**

Ca. en tredjedel af beboerne ønskede at deltage i en interview- og spørgeskemaundersøgelse. De 12 besvarelser tegner et billede af stor tilfredshed med den nye lydskodde. Det gælder brugervenligheden generelt og i særdeleshed, at mulighederne for udluftning og mørkelægning er blevet langt bedre. Det er bemærkelsesværdigt, at brugerne tillægger muligheden for mørkelægning så stor værdi, som det tydeligt fremgår af undersøgelsen. Det er en funktion, der formentlig bør påkalde sig større opmærksomhed i byggeriet.

Afsættet fra hele projektet har været at give beboerne i Folehaven en bedre beskyttelse mod trafikstøj uden at begrænse mulighederne for udluftning og mørkelægning.

For den enkelte beboer er det ikke nødvendigvis støjdæmpning, der er den primære funktion. Faktisk er det tydeligt, at beboere i boligblokken vinkelret på Folehaven lægger større vægt på mørkelægning end støjdæmpning, mens det er omvendt for beboere i boligblokken langs med Folehaven. Det hænger utvivlsomt sammen med, at støjbelastningen på facaden af boligblokken langs med Folehaven er større end på facaden af boligblokken vinkelret på Folehaven.

Det er derfor uden tvivl en vigtig forudsætning for den høje tilfredshed, at alle tre primære funktioner (støjdæmpning, udluftning og mørkelægning) indgår i den nye lydskodde og, at brugervenligheden er bedre på alle tre funktioner end den tidligere løsning.

For så vidt angår lydskoddens evne til at begrænse gener fra trafikstøj, er brugernes oplevelse utvetydigt en markant forbedring af støjniveauet i lejligheden og lydskodden har positiv indflydelse på beboernes trivsel.

Det er derfor resultatet af brugerundersøgelsen og resultater af de tekniske undersøgelser, at der nu er udviklet et færdigt produkt som opfylder de funktionskrav, der blev opstillet ved projektets start.

Det er derfor også konklusionen, at lydskodden uden yderligere udviklingsarbejde kan produceres til montering på vinduer hos øvrige støjbelastede lejligheder i Folehaven.

### **Perspektiver og fremtidig udvikling**

Ved overvejelse om muligheder for at optimere lydskodden til brug i andet eksisterende og nyt byggeri, kan man med fordel gøre sig klart, at lydskoddens lydtekniske del indeholder to centrale elementer:

#### Lydslusen

Lydslusen giver friskluftadgang og dæmper samtidig støjen. Det er den centrale funktion, at slusen giver adgang for luft til et støjafskærmet rum foran det eksisterende vindue. Et af udviklingsprojektets vigtigste resultater er design og optimering af denne lydsluses geometri og materialevalg.

#### Rudepartiet

Lydskoddens rude, der sidder foran det eksisterende vindue, danner det støjafskærmede rum foran det eksisterende vindue, som sikrer, at trafikstøjen dæmpes i boligen, når det eksisterende, indvendige vindue åbnes. Ruden bidrager også til, at støjen dæmpes ekstra, når det indvendige vindue er lukket. Ruden er i realiteten en facadeintegreret støjskærm.

I Folehavens lydskodde kan beboerne regulere luftadgangen ved at åbne og lukke det eksisterende vindue mere eller mindre. I yderste konsekvens kan beboerne også vælge at åbne lydskoddens yderste rude for maksimal friskluftadgang. De forskellige muligheder påvirker også, hvor meget trafikstøj, der vil være i boligen.

Vi ser det som en oplagt optimeringsmulighed at flytte regulering ind i lydslusen. Det kan nemlig fjerne behovet for et støjafskærmet rum foran det eksisterende vindue (eller det "almindelige" vindue i nyt byggeri). I stedet kan friskluftadgangen ledes gennem lydslusen, direkte ind i boligen. Lydslusen kan placeres i tilknytning til vinduet, så betjening og luftadgang er logisk knyttet til vinduet og muligheden for, at det også åbnes. I en sådan løsning skal vinduet have en høj lydisolering. Det kan opnås med en lydrude tilpasset det aktuelle trafikstøjniveau. Lydruden erstatter i så fald den udvendige rude på lydskodden.

Samtidig er det vores konklusion, at netop lydslusen er den mest innovative del af lydskodden til Folehaven, hvor det er lykkedes at opnå en høj lyddæmpning, god luftadgang og små dimensioner. Ved at kombinere de egenskaber med en reguleringsmulighed, kan der udvikles et produkt, som giver beboerne i støjramte boliger mulighed for at regulere ekstra luftadgang (og støj) til den konkrete situation. Evt. ved også at åbne det almindelige vindue, hvis det høje støjniveau i situationen er acceptabelt for beboere.

Lydskodden til Folehaven kan i princippet bygges med et frit åbningsareal på 0,35 m<sup>2</sup>, men vi vurderer, at en selvstændig lydsluse kan udvikles til i endnu højere grad at sikre min. 0,35 m<sup>2</sup> samtidig med en høj lyddæmpning.

Endvidere kan en selvstændig lydsluse indbygges i tilknytning til vinduets karme og som en integreret del af bygningens facade, uden at have fremspring eller være monteret uden på facaden.



Det vil være nærliggende, at lydslusen kombineres med et luftfilter til opsamling af pollen og udstødningspartikler fra biler.

Reguleringsmuligheden kan være manuel, men det er også nærliggende, at den kan være motordrevet med en sensorstyring, der registrerer indeklimaparametre (temperatur, luftfugtighed, CO<sub>2</sub>), støjniveau etc. Lydslusen kan dermed indgå i dynamiske facadeløsninger, som udvikles i disse år.

Disse perspektiver omfatter ikke mørkelægning, som er en vigtig funktion i Folehaven. Men den selvstændige lydsluse forhindrer ikke, at mørkelægning kan indarbejdes i konkrete projekter som et selvstændigt facadeelement (se også afsnittet herunder om tilpasning til nyt byggeri).

Det er derfor vurdering, at der er et betydeligt europæisk marked for facadeløsninger, der kan dæmpe støj udefra. Det vil i vid udstrækning blive løst med vinduer, der kun dæmper støjen i lukket tilstand. I byggerier med højere kvalitetskrav ser vi imidlertid et marked for dynamiske facadeløsninger, som giver beboerne mere end to muligheder (åbent vindue med meget støj eller lukket vindue med "ingen" støj), men også tilbyder mulighed for regulering mellem de to yderpositioner, så man kan lufte ud ved at åbne til det fri uden at blive udsat for uacceptabel støj. Lydskodden kan levere denne mulighed, og det kan ske ved at indbygge lydslusen i løsninger med andre udformninger, som omtalt ovenfor.

# 3. Pilotprojektet: Lydskodder i Folehaven 2007

## EU-direktiv og nationale handlingsplaner

Den europæiske union vedtog i 2002 EU-DIREKTIV 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj (Europakommissionen, 2002). Direktivet forpligtede alle EU-lande til senest i 2007 at kortlægge støjen fra vejtrafik, jernbaner, lufthavne og industri i de mest støjudsatte områder. Medlemslandene skal derefter hvert femte år foretage støjkortlægning og udarbejde støjhandlingsplaner i henhold til de angivne retningslinjer. Kortlægning af støjbelastningen i Danmark foretages efter retningslinjerne i Miljøstyrelsens vejledning 4/2006 *Støjkortlægning og handlingsplaner* (Miljøstyrelsen 2006), som giver vejledning i, hvordan støjkortlægning udføres og efterfølgende benyttes som grundlag for udarbejdelse af støjhandlingsplaner.

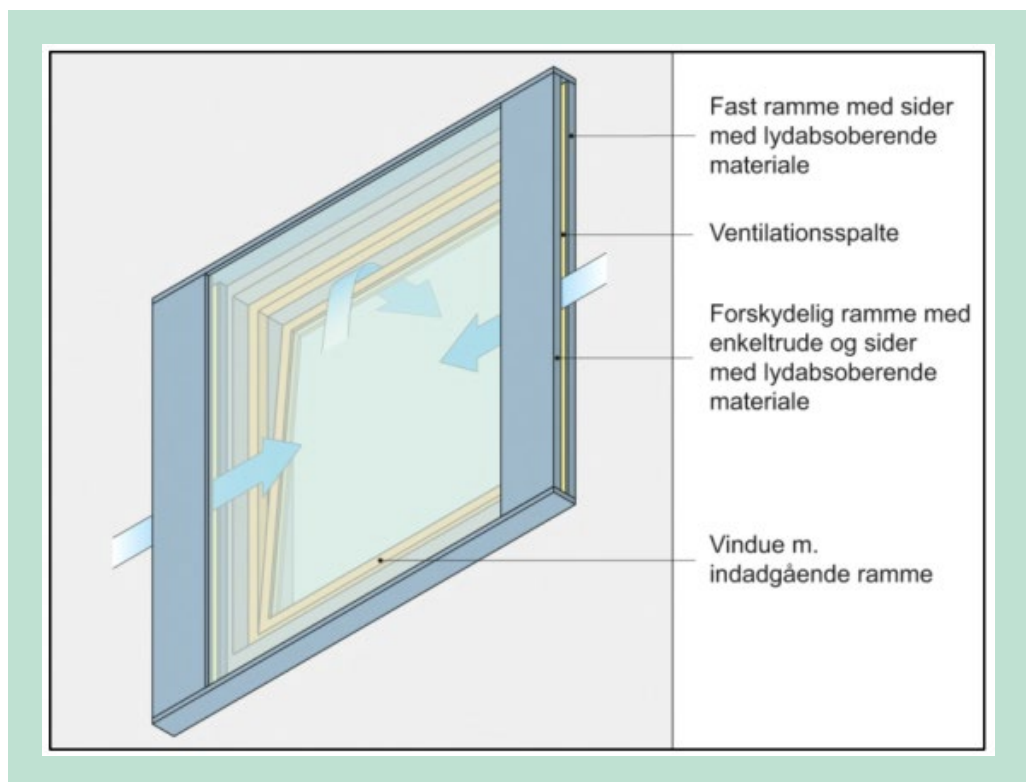
## 3.1 Kommunale støjhandlingsplaner og pilotprojekt i Folehaven

Som led i indsatsen med begrænsning af støj blev det i *Forslag til Trafik- og Miljøplan 2004 for København* (København Kommune, 2004) foreslået, at kommunen skulle udarbejde lokale støjhandlingsplaner. En lokal støjhandlingsplan skal komme med anvisninger på, hvordan støjproblemerne kan løses for et lokalområde. Ikke kun for boliger, men også for fx institutioner og rekreative områder. Planen skal forankres lokalt og udarbejdes i samarbejde med borgere og andre interessenter, typisk med afsæt i kvarterløftplaner eller lokale trafikplaner.

Den første lokale støjhandlingsplan, der blev udarbejdet for Folehaven (Københavns Kommune, 2006) var således et pilotprojekt, der skulle være med til at skabe erfaringer, som kan bruges som koncept for eventuelt kommende lokale støjhandlingsplaner i andre områder af byen. Støjhandlingsplanen skulle være med til at sætte fokus på støjproblematikken og samtidig tjene til inspiration for beboere, boligselskaber, grundejerforeninger mv., til hvordan støjen kan nedbringes.

I et samarbejde mellem FB-Folehaven, Københavns Kommune og Miljøstyrelsen blev der i 2007 gennemført et pilotprojekt om begrænsning af trafikstøj i to boligblokke med facader ud mod den stærkt trafikerede vej Folehaven i Valby, København. Formålet med pilotprojektet var at reducere støjgenerne for beboere både indendørs og på udendørs opholdsarealer. Sammen med DOMUS arkitekter og Art Andersen fik boligselskabet udviklet en ret simpel lydskodde, som blev sat op på et antal boliger ved T-krydset Folehaven/Retortvej. Der blev monteret lydskodder foran vinduet i soveværelset på i alt 36 lejligheder, se Figur 1 og Figur 2, og samtidig opsat en støjskærm i terrænet mellem to boligblokke.

Lydskodderne er indrettet, så udeluften tages ind forbi lydabsorberende materiale gennem spalter i begge sider af den tillukkede skodde og videre gennem dreje/kip-vinduet bag skodden. Samtidig tillades frit udsyn gennem klart glas foran vinduet, og skodden har således ikke nogen mørklægningsfunktion, som de eksisterende skodder på boligkarréerne. Hvis der ønskes kraftigere udluftning, kan beboerne manuelt køre glasskodden helt til siden, så der er fri luftgennemstrømning gennem det åbne vindue. Virkemåden er illustreret på Figur 1.



**FIGUR 1.** Principskitse af en forskydelig lydskodde monteret udvendig foran eksisterende vindue med indadgående ramme (vindue set nedefra). Et eksempel på denne type vindue er anvendt i Folehaven i et pilotprojekt fra 2007, hvor i alt 36 soveværelsesvinduer har fået monteret en sådan lydskodde. Kilde: Rasmussen B. (2015). Erfaringer med lydisolerede åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder. SBI rapport 2015:08.



**FIGUR 2.** Fotos af lydskoddens udseende og funktion. På fotoet til venstre ses den lukkede lydskodde, til højre lydskodden kørt til siden og man kan bl.a. se det mørke lydabsorberende materiale, der bidrager til reduktion af støjen, når skodden er lukket. På begge fotos er det eksisterende side-bundhængte, indadgående vindue åbnet i ventilationsstilling. Kilde: Rasmussen B. (2015). Erfaringer med lydisolerede åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder. SBI rapport 2015:08.



**FIGUR 3.** Folehaven med støjskærm og lydskodder etableret i 2007 pilotprojektet. Skråfoto er taget fra nord. Det ses, at 14 af 24 lydskodder på billedet er skudt for og 10 skudt helt eller delvist til side. Kilde: Rasmussen B. (2015). Erfaringer med lydisolerede åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder. SBI rapport 2015:08.

### Målinger af lydskoddens funktion

I november 2010 fik Københavns Kommune udført støjmålinger med følgende resultater:

- Lydskodden har en dæmpningseffekt på 18 dB med åbent vindue (ventilationsstilling) og med åbne friskluftventiler. Dæmpningseffekten er forskellen mellem støjniveau lige udenfor vinduet og indenfor i boligrummet.
- Trafikstøjniveauet i soveværelset med lukket vindue og åbne friskluftventiler reduceres med 8 dB, når der er monteret lydskodde foran vinduet, i forhold til når der ikke er monteret lydskodde
- Trafikstøjniveauet i soveværelset med åbent vindue (ventilationsstilling) og åbne friskluftventiler er 9 dB lavere, når der er monteret lydskodde foran vinduet, end når der ikke er monteret lydskodde.

### Sammenligning med Miljøstyrelsens støjkraV

Ifølge Miljøstyrelsens vejledning nr. 4 fra 2007 Støj fra veje, afsnit 2.2.2 *Nye boliger i eksisterende støjbelastede byområder* (Miljøstyrelsen, 2007), skal facader i nye boliger i støjbelastede boligområder udformes, så støjniveauet indendørs i sove- og opholdsrum ikke overstiger 46 dB med åbne vinduer. Dette krav gælder ikke for eksisterende boliger.

Beregninger udført af Center for Miljø i Københavns Kommune viser, at lydskodden i den aktuelle størrelse og med den beskrevne trafikstøjbelastning kan overholde Miljøstyrelsens krav. Det betyder, at lydskodden anvendt på støjbelastede facader i Folehaven vil skabe et indendørs lyd miljø på niveau med kravene til nye boliger. Vælges det at anvende løsningen på facaden af nye boliger, skal det dokumenteres at Miljøstyrelsens krav er overholdt.

Igen i 2014 blev der foretaget lyd målinger på skodderne som en del af et SBI-projekt, bl.a. for at sammenligne lydskodden med forskellige andre løsninger til at dæmpe trafikstøjen gennem åbne vinduer. Resultaterne er beskrevet i rapporten SBI 2015:08: *Erfaringer med lydisolerede åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder* (Rasmussen, 2015).

### Spørgeskemaundersøgelse

Københavns Kommune evaluerede projektet gennem et spørgeskema, som blev uddelt til 367 lejligheder, hvis facade eller gavl er orienteret mod Folehaven, langs sydsiden af Folehaven

(København Kommune, 2011). Alle husstande (med og uden lydskodde) fik i oktober 2010 tilsendt et spørgeskema om trafikstøj. Der var i alt 161 returnerede spørgeskemaer, hvilket svarer til en svarprocent på 44 %. Resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen viser, at en overvejende del af beboere, som har fået opsat lydskodder:

- synes, at lydskodden giver en forbedring af lyd miljøet i lejligheden
- synes ikke, at trafikstøjen påvirker deres søvn efter opsætning af lydskodder
- føler sig slet ikke eller lidt generet af trafikstøjen i boligen og i soveværelse med lukkede vinduer efter opsætning af lydskodder.

Undersøgelsen viser ligeledes, at alle er enige i, at lydskodden dæmper trafikstøjen, heraf synes 1/3, at lydskodden nedsætter trafikstøjen væsentligt, og resten oplever sænkningen lidt eller i nogen grad:

- 71% af beboere med lydskodder føler sig slet ikke eller lidt generede af trafikstøjen i boligen med lukkede vinduer mens den tilsvarende andel uden lydskodder er 55%
- 72% af beboere med lydskodder føler sig slet ikke eller lidt generede af trafikstøjen i soveværelset med lukket vinduet mens den tilsvarende andel af beboere uden lydskodder er 48%
- 32% af beboere med lydskodde oplever, at skodden har en væsentlig dæmpningseffekt, og resten oplever effekten som lidt eller i nogen grad

På baggrund af de gennemførte målinger og spørgeskemaundersøgelser vurderede Københavns Kommune, at der burde monteres lydskodder på alle de øvrige boligblokke, der har facade ud mod Folehaven, idet man skrev, at det videre forløb lå hos boligforeningen. Lydskodden (i sit daværende design) ville således kunne anvendes på støjbelastede facader på Folehaven uden yderligere dokumentation.

### **Konklusion**

Som helhed må man sige, at de oprindelige lydskodder funktionelt blev en stor succes. Skodderne opfylder den primære målsætning; at give beboerne mulighed for at kunne tilføre udeluft til soveværelse samtidig med at trafikstøjen fra Folehaven bliver dæmpet markant. Lydskodden blev da også vurderet som et godt alternativ til lydruder og lydisolerede friskluftventiler, men løsningen er dog meget afhængig af facadeudtrykket.

### **Skoddens begrænsninger og behov for videreudvikling**

I Folehaven var lydskodder et naturligt valg på grund af facadens eksisterende skodder. I en meget stor del af Københavns boligmasse består vinduerne typisk af flerfags dannebrogsvinduer, og her vil lydskodden af æstetiske årsager ikke nødvendigvis være et oplagt valg. I forbindelse med videreudvikling af lydskodden, er det derfor vigtigt, at man inddrager alle erfaringer fra 2007 pilotprojektets eksisterende lydskodde:

- Lydskodden er ikke tilstrækkeligt tilpasset facadens arkitektoniske udtryk
- Lydskodden er ikke tilpasset højde og bredde på vindueshullet
- Dimensionerne på lydskodder er ikke samme dimensioner som de eksisterende skodder
- Lydskodden inklusive absorbent er tung at betjene manuelt
- Når lydskodden er delvis åben, blokerer den udvendige lydbaffel/-absorbent for udsyn
- Glas og udvendige absorbenter trækkes forbi vinduet, hvilket umuliggør pudsning af den udvendige side af lydglasset fra lejligheden
- Indvendig absorbent er synlig, når glasset trækkes fra, hvilket er skæmmende for udseende og gør absorbenten sårbar for vind og vej

- Samme glastykkelse på lydglas og vinduer reducerer den del af lydspektret, der reduceres



FIGUR 4. Opgørelse af erfaringer fra de oprindelige lydkodder i Folehaven.

## 4. Lydskodder i Folehaven 2017-2018

Efter gennemførelsen af pilotprojektet fra 2007 og opsætningen af lydskodder på vinduet i soveværelset til 36 lejligheder har det længe været et ønske hos Boligforeningen 3B og beboerne, at der skulle monteres lydskodder på alle de stærkt støjbelastede lejligheder i Folehaven. Men samtidig har boligforeningen ønsket, at der sker en videreudvikling af lydskodderne, så de ulemper og begrænsninger, der blev konstateret i pilotprojektet fra 2007, bliver overvundet. Et primært ønske har været, at skodderne i højere grad er tilpasset boligblokkenes arkitektoniske udtryk, altså at skodderne i langt højere grad ligner de oprindelige skodder.

På denne baggrund formulerede projektgruppen bestående af Art Andersen ApS, Nørlov+Nørlov Arkitektfirma ApS, Statens Byggeforskningsinstitut og Gate21 i 2016 et projekt for udvikling, montering og afprøvning af en ny lydskodde, der i størst mulig udstrækning kunne opfylde en række formulerede krav. Med de mange ønsker til forbedringer af lydskodden er der tale om et ret omkostningstungt udviklingsprojekt, som ikke ville kunne gennemføres uden ekstern støtte. Projektteamet har derfor ansøgt om og fået støtte fra Realdania og Miljøstyrelsens Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP), samtidig med at der er opnået tilsagn fra Landsbyggefonden om, at der kan udbetales midler fra boligforeningens trækingsrets til gennemførelse af projektet. Målet har været at udvikle en lydskodde som arkitektonisk er af en kvalitet der gør, at den kan erstatte 585 traditionelle skodder på afdelingens støjplagede boliger.

Man kan også i dette tilfælde sige, at der er tale om et pilotprojekt eller delprojekt, idet der i første omgang kun er finansiering til udvikling, produktion og montering af 42 skodder. Det forventes imidlertid, at projektets fokus på at udvikle en industriproduceret skodde, vil betyde at det efterfølgende vil være muligt at få produceret skodderne til en pris på omkring 30.000,- kroner stykket inklusive montering og moms. Dermed kan det være inden for økonomisk rækkevidde, at 3B Folehaven kan skaffe investering til at montere systemet på de øvrige støjplagede boliger. Det drejer sig primært om yderligere 375 skodder mod Folehaven, og med et potentiale for yderligere 168 skodder langs Gl. Køge Landevej. Fremadrettet er det ønsket, at der vil kunne fremstilles alternative og tilpassede modeller til andre eksisterende boliger til en acceptabel pris for et meget stort og voksende marked i Danmark, med potentiale for udbredelse i andre lande.

I det følgende beskrives hele projektforsløbet gennem følgende overordnede faser:

1. Design og udvikling
2. Pilot-/demonstrationsprojekt
3. Test og kvalitative brugerinterviews i prototypelejligheder
4. Skaleret projekt
5. Test, brugerundersøgelser og evaluering af den endelige skodde
6. Vurdering af lydskoddens andre funktioner
7. Perspektivering og fremtidig udvikling

## 4.1 Fase 1: Design og udvikling

Designet af en opdateret lydskodde tog udgangspunkt i den eksisterende lydskodde fra 2007. Udgangspunktet var derfor fortsat en modulært partiel dobbeltfacade, monteret udenpå den eksisterende facade. Den nye lydskodde tager desuden afsæt i Art Andersens mangeårige erfaringer med dynamisk facadeafskærmning. Endvidere tilfører den beboerne muligheden for at mørklægge, vha. de motoriserede skodder – en egenskab, der ikke er tilstede i lydskodden fra 2007.

Design og udviklingsfasen omfattede afprøvning af en lang række materialer, kombinationer og geometrier samt mange akustiske tests, for at finde frem til den bedste løsning. Arbejdet har resulteret i en patenteret udformning af lydskoddens absorbentmodul, som kan danne grundlag for et generisk og fleksibelt system, der kan tilpasses forskellige facadeudtryk i et arkitektonisk attraktivt design. Dette er et stort skridt på vejen til, at lydskodden kan udvikles til et element i en multifunktionel facade.

### Funktionskrav

I samarbejde med projektgruppen formulerede 3B en række krav og ønsker til lydskoddernes design, som dannede grundlaget for designet og hele udviklingsprojektet:

#### *Arkitektur/æstetik:*

- Skodder designes således at de visuelt fremstår så tæt på de oprindelige skodder i 3B Folehaven som muligt. Dette er afgørende for at boligforeningen vil acceptere at skodderne udbredes til alle støjplagede boliger i Folehaven

#### *Praktisk, funktionelle egenskaber:*

- Det skal være muligt at pudse lydglasset både indvendigt og udvendigt fra lejlighederne, således at dette kan udføres af den enkelte beboer
- Øget brugervenlighed med mulighed for automatisk styring af skoddernes funktion
- Systemet skal være let at betjene også for ældre og gigtplagede beboere

#### *Støjdæmpning:*

- Lydskodden skal mindst have samme lyddæmpning som de eksisterende skodder, gerne bedre

#### *Indeklima, luftkvalitet:*

- Skodden skal mindst det samme eller større åbningsareal end de eksisterende skodder for naturlig ventilation
- Undersøge muligheden for at indbygge et luftfilter til opsamling af pollen og udstødningspartikler fra biler
- Naturlig ventilation med mulighed for CO<sub>2</sub>- og fugtstyring af skoddens åbnefunktion for et bedre og sundere indeklima

#### *Mørklægning:*

- Den oprindelige skoddefunktion med mørklægning skal være indeholdt i lydskodden, så den også kan anvendes på østvendte soveværelser, svarende til ca. 50% af de støjplagede lejligheder i afdelingen

#### *Energibesparelse:*

- Undersøge mulighederne og optimere designet og udnytte det dynamiske facadeelement til at reducere varmetabet i boligen, både ved ventilation og ved lukket vindue.



#### Økonomi:

- Det endelige design skal sikre en lav leverings- og monteringspris, omkring kr. 30.000,- inkl. moms pr. lydskodde
- Systemet skal være let at drifte og vedligeholde.

#### Udviklingsperspektiv:

- Et generisk basisdesign, der kan tilpasses andre facader
- Et industrielt produkt, der kan danne grundlag for en skaleret produktion, der prismæssigt vil gøre systemet attraktivt på markedet
- Et plug-and-play monteringsystem, der billiggør montagen og dermed sænker den samlede anlægspris på skodderne.

Designfasen skulle afsluttes med en eller flere prototyper, der kunne fungere som testmoduler forud for demonstrationsprojektet. Den valgte prototype skulle desuden bruges til at afprøve monteringsløsninger og sammenligninger, visuelt og udtryksmæssigt med de eksisterende skodder. Prototypen dannede grundlaget for et byggeandragende, der omfatter både demonstrationsprojekt og det opskalerede endelige projekt.

#### Lydmålinger på forskellige udformninger af lydslusen

Da lydskoddens primære funktion er at dæmpe trafikstøj, der overføres til lejlighederne gennem soveværelsesvinduerne, blev der tidligt i udviklingsforløbet gennemført målinger af lyd-dæmpningen af lydslusen for forskellige udformninger samt med forskellige dæmpningsmaterialer og -tykkelser. Der blev gennemført målinger på i alt 25 forskellige udformninger af lydslusen i december 2016.



**FIGUR 5.** Fotos fra målinger af lyddæmpningen gennem lydslusen ved forskellige udformninger og forskellige dæmpningsmaterialer, t.v. selve åbningsspalten med dæmpningsmateriale, t.h. et kig gennem åbningen.

Målingerne blev foretaget hos Sweco i Glostrup, hvor der i en døråbning mellem to gangrum er bygget en målecelle, hvor der kan placeres en lydsluse svarende til den ene side af en lydskodde. I praksis foregik målingerne ved en samtidig måling af støjniveauet i senderummet og modtagerummet. Der blev benyttet en lydtrykmåler Brüel & Kjær type 2260 med et

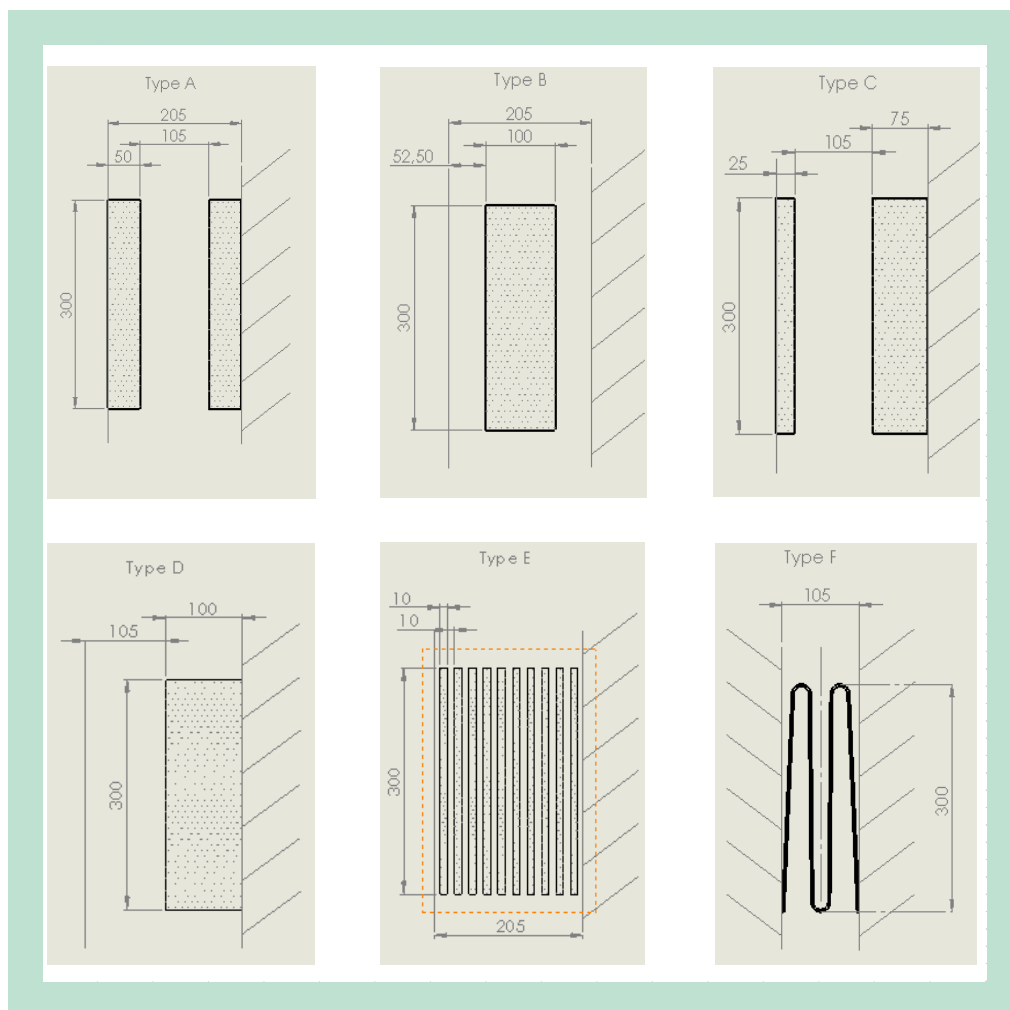
bygningsakustisk programmodul, der muliggør samtidig måling i to kanaler. Senderummet har et volumen på 39,9 m<sup>3</sup> og lyden blev genereret ved hjælp af en "pink-noise" lydkilde, Brüel & Kjær type 4224. Modtagerummet har et volumen på 31,3 m<sup>3</sup>.

Lydslusen er indbygget i en træramme med indvendig bredde 205 mm og indvendig højde 1200 mm. I trærammen kan indbygges absorbenter og afstandsstykker, så lydslusen får den ønskede dimension. Dybden af lydslusen er i alle tilfælde 300 mm.

Målingerne blev udført som 1/3 oktav målinger i frekvensområdet 50 – 5000 Hz. Det bemærkes, at måleforholdene ikke opfylder de meget stringente krav til udformning af målerum og prøveåbninger, som angives i ISO 140-1 *Requirements for laboratories*, primært pga. rummenes beskedne volumen. Men da alle målinger er udført på samme måde, kan man udemærket sammenligne målinger og rangordne de forskellige løsninger.

Ved målingerne blev benyttet et trafikstøjspektrum fra DELTAs målinger på lydskodder i Folehaven, DELTA rapport TC100649 i 2014, gengivet i SBI-rapport 2015:08 (Rasmussen, 2015). Det udendørs niveau 2 m foran facaden er 70,9 dBA.

Der blev testet seks forskellige udformninger (geometrier) af lydskoddens lydabsorbent. De er på Figur 6 vist i vandret snit. Deres typebogstav A til F kan genfindes i Tabel 1, der indeholder alle testresultater.



**FIGUR 6.** Testede varianter af den geometriske udformning af lydskoddens absorbermodul

Detailanalyse af måling nr. 23 viser, at den har den højeste lydisolering ( $D_{n,ew}$ ) og dermed den bedste dæmpning af støj udefra. Denne spalte er identisk med spalten i lydskodden fra 2007, som består af 2 stykker 20 mm bonded foam ("skumgummi"), hvoraf den ene belagt med 5 mm bitumen. Måling nr. 23 præsterer bedst fordi det er en løsning med den meget smalle luftspalte på 25 mm mellem de to lydabsorbenter. I den efterfølgende måling nr. 24 er de samme absorberer testet, men med en spalte på 105 mm. Den større spalte reducerer lydisoleringen og dermed støj dæmpningen betydeligt.

I en løsning med et åbningsareal på  $0,35 \text{ m}^2$  er der behov for en spaltebredde på 105 mm. Derfor skal resultatet fra måling nr. 24 sammenlignes med nr. 18. Det fremgår heraf, at en løsning med identisk spaltebredde og absorber tykkelse præstere bedre med filt og lyddug end med bonded foam. Test nr. 16 påviser endvidere, at lydisoleringen kan forbedres betragteligt, hvis tykkelsen af absorberne øges.

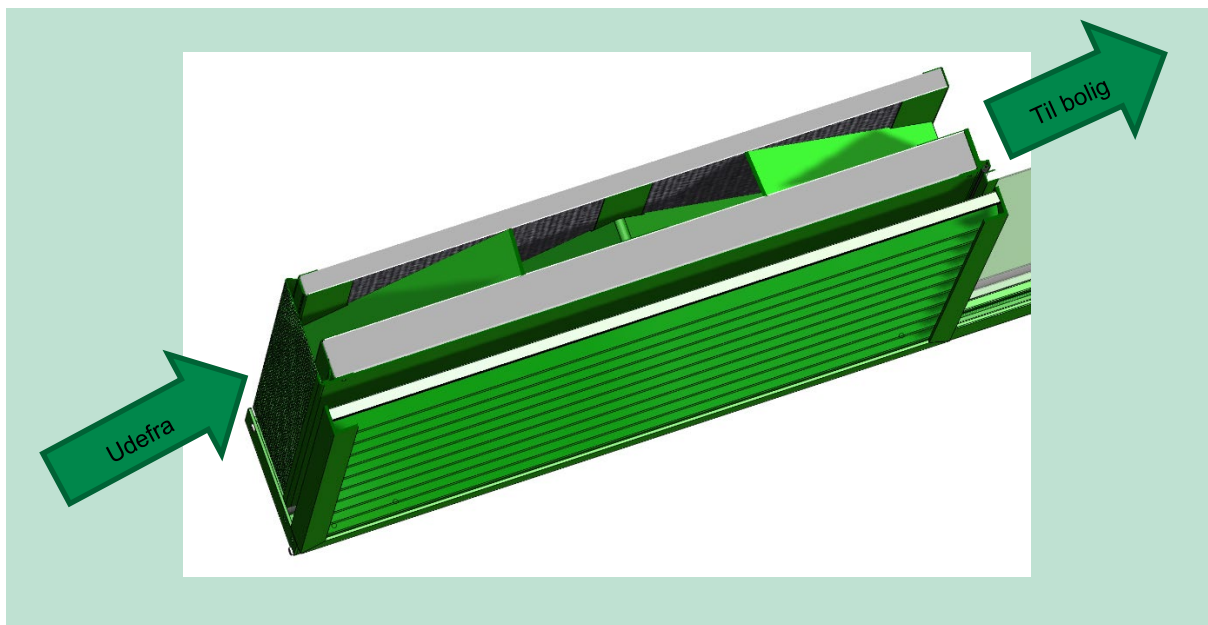
Ud fra denne analyse blev det besluttet at anvende løsningen "PET filt og lyddug" (nr. 16) som erstatning for det tidligere bonded foam og bitumen. Dermed opnås en væsentligt bedre lydisolering og dæmpning af støj udefra.

TABEL 1 Testede varianter af lydskoddens absorberende modul, geometri og akustiske materialer. Parameteren  $D_{n,ew}$  er udtryk for den lydabsorberende evne. "Vejstøj inde" kan også anvendes ved en sammenligning, men den er knyttet til det udendørs støjniveauer og vil derfor være forskellig fra sted til sted.

Test		$D_{n,ew}$ dB	Vejstøj inde dB	Luftspalte mm	Geometri	Absorberende tykkelse mm
23	20 + 25 skum	32	40,4	25	A	20/20+5 Bitumen
16	Filt + lyddug	29	43,3	105	A	50/50
3	PET Filt 25	28	44,3	25	A	50/50
15	Stratocell + lyddug	28	43,9	105	A	50/50
4	PET Filt 45	27	45,5	45	A	50/50
11	Stratocell 2x50	27	44,2	105	A	50/50
25	25 + 75 mm Stratocel	27	44,3	105	C	25/75
5	PET Filt 65	26	46,4	65	A	50/50
9	PET Filt 25-75	26	46,4	105	C	25/75
18	2x25 + tyk dug	26	46,7	105	A	25/25
19	2x25 + tynd dug	26	46,8	105	A	25/25
6	PET Filt 85	25	47,1	85	A	50/50
17	2x25 Stratocell	25	47,5	105	A	25/25
24	Skum 105 mm spalte	25	47,7	105	A	20/20+5 Bitumen
7	PET Filt 105	24	48,3	105	A	50/50
14	Lyddug 450	24	48	105	A	50/50 (Hulrum)
20	2x20 Stratocell	24	46,9	105	A	20/20
8	PET Filt Midte	23	48,3	105	B	100mm i midte
10	PET Filt 100 mm	22	49,1	105	D	100mm i en side
22	Fibertex G4	22	49,5	-	F	-
12	Kork 2x50	21	50,1	105	A	50/50
13	Kork Lamel	20	51,8	105	E	10x10
21	2x25 kork	20	50,8	105	A	25/25
2	Flamingo	19	52,1	105	E	10x10
1	Åben kasse	18	53,1	105	A	-

### Endelig udformning af lydabsorbering

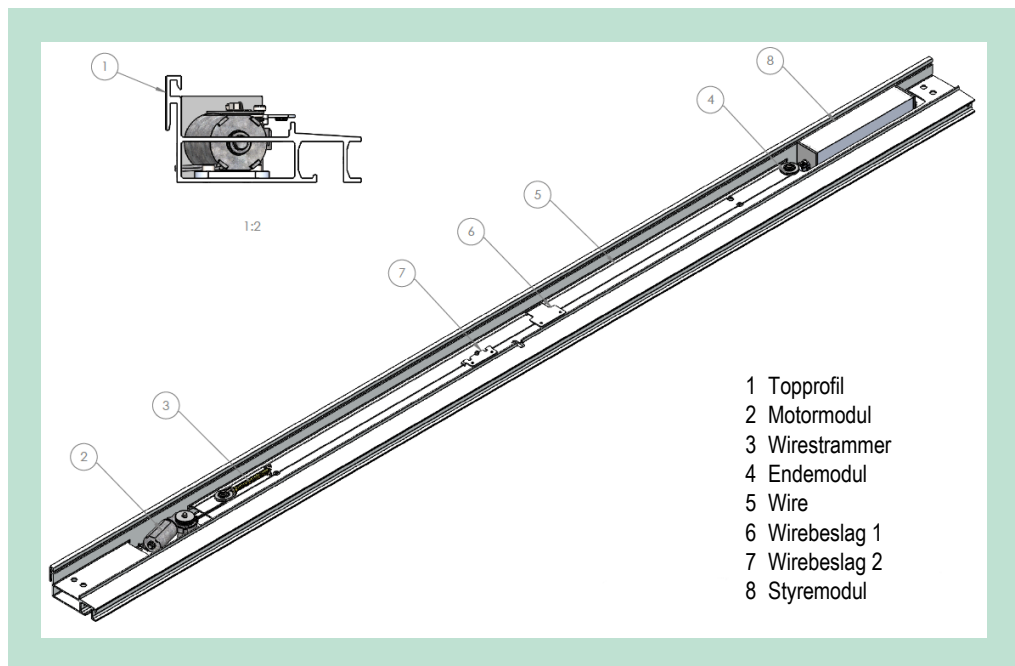
I den endelige udformning af lydskodden blev som lydabsorbenter valgt 20 mm tung PET filt mod muren og 40 mm tung PET filt ud mod vejen, begge belagt med fibertex acoustic 450 ind mod spalten. I spalten er der desuden anbragt reflektorer, som vist på illustrationerne i figur 7.



**FIGUR 7.** Luft- og lydpassage gennem lydsluse til boligrum i den endelige udformning. Illustrationer af lydskoddens udformning med luftpassage mellem to lag lydabsorbent (grå). Luft og lyd kommer ind til venstre, passerer det lydabsorberende materiale (grå) over de særlige reflektorer og kommer ind i boligrummet gennem åbningen til højre, når beboeren åbner det indre vindue.

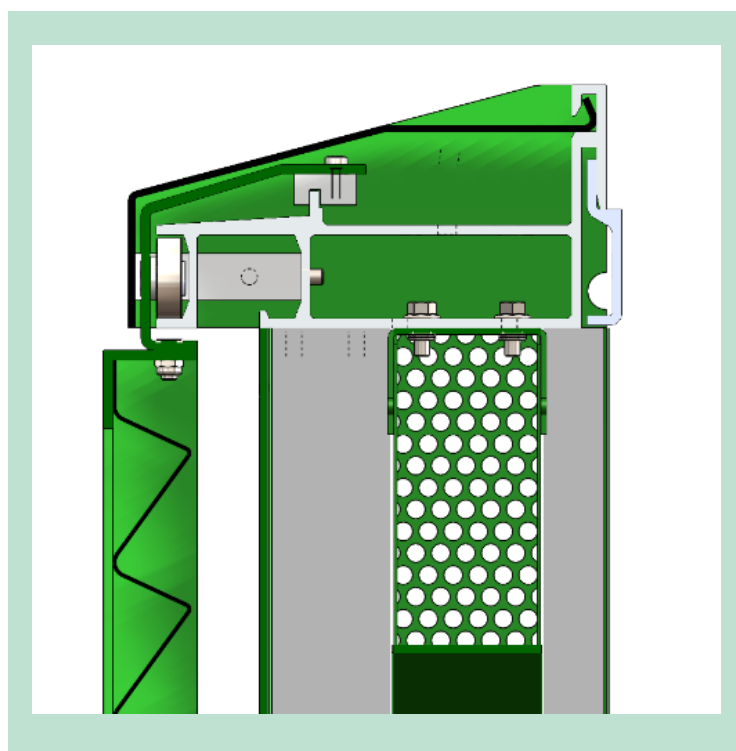
### Træksystem

Siden udviklingen af de første lydskodder til Folehaven i 2007 har Art Andersen arbejdet med udviklingen af flere forskellige principper for bevægelige facadeelementer i en lang række sammenhænge. Et gennemgående patenteret grundprincip for bevægelsen af standardrammerne er udviklet til Energy Frames, hvor en roterende spiral driver en slags 'vogne' frem eller tilbage på en styreskinne. Rammerne monteres på vognene, og kan således åbne eller lukke. Dette princip var også under overvejelse i forbindelse med udviklingen af de nye lydskodder. Men her blev der af flere grunde valgt en enklere løsning, som er baseret på, at mørklægningskodderne trækkes ved hjælp af et simpelt wire-system, som illustreret i figur 8. Wiren drives af en lille motor, som aktiveres ved hjælp af en fjernbetjening.



**FIGUR 8.** Illustration af lydskoddens topprofil med indbygget motor (2) og styringsmodul (8). Mørklægningskoderne trækkes frem og tilbage ved hjælp af et simpelt wiretræk (5).

Mørklægningskoderne, der trækkes af wiren, kører på små hjul i topprofilen og med styr i bunden, som illustreret på figur 9. Det var et udtalt ønske fra beboerne, at skodderne skulle være nemmere at betjene end de oprindelige skodder fra 2007. Et af formålene med pilotprojektet var derfor at finde ud af, om betjeningen af de nye skodder fungerede tilfredsstillende og om den automatiske funktion havde betydning for, hvor ofte skodderne reguleringsmulighed blev anvendt af brugerne.



**FIGUR 9.** Detalje af lydskoddens køresystem i topprofilen.

## 4.2 Fase 2: Demonstrationsprojekt

Med udgangspunkt i en evaluering af prototyperne blev der bygget tre forskellige demonstrationsskodder som blev monteret på den vestligste bygning i 3B Folehaven, der også ligger tættest på vejen. Demonstrationsskodderne blev bygget af Art Andersen. Den efterfølgende montering af de tre skodder blev udført af Art Andersen i samarbejde med en af deres håndværkere.

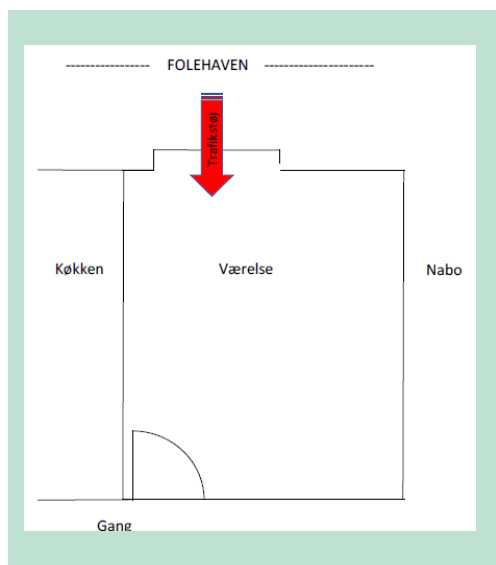
I forhold til en motoriseret 'standard-prototype' blev der monteret én skodde, som ikke var motoriseret samt én skodde med et større luftindtag i siderne. Mens standardskodden har et primært spalteåbningsareal på 0,14 m<sup>2</sup> (monteret i Folehaven nr. 97), har den sidstnævnte variant et åbningsareal på 0,35 m<sup>2</sup> (monteret i Folehaven nr. 99), se figur 10.



**FIGUR 10.** Foto af prototyperne på de to typer nyudviklede lydskodder, dels med samlet spalteåbningsareal på 0,14 m<sup>2</sup> (til venstre), dels 0,35 m<sup>2</sup> monteret (til højre). Det bemærkes, at billederne viser prototyperne. Det endelige design af de 42 lydskodder, der efterfølgende blev monteret, er vist på figur 13, Figur 14 og Figur 18.

### Måling af lydisolation og støjniveau på prototyper af de nye lydskodder

Lydmålingerne blev gennemført af Swecos akustikafdeling, Acoustica i oktober 2017. Målingerne gennemførtes i Folehaven 97 og 99 for at dokumentere den opnåede lydisolation i facaden med delvist åbne vinduer ( $R'_w+C_{tr}$ ) for hver af de af Art Andersen videreudviklede lydskodder med 0,14 m<sup>2</sup> og 0,35 m<sup>2</sup> åbningsareal i lydsluserne, når de eksisterende vinduer bag skodderne er lukkede, henholdsvis åbnet 0,10 m<sup>2</sup> i kip-position og 0,35 m<sup>2</sup> i drejet position.



**FIGUR 11.** Princip for målinger af facadens lydisolations.

Der blev målt i to værelser, i henholdsvis Folehaven nr. 97 og 99 st. tv. Værelserne er af samme størrelse (ca. Længde x Bredde = 3,65 x 3,00 m). Rumhøjden er ca. 2,53 m. Lejlighederne var beboede og værelserne møbleret under målingerne. Princippet for målingerne er vist i figur 11.

I hvert værelse er der et eksisterende vindue opbygget med to rammer, hvoraf kun den højre (set indefra) kunne kippes til en fast position med et åbningsareal, der blev opmålt til 0,10 m<sup>2</sup>. Begge rammer kan drejes om en lodret akse, men under målingen blev alene den højre ramme drejet til et åbningsareal på 0,35 m<sup>2</sup>, se Figur 12. Vinduernes hulmål er Bredde x Højde = 1,32 x 1,48 m. Der er termolydruder i vinduerne.



**FIGUR 12.** Illustration af vinduernes åbninger under lydmålingerne, til venstre vinduet i kip-position og til højre i drejet position.



## Resultater af lydmålinger på den nye lydskodde

Måleresultater vist i kolonnen yderst til højre i Tabel 2, viser generelt bedre resultater for de nye lydskodder sammenlignet med de gamle lydskodder fra 2007 (næst yderste kolonne). Der er således opnået bedre lydisolations, dvs. højere  $R'_{w+C_{tr}}$ . De gode resultater er opnået, selv om de nye skodder fra 2017 giver mere ventilation via de større spalteåbninger i forhold til skodden fra 2007. Dette ses af målingerne med lukket skodde-glas (SL) og delvist åbne vinduer (VK og VD), hvor lydskoddernes funktion som lydisolierende ventilationsvinduer fremgår. Normalt vil større åbninger resultere i større lyd gennemgang og dermed lavere lydisolations, men i dette tilfælde har arbejdet med udvikling og optimering givet højere lydisolations.

**TABEL 2.** Resultater af målt lydisolations ( $R'_{w} + C_{tr}$ ). Resultater fra 2017 i sidste kolonne kan sammenlignes med målinger på den gamle skodde fra 2007. Målingerne er udført i 2014 og rapporteret i SBI rapport 2015:08. Alle målinger fra 2017 er dokumenteret i Teknisk Rapport fra Sweco: Lydskodder - Folehaven 2017. Målinger fra 2014 er dokumenteret i SBI rapport 2015:08 *Erfaringer med lydisolierende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder* (Rasmussen, 2015).

Samlet areal af skoddens spalteåbninger	Vindue / Skoddeglas pos. L=lukket, Å=åben K=kip* D=drejet**	Facadelydisolations	Facadelydisolations
		2014 $R'_{w+C_{tr}}$ SBI rapport 2015:08	2017 $R'_{w+C_{tr}}$ Målinger okt. 2017
Skodde fra 2007: 0,07 m <sup>2</sup>	VL-SL	30 dB	34 dB
	VK-SL	20 dB	22 dB
Skodde fra 2017: 0,14 m <sup>2</sup>	VD-SL	16 dB	19 dB
	VL-SÅ	27 dB	29 dB
	VK-SÅ	10 dB	8 dB
	VD-SÅ	5 dB	7 dB
Skodde fra 2007: 0,35 m <sup>2</sup>	VL-SL	29 dB	33 dB
	VK-SL	16 dB	20 dB
Skodde fra 2017: 0,35 m <sup>2</sup>	VD-SL	12 dB	16 dB
	VL-SÅ	(-)	28 dB
	VK-SÅ	(-)	9 dB
	VD-SÅ	(-)	7 dB

\*) Når vinduet er kippet indad i værelset, er åbningsarealet opmålt til 0,10 m<sup>2</sup>

\*\*) Når vinduet er drejet indad i værelset, er det åbnet så åbningsarealet er 0,35 m<sup>2</sup>

## Beregninger af indendørs trafikstøjniveauer

Der er endvidere udført beregninger af indendørs trafikstøjniveauer ( $L_{den}$ ) med de videreudviklede lydskodder på basis af de målte værdier for facadelydisolations. For sammenligningens skyld er disse beregninger udført på samme måde som refereret i SBI rapport 2015:08 *Erfaringer med lydisolierende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder* (Rasmussen, 2015), hvori målinger fra 2014 af  $R'_{w+C_{tr}}$  og beregninger af  $L_{den}$  er refereret. Det betyder, at disse beregninger er baseret på en forudsætning om et udendørs trafikstøjniveau foran vinduerne på  $L_{den}$  71,9 dB.

Beregningerne viser generelt bedre resultater for de nye lydskodder sammenlignet med de gamle lydskodder fra 2007, målt i 2014. Der er således opnået lavere indendørs trafikstøjniveauer ( $L_{den}$ ), selv om de nye skodder fra 2017 giver væsentligt mere ventilation via de større spalteåbninger end skodderne fra 2007. Dette ses af målingerne med lukket skodde-glas (SL)

og delvist åbne vinduer (VK og VD), hvor lydskoddernes funktion som lydisolerende ventilationsvinduer fremgår. Alle målinger og beregninger er nærmere dokumenteret i Teknisk Rapport fra Sweco, Lydskodder - Folehaven 2017, Projektnummer: 35.7451.01.

**TABEL 2.** Resultater af beregnet indendørs trafikstøjniveau ( $L_{den}$ ) med forudsætning om et udendørs trafikstøjniveau på  $L_{den}$  71,9 dB. Hvis det udendørs støjniveau er lavere, vil det indendørs niveau være tilsvarende lavere. Resultater fra 2017 i sidste kolonne kan sammenlignes med målinger i 2014 på den gamle skodde fra 2007. Alle målinger fra 2017 er dokumenteret i Teknisk Rapport fra Sweco: Lydskodder - Folehaven 2017. Målinger fra 2014 er dokumenteret i SBI rapport 2015:08 *Erfaringer med lydisolerende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder* (Rasmussen, 2015).

Samlet areal af skoddens spalteåbninger	Vindue / Skoddeglas pos. L=lukket, Å=åben K=kip* D=drejet**	Beregnet indendørs støjniveau 2014, $L_{den}$ Jf. SBI rapport 2015:08	Beregnet indendørs niveau 2017, $L_{den}$
Skodde fra 2007: 0,07 m <sup>2</sup>	VL-SL	38 dB	30 dB
	VK-SL	48 dB	43 dB
Skodde fra 2017: 0,14 m <sup>2</sup>	VD-SL	51 dB	43 dB
	VL-SÅ	41 dB	36 dB
	VK-SÅ	60 dB	57 dB
	VD-SÅ	65 dB	58 dB
Skodde fra 2007: 0,35 m <sup>2</sup>	VL-SL	40 dB	35 dB
	VK-SL	52 dB	47 dB
Skodde fra 2017: 0,35 m <sup>2</sup>	VD-SL	55 dB	51 dB
	VL-SÅ	(-)	40 dB
	VK-SÅ	(-)	59 dB
	VD-SÅ	(-)	61 dB

\*) Når vinduet er kippet indad i værelset, er åbningsarealet opmålt til 0,10 m<sup>2</sup>

\*\*) Når vinduet er drejet indad i værelset, er det åbnet så åbningsarealet er 0,35 m<sup>2</sup>

### Lovkrav vedr. støj i boliger

Tal fra Miljøstyrelsen viser, at 724.000 (en tredjedel) af alle danske boliger, eller omkring 1,4 millioner danskere, er udsat for trafikstøj over de 58 decibel (dB), som er den vejledende grænseværdi for nye boliger og tilsvarende støjfølsom bebyggelse. Hvis boliger udsættes for støj over 58 dB, betragtes de som *støjbelastede*. Er støjniveauet over 68 dB, betragtes boligerne som *stærkt støjbelastede*.

### Lydbestemmelser for facader og vinduer

De vigtigste lydbestemmelser relateret til facader findes i:

- Bygningsreglement 2018, kap. 17, Lydforhold (§ 368 - § 376)
- DS 490:2018, Lydklassifikation af boliger (Dansk Standard, 2018)
- Miljøstyrelsens vejledning 4, 2007, Støj fra veje, kap. 2, Vejledende grænseværdier for vejtrafikstøj.
- Andre vejledninger og tillæg fra Miljøstyrelsen vedrørende støj fra jernbaner og virksomheder mv.

Kravene er sammenfattet i tabel 4 nedenfor.

**TABEL 3.** Boliger: Støj indendørs fra trafik. Gengivelse af tabel 2.2 fra TBST's *Vejledning til boliger og andre bygninger til overnatning*.

<b>Lydbestemmelserne gælder ikke for sommerhuse</b>				
Lovgivning		Støjbelastning ude Veje: $L_{den} \leq 58$ dB Jernbaner: $L_{den} \leq 64$ dB	Støjbelastning ude Veje: $58 \text{ dB} < L_{den} \leq 68$ dB Jernbaner: $L_{den} > 64$ dB	Støjbelastning ude Veje: $L_{den} > 68$ dB
BR18 <sup>1), 4)</sup>	[1], [2]	$L_{den} \leq 33$ dB med lukkede vinduer	$L_{den} \leq 33$ dB med lukkede vinduer	$L_{den} \leq 33$ dB med lukkede vinduer
<i>Supplerende vejledning Planlovgivning</i> - Veje <sup>5)</sup>	[7]	<i>Ingen krav</i>	<i>Byfornyelse mv. <sup>2)</sup> Veje: <math>L_{den} \leq 46</math> dB med åbne vinduer <sup>3)</sup></i>	<i>Der bør ikke planlægges for boliger <sup>6)</sup></i>
<i>Supplerende vejledning Planlovgivning</i> - Jernbaner <sup>5)</sup>	[8]	<i>Ingen krav</i>	<i>Byfornyelse mv. <sup>2)</sup> Jernbaner: <math>L_{den} \leq 52</math> dB med åbne vinduer <sup>3)</sup></i>	

Noter

- 1) BR18 henviser til DS 490:2018 om lydklassifikation af boliger, lydklasse C, med grænseværdien for  $L_{den}$  gældende for de enkelte trafikstøjklender hver for sig.
- 2) Byfornyelse, huludfyldning o.l. i eksisterende boligområder samt områder for blandede byfunktioner i bymæssig bebyggelse.
- 3) Specielle løsninger er nødvendige.
- 4) Grænseværdierne gælder i møblerede rum med eventuelle udeluftventiler i åben position.
- 5) Grænseværdierne gælder i møblerede rum.
- 6) Lokale bestemmelser kan omfatte boliger ved en udendørs støjbelastning over 68 dB.

Da hovedparten af boligerne i Folehaven er stærkt støjbelastet (udendørs støjniveauer over  $L_{den}$  68 dB), vil der i en situation med nye boliger være tale om en særlig plansituation, hvor det accepteres, at støj fra veje, jernbaner eller virksomheder på facaden af boliger overstiger Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier. Kravet er her, at trafikstøjen indenfor skal kunne holdes under 33 dB med lukkede vinduer, mens der i henhold til planloven skal sikres, at det indendørs støjniveau med delvist åbne vinduer (defineret som et åbningsareal på 0,35 m<sup>2</sup>) overholder særlige grænseværdier fastsat af Miljøstyrelsen. Overholdelse af dette krav vil normalt indebære en samlet facadeløsning, der lydteknisk er tilpasset de aktuelle støjforhold, rummenes anvendelse og dimensioner samt vinduers og øvrige facadeelementernes dimensioner. I DS 490, *Lydklassificering af boliger*, tabel 5b, er angivet en model for klassificering af boliger baseret på det indendørs trafikstøjniveau med lukkede vinduer. I situationer, hvor der på grund af støjforholdene udløses krav om opfyldelse af et indendørs støjniveau med åbne vinduer, kan der anvendes et tilsvarende system. I publikationen SBI 2018:05 *Dynamiske facader i praksis* (Johnsen & Winther, 2018) foreslås derfor at anvende en klassificering som angivet i Tabel 5.

**TABEL 4.** Klassificeringsmodel for boliger udsat for vejtrafikstøj. Grænseværdier angivet som højeste værdier for støj indendørs i boliger fra vejtrafik,  $L_{den}$  i dB

Rumtype	Målestørrelse	Klasse				
		4	3	2	1	0
Beboelsesrum og fælles opholdsrum	$L_{den}$ , dB	36	41	46	51	>51

Klasse 2 svarer til de krav, der i henhold til planloven og Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier skal opfyldes ved nyt byggeri. Det er således ikke tilladt at anvende klasse 1 og 0, der evt. kan anvendes ved klassificering af eksisterende byggeri. Der er 5 dB spring mellem de enkelte klasser, hvilket af beboere vil opleves som en mærkbar forskel og dermed også en mærkbar kvalitetsforskel.

### Konklusion

De udførte målinger og beregninger viser, at Art Andersens nye design af lydskodderne giver lavere støjniveauer i rummene bag skodderne end det oprindelige design, på trods af at det nye design giver markant mere udluftning grundet større åbningsarealer. Når lydskodder og vinduer er indstillet til at ventilere rummene, er forbedringen af den interne trafikstøj 4 - 8 dB. Med det ny design har man opnået en fordobling af luftadgangen og en halvering af det oplevede lydniveau sammenlignet med det tidligere design.

Sammenholdes de målte samt beregnede værdier af trafikstøjniveauer ( $L_{den}$ ) med kravene, kan det konstateres at kravet vedr. trafikstøj med lukkede vinduer  $L_{den} \leq 33$  dB kan overholdes på trods af det meget høje støjniveau udendørs. Da der ikke er fastsat et absolut krav vedr. trafikstøjen med delvist åbent vindue (og skodde lukket), må det målte støjniveau på 43 dB siges at være absolut tilfredsstillende. Det er valgt, at åbningsarealet i de monterede lydskodder ikke er 0,35 m<sup>2</sup>, som er det normale krav til nyt byggeri i støjbelastede områder, så for den enkelte beboer vil der være tale om en balance mellem at åbne vinduet mere (dreje-position) imod at støjniveauet til gengæld stiger noget. Hvis skoddens åbningsareal er 0,35 m<sup>2</sup> kan støjniveauet indendørs være 47 dB med kippet vindue og op til 51 dB med drejet vindue til åbning på 0,35 m<sup>2</sup>. Dette niveau er 4 - 5 dB lavere end med 2007-skodden i en tilsvarende åbning af vinduet.

## 4.3 Fase 3: Test og kvalitative brugerinterviews i prototypelejligheder

Med det nye design af lydskodden er de æstetiske og arkitektoniske krav vedrørende tilpasning til boligblokkens facadeudtryk til fulde opfyldt. For at opnå den fulde gevinst af skoddens funktioner, er det for beboerne samtidig meget vigtigt, at skodderne også fungerer i den daglige brug. For at få et indtryk af, hvordan skodderne benyttes i løbet af dagen, blev der derfor gennemført kvalitative brugerinterviews af beboerne i lejlighederne med de 3 prototyper på lydskodder. Gennem disse interviews var det også muligt at afdække eventuelle funktionsmæssige problemer samt identificere vigtige budskaber i det informationsmateriale som skulle udarbejdes for at sikre at alle beboerne i det skalerede projekt har den nødvendige forståelse til at benytte skodderne optimalt.

### Udluftning

Beboerne i lejlighederne lugter ud et par gange i døgnet, typisk morgen og aften. En udluftning har en varighed på mellem 10 min. og 60 min. Det sker i overvejende grad ved at vinduet stilles i kippet position, hvor det har en åbning på 0,10 m<sup>2</sup>. I forhold til tidligere har to af de tre beboere ikke ændret deres udluftningsmønstre, hvorimod den sidste lugter betydeligt mere ud. Ingen af

beboerne føler at lydskodden har indskrænket deres mulighed for udluftning. To af beboerne påtænker at sove med vinduet åben om sommeren, hvilket de ikke tidligere har kunnet på grund af støj.

### **Skoddernes funktion til mørklægning**

De mørklæggende skodder bruges dagligt af de beboere som har motoriserede skodder, hvorimod beboerne med de manuelt betjente skodder kun bruger dem i weekenden. Den ene med motoriserede skodder sætter dem ofte i halv lukket position, de 2 andre bruger dem primært helt åbent eller lukket. Alle tre beboere bruger de nye skodder oftere end tidligere, de finder dem mere brugervenlige og alle fremhæver, at det er positivt, at skodder lukker mere tæt for lys. Beboeren med de manuelt betjente skodder er dog mindre tilfreds med brugervenligheden, primært fordi de skal rydde vindueskarmen og åbne vinduet for at betjene skodderne.

### **Åbning af yderglas**

Beboerne åbner meget sjældent de yderste glas, og ser mest funktionen som noget der kan benyttes ved vinduespudsning, eller ved intensiv udluftning, for eksempel i forbindelse med en varm sommerdag.

### **Generelle ændringer**

Alle beboerne har oplevet en mærkbar effekt af lydskodderne, støjniveauet i boligerne er dalet, både når vinduerne er lukkede og åbne. En beboer har tidligere lukket døren til soveværelset for at støjen ikke kom ind i stuen, dette er ikke længere nødvendigt.

### **Brugeropfattelse og eventuelle ønsker**

Alle 3 beboere har oplevet at lydskodden har haft positiv indflydelse på deres trivsel. De 2 beboere med børn siger at deres børn lettere falder til ro og har en mere sammenhængende nattesøvn. Beboerne er generelt rigtig tilfredse med lydskodden, 2 beboere anfører dog at det er svært at åbne de yderste glas, dernæst kunne produktet godt gøres mere diskret.

Da vi spurgte beboerne, om de havde nogle konkrete ønsker til en kommende lydskodde, havde beboeren med den manuelle lydskodde 2 konkrete ønsker. Det ene ønske var motorisering af skodderne, det andet forslag gik på at det skulle være muligt at lukke lydslugerne når vinduet var lukket, på den måde kunne støjniveauet muligvis sænkes yderligere.

### **Konklusioner og beslutning om videre forløb ud fra prototype skodder**

Både beboerinterviews og lydmålinger dokumenterer, at den nye lydskodde fungerer efter hensigten. Målingerne viser, at støjniveauet i boligen daler med 6 dB med lukkede vinduer og 14 dB med vinduet på klem ift. før lydskodderne blev monteret.

Da beboerne primært kipper vinduerne (0,10 m<sup>2</sup>) blev det besluttet, at det endelige produkt udformes med en ventilationsspalte på 0,14 m<sup>2</sup>, ligesom 2 af de 3 opsatte prototyper. En større ventilationsspalte på 0,35 m<sup>2</sup> vil ikke blive udnyttet da vinduerne primært kippes. Bivirkningerne ved en større ventilationsspalte er ringere støjreduktion og et mere fremtrædende udtryk på facaden.

De mørklæggende skodder bør motoriseres ligesom prototyperne og vi mener ikke, at man bør forsøge at opnå lysindtrængen i bølgepladerne så det imiterer lysindfald mellem lamellerne, da beboeren foretrækker den helt lukkede plade. Der var ønsker om at gøre det lettere at betjene yderglassene. Det blev også observeret ved produktudviklingen og har ført til en løsning, der omfatter greb på glasset og en fast midterpost.

Ud fra de indhentede erfaringer og konklusioner, blev denne fase afsluttet med udarbejdelse af et traditionelt udbudsmateriale for montering af de fabriksproducerede skodder. Det har dannet grundlag for et udbud med en efterfølgende udførsel af det skalerede projekt. Dermed er der opnået en test af systemets anvendelighed og udbredelse i det almindelige byggeri.

#### 4.4 Fase 4: Skaleret projekt

På baggrund af erfaringerne fra demonstrationsprojektet og de efterfølgende tests og brugerundersøgelser udarbejdede Nørlov+Nørlov Arkitektfirma og Art Andersen et detailprojekt for en fabriksproduceret skodde til Folehaven til montering på 42 vinduer i Folehaven 89 – 99.

Lydskodden fik det detaljerede design, der er redegjort for i afsnit 2, som resultat af demonstrationsprojektet. Den er opbygget af ekstruderede aluminiumsprofiler. Lydsluserne i siderne er udført i stål og her indgår også en lydabsorbent, som er omtalt tidligere. Endvidere indgår naturligvis glas. Den enkelte skodde indeholder også en fjernstyret motor til at drive mørklægnings-skodderne.

Det blev besluttet at fabriksmontere den enkelte lydskodde i en række komponenter, der kan håndteres manuelt; i princippet en top, to sider og en bund, der samles på stedet.



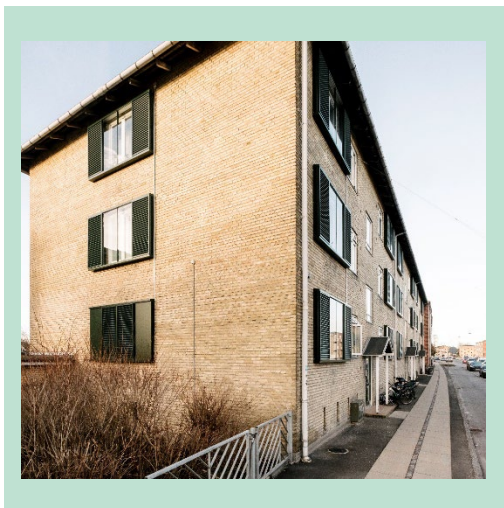
**FIGUR 13.** Facade med de nye lydskodder i den endelig udformning mod Folehaven.

Montering af lydskodderne er udelukkende sket udefra ved brug af en lift. Strøm til motoren blev også trukket udendørs. Det er en stor fordel, at beboerne dermed ikke skal have håndværkere i deres lejlighed med de ulemper, det indebærer for beboerne og for den praktiske planlægning af arbejdet.

Det er efterfølgende vurderet, at det formentlig kan være mere optimalt at samle lydskodderne helt på fabrik og anvende en kran ved montage på stedet.

Produktion af de 42 lydskodder er sket hos en dansk underleverandør. Enkelte komponenter er fremstillet i Finland.

Før montering blev beboerne varslet. De har efterfølgende fået udleveret en brugsanvisning og fjernbetjeningen til mørkelægningen. Endelig er alle beboere besøgt, så evt. spørgsmål kunne afklares. Det er vurderet, at processen med montage af lydskodderne forløb uden gener fra beboerne. Det er også vurderingen, at beboerne har været godt orienteret.



**FIGUR 14.** Facade med de nye lydskodder i den endelig udformning på en gavl.

#### **4.5 Fase 5: Test, brugerundersøgelser og evaluering af lydskodden**

Den objektive, tekniske test af lydskoddens akustiske egenskaber er gennemgået i afsnittet om projektets fase 2. Testen konkluderer, at den lydskodde, der blev monteret på 42 vinduer, i lukket tilstand kan dæmpe trafikstøj med et udendørs niveau på 72 dB ( $L_{den}$  71,9 dB) til et indendørs niveau, der svarer til Bygningsreglements krav om maksimalt 33 dB. I en tilstand, hvor det eksisterende vindue er åbent (kippet eller drejet), kan lydskodden dæmpe støjen til 43 dB, hvor man i en situation uden brug af lydskodden vil have et indendørs støjniveau omkring 60 dB.

Samtidig kan lydskodden sikre en effektiv udluftning. De tekniske aspekter om den funktion er beskrevet i det efterfølgende afsnit Fase 6: Vurdering af lydskoddens funktioner. For brugerne er det også en umiddelbar funktion, at lydskodden kan mørkelægge rummet ved brug af en simpel fjernbetjening. Denne funktion er også omtalt generelt i afsnittet om fase 6.

Den tekniske dokumentation er naturligvis vigtig og det objektive mål for lydskoddens egenskaber, men brugernes oplevelse er i dette projekt betragtet som den afgørende for dokumentation af lydskoddernes funktion og virkning. Derfor er der gennemført en brugerundersøgelse for at få viden om beboernes oplevelse af lydskodden. Sammen med den tekniske dokumentation er det afgørende vidensgrundlag for yderligere produktudvikling og det er input til kommunikationsindsatsen. Brugerundersøgelsen har fokuseret på at afdække beboernes oplevelse af lydskoddens betjening samt dens virkning på trafikstøj indendørs, udluftning (luftkvalitet), lysforhold mv. samt betalingsvillighed.

Det samlede projekt har omfattet 36 lejligheder, hvor enkelte har fået lydskodde på to vinduer, så det samlede antal lydskodder er 42. Fordi, der er tale om en forholdsvis lille gruppe, blev det vurderet, at en spørgeskemaundersøgelse baseret på et udsendt skema kunne få meget

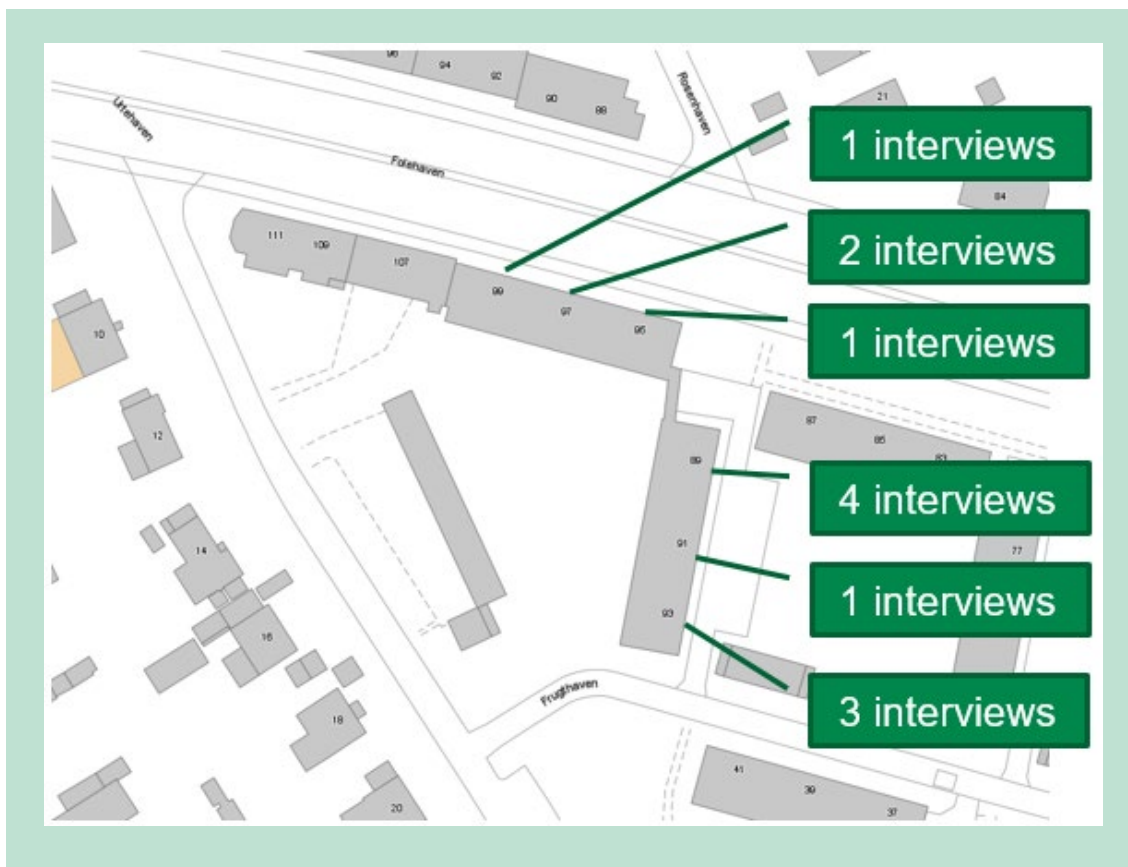
få besvarelse. Det blev derfor besluttet, at brugerundersøgelsen blev gennemført som interviews med et supplerende skema, der blev udfyldt i forbindelse med de enkelte interviews.

### Interview og spørgeskemaundersøgelse

Disse kvalitative interviews og spørgeskemaundersøgelse blev udført af Rambøll i maj 2019, et par måneder efter opsætning af de nye lydskodder. De omfattede beboere i lejligheder i Boligforeningen 3B Foldehaven, der ligger ud til Folehaven.

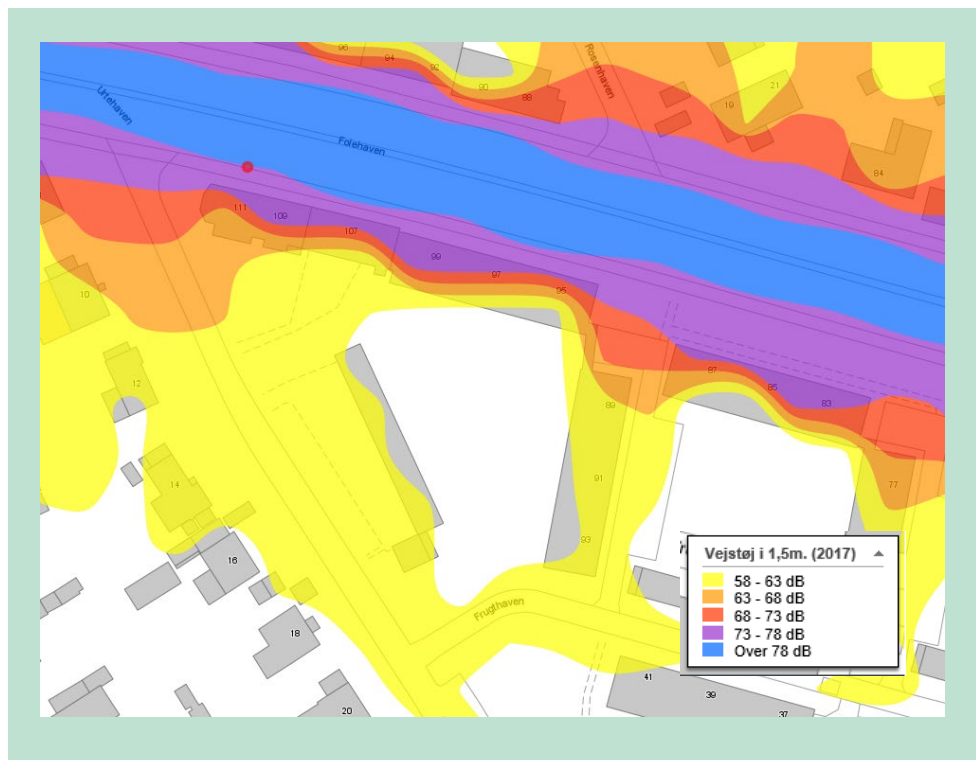
Beboerne i alle lejligheder med nye lydskodder har ved en personlig henvendelse fået en mundtlig invitation til at deltage i brugerundersøgelsen. Beboere i 15 lejligheder accepterede at deltage. Tre af disse aflyste senere deres aftale om deltagelse. Derfor er der 12 deltagere i den endelige brugerundersøgelse.

Ud af de 12 lejligheder, hvor beboere blev interviewet, er de 4 i nr. 95, 97 og 99, som findes i en boligblok, der ligger helt ud til og langs med Folehaven. 8 lejligheder er i nr. 89, 91 og 93, som findes i en boligblok beliggende vinkelret på Folehaven. Den følgende figur viser de boligblokkene, hvor brugerundersøgelsen er udført og antallet af udførte interviews fordelt på de to boligblokke.



**FIGUR 15** Interviews blev udført hos beboere i nr. 95, 97 og 99, der har facade direkte ud til Folehaven samt hos beboere i nr. 89, 91 og 93, der har facade vinkel på Folehaven.





**FIGUR 16** Støj fra vejtrafik i Folehaven ved den seneste støj kortlægning udført af Københavns Kommune i 2017. Det fremgår, at støjniveauet på facader langs med og ud til Folehaven er over 73 dB (Lden). På facader vinkelret på Folehaven er støjniveauet 58 – 63 dB. Den vejledende grænseværdi for støj på facaden af nyt byggeri er 58 dB. Boliger der udsættes for støj over dette niveau betragtes som støjbelastede. Er støjniveauet over 68 dB, betragtes de som stærkt støjbelastede. Kilde: Københavns Kommune, Københavnerkortet.

Det vurderes, at interviewundersøgelsen med 12 deltagere giver en god beskrivelse af de generelle holdninger til lydskodder blandt beboere og den ønskede viden om brug og virkning af de nye lydskodder, baseret på brugernes erfaringer.

Interviewspørgsmålene er opbygget med henblik på at måle følgende egenskaber for lydskodden:

- oplevelse af brugervenlighed
- betjeningsfunktionalitet
- udseende
- automatisk styring
- effekter som mørklægning
- lydisolering
- generelle tilfredshed.

Beboerne er blevet informeret om at alle besvarelserne behandles fortroligt og, at resultaterne af undersøgelsen udelukkende publiceres i form af statistisk, der ikke kan henføres til enkeltpersoner. De enkelte interviewskemaer og spørgeskemaer blev på intet tidspunkt mærket med interviewpersonens navn eller bopæl, kun om adressen er i boligblokken langs med eller vinkelret på Folehaven. Efter afslutning af undersøgelsen er alle udfyldte interviewskemaer og spørgeskemaer destrueret.

Brugerundersøgelsen består af et A) kvalitativt interview og B) et kvantitativt spørgeskema.

Spørgsmål fra interview- og spørgeskemaundersøgelsen med detaljerede svar fra eneste spørgsmål er indsat som bilag til denne rapport.

### A) Kvalitativt interview

Interviewet består af 27 spørgsmål, som er delt op i en række afsnit.

- 4 spørgsmål om beboerne og deres bolig,
- 9 spørgsmål om, hvordan beboerne bruger lydskodden (udluftning, mørklægning, åbning af det yderste glas mv.),
- 6 spørgsmål om, hvordan beboerne bruger skodden sammenlignet med de gamle (som er bebyggelsens oprindelige træskodder)
- 7 spørgsmål om generelle ændringer og eventuelle ønsker
- et enkelt spørgsmål er brugt til at vurdere værdien af lydskodden; hvad ville beboerne være villige til at betale i højere husleje for lydskodden, hvis ikke projektet havde været finansieret fuldt ud fra anden side.

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen;

- har 6 beboere boet i lejligheden imellem 5 - 10 år
- er 8 beboere hjemme efter arbejdstid og 4 beboere hjemme i det meste af tiden, også om dagen
- åbner 9 beboere deres vindue, hver dag for at lufte ud
- bruger 9 beboere lydskodden til mørklægning, hver dag ved sovetid
- åbner 9 beboere aldrig eller sjældent det yderste glas i lydskodden (kun for vinduespudsning)
- tilkendegiver 7 beboere, at muligheden for at lufte ud er blevet bedre efter, de har fået lydskodden. De nævnte, at det er meget nemmere at lufte ud nu.
- bruger 10 beboere oftere de nye skodder end de oprindelige træskodder
- er 11 beboere meget tilfredse med de nye skodders brugervenlighed sammenlignet med de gamle (for den tolvte beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede i lejligheden før den nye lydskodde blev installeret)
- er 10 beboere meget tilfredse med den nye lydskoddes mørklægning sammenlignet med de gamle (for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt, da velkommende ikke boede i lejligheden før den nye lydskodde blev installeret, men beboeren er i øvrigt meget tilfreds med lydskodden)
- har 11 beboere oplevet markant forbedringer af støjniveauet i lejligheden efter, de har fået lydskodden
- har lydskodden haft positiv indflydelse på 11 beboeres trivsel (i form af bedre søvn, flere pottedplanter i vindueskarmen, mindre stress pga. reduceret støjniveau)
- synes 12 beboere godt om lydskoddens udseende.
- har 10 beboere ikke udfordringer med lydskodden og 2 beboere har udfordringer med pudsning af lydskoddens yderste glas
- er 12 beboere samlet set meget tilfredse med lydskodden. De, der bor i boligblokken langs Folehaven sætter pris på den lydreducerende effekt af lydskodden, mens de, der bor i boligblokken vinkelret på Folehaven sætter pris på mørklægningseffekten
- er 9 beboere parate til at betale 100 kr. mere til husleje hver måned for lydskodden.

I en undersøgelse med 12 deltagere bør man være varsom med at omregne resultaterne til procenter. Derfor er resultaterne ovenfor ikke angivet i procent. I den følgende er der alligevel anvendt procentangivelse for at tydeliggøre nogle interessante tendenser i brugen af lydskodderne:

#### Udluftning:

75 % af beboerne lufter ud hver dag, typisk morgen og aften. 50 % af beboerne lufter ud en varighed på 30 - 60 minutter, hvor 33 % af beboerne lufter ud hele dagen og 8 % hele døgnet. 50 % af beboerne stiller vinduet i kippet position og 33 % åbner vinduet helt. 58 % af beboere tilkendegiver, at muligheden for at lufte ud er blevet bedre efter, de har fået lydskodden.

#### Mørkelæggende skodder:

75 % af beboerne bruger lydskodden til mørkelægning, hver dag ved sovetid. 83 % lukker dem helt. 83 % af beboere bruger de nye skodder oftere end tidligere. De finder dem mere brugervenlig og så fremhæver de alle, at det er positivt, at skodderne lukker mere tæt for lys. De fleste af beboerne nævner, at de tidligere skodder var meget besværligt at bruge. 92 % af beboere er meget tilfredse med de nye skodders brugervenlighed sammenlignet med de gamle.

#### Åbning af yderglas:

Beboerne åbner meget sjældent de yderste glas, og ser mest funktionen som noget, der kan benyttes ved vinduespudsning, eller ved intensiv udluftning.

#### Lydforhold mv.

92 % af beboere oplevet markant forbedringer i støjniveauet i lejligheden efter, de har fået lydskodden. Lydskodden haft positiv indflydelse på 92 % af beboernes trivsel (i form af bedre søvn, flere pottedplanter i vindueskarmen, mindre stress pga. reduceret støjniveau). 100 % af beboere synes godt om lydskoddens udseende. 100 % af beboerne er samlet set meget tilfredse med lydskodden.

### **B) Spørgeskema**

Lige efter, at beboerne blev interviewet, blev de bedt om at besvare et kort spørgeskema. Det blev udfyldt af intervieweren. Der var 4 spørgsmål om støjgener før og efter opsætning af lydskodderne i åben og lukket tilstand samt et spørgsmål om den generelle tilfredshed med lydskodderne.

Spørgeskemaet er udviklet på baggrund af en international anerkendt metode (J. M. Fields m.fl., . Sound Vib., 242 (4), p. 641-679) til denne type undersøgelser af støjgener. Skemaet er indsat som bilag til denne rapport.

Resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen er behandlet i to separate grupper:

- Beboere i boligblok langs Folehaven
- Beboere i boligblok vinkelret på Folehaven.

Beboerne blev bedt om at tage stilling til, hvor generet eller forstyrret de var af støj fra vejtrafik, før lydskodden er monteret, når de var indendørs i deres hjem. De, der bor i boligblokken langs Folehaven følte sig mere generet (gennemsnitsværdi: 7,5) end de, der bor i boligblokken vinkelret på Folehaven (gennemsnitsværdi: 6,1).

Beboerne blev spurgt om, hvor generet eller forstyrret de er af støj fra vejtrafik, efter lydskodden er monteret, når de er indendørs i deres hjem med lukket vindue og med det yderste glas i

lydskodden lukket. De, der bor i boligblokken langs Folehaven føler sig en lille smule mere generet (gennemsnitsværdi: 1,0) end de, der bor i boligblokken vinkelret på Folehaven (gennemsnitsværdi: 0,9).

Beboerne blev bedt om at tage stilling til, hvor generet eller forstyrret de er af støj fra vejtrafik, efter lydskodden er monteret, når de er indendørs i deres hjem med åbent vindue og med det yderste glas i lydskodden lukket. De, der bor i boligblokken langs Folehaven føler sig lidt mere generet (gennemsnitsværdi: 3,3) end de, der bor i boligblokken vinkelret på Folehaven (gennemsnitsværdi: 3,0).

Beboerne blev bedt om at tage stilling til, hvor generet eller forstyrret de er af støj fra vejtrafik, efter lydskodden er monteret, når de er indendørs i deres hjem med åbent vindue og med det yderste glas i lydskodden åbent. De, der bor i boligblokken langs Folehaven føler sig mere generet (gennemsnitsværdi: 7,8) end de, der bor i boligblokken vinkelret på Folehaven (gennemsnitsværdi: 6,4).

Beboerne er spurgt om, hvor tilfredse de alt i alt er med lydskodderne. Beboerne i de to boligblokke har samme tilfredshed (gennemsnitsværdi: 9,5).

### **Konklusion**

Ca. en tredjedel af beboerne ønskede at deltage i interview- og spørgeskemaundersøgelsen. De 12 besvarelser tegner et billede af stor tilfredshed med den nye lydskodde. Det gælder brugervenligheden generelt og i særdeleshed, at mulighederne for udluftning og mørkelægning er blevet langt bedre. Det er bemærkelsesværdigt, at brugerne tillægger muligheden for mørkelægning så stor værdi, som det tydeligt fremgår af undersøgelsen. Det er en funktion, der formentlig bør påkalde sig større opmærksomhed i byggeriet.

Afsættet fra hele projektet har været at give beboerne i Folehaven en bedre beskyttelse mod trafikstøj uden at begrænse mulighederne for udluftning og mørkelægning.

For den enkelte beboer er det ikke nødvendigvis støjdemning, der er den primære funktion. Faktisk er det tydeligt, at beboere i boligblokken vinkelret på Folehaven lægger større vægt på mørkelægning end støjdemning, mens det er omvendt for beboere i boligblokken langs med Folehaven. Det hænger utvivlsomt sammen med, at støjbelastningen på facaden af boligblokken langs med Folehaven er større end på facaden af boligblokken vinkelret på Folehaven.

Det er derfor uden tvivl en vigtig forudsætning for den høje tilfredshed, at alle tre primære funktioner (støjdemning, udluftning og mørkelægning) indgår i den nye lydskodde og, at brugervenligheden er bedre på alle tre funktioner end den tidligere løsning.

For så vidt angår lydskoddens evne til at begrænse gener fra trafikstøj, er brugernes oplevelse utvetydigt en markant forbedring af støjniveauet i lejligheden og lydskodden har positiv indflydelse på beboernes trivsel. Det afspejles også i de følgende citater fra interviewundersøgelsen.

For den enkelte beboer er det ikke nødvendigvis støjdæmpning, der er den primære funktion. Faktisk er det tydeligt, at beboere i boligblokken vinkelret på Folehaven lægger større vægt på mørkelægning end støjdæmpning, mens det er omvendt for beboere i boligblokken langs med Folehaven. Det hænger utvivlsomt sammen med, at støjbelastningen på facaden af boligblokken langs med Folehaven er større end på facaden af boligblokken vinkelret på Folehaven.

Det er derfor uden tvivl en vigtig forudsætning for den høje tilfredshed, at alle tre primære funktioner (støjdæmpning, udluftning og mørkelægning) indgår i den nye lydskodde og, at brugervenligheden er bedre på alle tre funktioner end den tidligere løsning.

For så vidt angår lydskoddens evne til at begrænse gener fra trafikstøj, er brugernes oplevelse utvetydigt en markant forbedring af støjniveauet i lejligheden og lydskodden har positiv indflydelse på beboernes trivsel. Det afspejles også i de følgende citater fra interviewundersøgelsen.

#### **Udtalelser fra beboere i forbindelse med gennemførelse af interviewundersøgelsen**

*"De nye lydskodder giver en god fornemmelse af tryk og sikkerhed, hvilket er relevant for dem der bor i stueetagen. Tidligere kunne vi ikke slappe af i sofaen i dagligstuen. Vi skulle være i soveværelse hvis vi skulle slappe af, men ikke mere. Der er en markant forbedring af livskvaliteten. Det er blevet en del af daglig rutine at bruge lydskodderne aktivt med fjernbetjening. Meget enkelt og nemt. Vores dagligstue er kombineret med nyt køkken og det er det eneste vindue mod vejen, de andre vinduer i dagligstuen vender den anden vej. F.eks. kan vi se ambulancens blåblink, men vi kan ikke høre det som vi plejede tidligere. Det er et godt tegn. Dagligstuen er markant forbedret, vi kan slet ikke høre trafikken mere."*

*"Vi bruger den hver dag. Det kommer an på hvilken årstid. Vi bruger både mørklæggende og lyddæmpende effekt. Lyddæmpende effekt er meget markant. Man kan slet ikke høre trafikstøjen (specielle om morgen)."*

*"Monteringen gik hurtigt. 1-2 dage. Det tog 2 uger for hele blokken. Ingen yderligere komplikationer. Vinduerne er monteret udefra, meget behagelig monteringsproces."*

*"På grund af trafikstøj har vi tidligere valgt at bruge rummet som gæsteværelse. Nu overvejer vi at bruge det til soveværelse igen"*

*"Tidligere har jeg haft bekymringer om støj og luftforurening fra trafik. Jeg har ikke mere bekymringer om støjen, fordi det ikke mere er aktuelt."*

*"Super tilfreds. Når vi ser fjernsyn, høre vi slet ikke trafikken. Vi overvejede at flytte vores soveværelse pga. trafikstøj. Men det er ikke nødvendigt efter vi fik lydskodden."*

*"Den er pæn både på inderside og yderside. Det passer rigtig fint til bygningen. "*

*"Jeg sover meget bedre. Jeg har overvejede at flytte soveværelset til en andet rum pga. støj, men det generer mig ikke mere, efter jeg fik lydskodderne."*

"Jeg kan ikke sammenligne de ny skodder med de gamle fordi jeg har ikke brugt de gamle. Det var alt for besværligt."

## 4.6 Fase 6: Vurderinger af lydskoddens funktioner

Lydskodden er grundlæggende udviklet med det formål at begrænse trafikstøj i boligrum i eksisterende boliger. Men den omfatter imidlertid nogle væsentlige sidegevinster, som bidrager positivt til det termiske indeklima og reducere energibehovet.

### Facaders mange funktioner

Facaden, eller klimaskærmen generelt, skal opfylde en lang række æstetiske og funktionsmæssige krav, som ofte kan rumme indbyrdes konflikter. Således skal facaden beskytte mod udeklimaet, samtidig med at den på kontrolleret måde skal tillade udveksling af lys, luft, varme og lyd. Facaden skal sikre bygningen tilstrækkeligt dagslys og give adgang til et godt udsyn (udsigt) fra bygningens rum, samtidig med at den skal kunne beskytte mod overophedning, blænding og uønsket indblik. Facaden skal også beskytte mod ekstern støj, samtidig med at der ofte ønskes åbninger i facaden, der kan indgå i bygningens principper for naturlig eller hybrid ventilation (kombineret mekanisk og naturlig ventilation). Facadens udformning har også betydning for en række sikkerhedsmæssige forhold, fx vedrørende brand, flugtveje og indbrud.

Uanset hvilke funktioner, der prioriteres højest ved valg af en facadeløsning, så har udformningen helt afgørende betydning for både indeklima og energiforhold i bygningen. Ved udvikling af en løsning til Folehaven har beskyttelse mod *trafikstøj*, mulighed for *udluftning* samt mulighed for *mørklægning* været prioriteret højest. I det følgende gives en analyse af, i hvilken grad de nye lydskodder bidrager til at opfylde både disse prioriterede funktioner og en række andre vigtige funktioner for facaden.

### Støj: Beskytte mod støj udefra

Der blev i forsommeren 2004 udført en spørgeskemaundersøgelse blandt beboere langs tre stærkt trafikerede bygader i København, hvoraf den ene var Folehaven. Resultaterne, der er rapporteret i (Fryd og Pedersen, 2005) viser, at samlet set er over 80 % generet af trafikstøj, og ca. 30 % ønsker at flytte. I Folehaven angiver 73 % trafikstøj som hovedårsagen til ønsket om at flytte. I undersøgelsen har 34 % af beboerne svaret, at trafik- støjen generer deres søvn. Derudover har de angivet, hvilke konsekvenser støjen har på deres søvn. Flere af beboerne i Folehaven gør brug af særlige tiltag såsom anvendelse af ørepropper, brug af sovemedicin, anderledes anvendelse af rummene i boligen og/eller lukke vinduerne om natten for at kunne falde i søvn fra støjen fra trafikken. På trods heraf er det stadig mere end en fjerdedel af de adspurgte, der har svært ved at falde i søvn om aftenen, og hver fjerde oplever flere opvågninger i nattens løb.

Resultat i Folehaven: Objektive målinger har vist, at den nye lydskodde reducere støjniveauet i boligerne og, at den har mærkbart bedre lydtekniske egenskaber end den ælde lydskodde, både med lukkede og med åbne vinduer. Beboerne rapporterer i interviewundersøgelsen en markant forbedring af støjniveauet i lejlighederne.

### Udluftning: Mulighed for at lufte ud

Åbning af vinduerne for at kunne ventilere rummet er et højt prioriteret ønske hos brugerne, faktisk nr. to på listen over vinduets vigtigste funktioner (Christoffersen et al., 1999). Vinduet giver mulighed for at tage toppen af overtemperaturerne på varme sommerdage og bidrager væsentligt til at holde luftens CO<sub>2</sub>-indhold nede, fx i soveværelser om natten.

Resultat i Folehaven: De nye lydskodder giver mulighed for større lufttilførsel til soveværelserne i Folehaven, og der er således opnået et tilfredsstillende kompromis mellem ønsket om at dæmpe den oplevede trafikstøj og ønsket om at kunne få tilført udeluft om natten.

Det effektive åbningsareal for lydskodden er beregnet til 0,12 m<sup>2</sup> og vil således supplere den naturlige ventilation af boligen med 7,2 l/s ved tværv ventilation ( $0,12/A_{\text{gulv}}/1,5\% \times 0,9$  l/s pr m<sup>2</sup>) og kun 2,7 l/s ved ensidet ventilation ved beregning i sommerkomfort-modulet i BE18. Det kan således konkluderes at lydskodden forventes at have sit største bidrag til det termiske og atmosfæriske indeklima ved tværv ventilation idet frisklufttraten er af en størrelsesorden, der vil kunne håndtere den interne varmebelastning fra personer og udstyr.

75 % af de beboerne, der deltog i interviewundersøgelsen, lufter ud hver dag, typisk morgen og aften. 58% af deltagerne tilkendegiver, at muligheden for at lufte ud er blevet bedre efter, de har fået lydskodden. Det er også karakteristisk, at beboerne sjældent øger udluftningen ved at åbne lydskoddens yderste ruder. Det kan formentlig tages som udtryk for, at lydskodden uden denne åbning, giver tilfredsstillende udluftning.

#### **Mørklægning: Mulighed for at udelukke uønsket dagslys**

Det er sjældent, at boligblokke er forsynede med mulighed for mørklægning af soveværelserne.

Resultat i Folehaven: Boligforeningen Folehaven er ved opførelsen forsynet med grønne skodder på alle soveværelsesvinduer. Skodderne er af den klassiske type med skråtstillede faste lameller, som giver en god mørklægning, uden dog at holde alt dagslys ude. Intentionen om, at de nye lydskodder skulle passe æstetisk ind i boligblokkenes facadeudtryk, er til fulde opfyldt, men i de nye skodder er der ikke åbning mellem lamellerne. Dette betyder, at mørklægningen er betydelig mere effektiv, hvilket er en væsentlig egenskab, der giver beboerne de bedst mulige betingelser for at kunne sove uforstyrret af lys udefra. I lejligheder som udsættes for kraftig trafikstøj, bør det tilstræbes, at alle forhold, der kan virke forstyrrende for søvnen (både i nattetimerne og om dagen) minimeres mest muligt, herunder også lysindfald. Beboernes udtalelser om skoddernes funktion som mørklægning viser da også, at dette betragtes som en meget vigtig funktion.

#### **Isolering: Lydskodder som isolerende elementer, resultat i Folehaven**

Lydskodden bidrager til at reducere energibehovet til opvarmning idet muligheden for forvarmning af friskluften mindsker energibehovet til opvarmning. Tilsvarende har de lydisolerede flader en isolerende virkning på den faste bygningsdel, som ved dårligere isolerede bygninger vil bidrage til at mindske varmetabet over disse felter. Det transparente felt foran vinduerne er medvirken til at reducere det strålingsmæssige varmetab fra klimaskærmens overflade til himmelrummet, lige såvel reduceres det konvektive varmetab fra klimaskærmens overflade.

Det forventes at U-værdien foran vinduet vil kunne reduceres med 0,1 W/m<sup>2</sup>K idet varmeovergangstallet i hulrummet forventes at reduceres fra 25 W/m<sup>2</sup>K til 3,5 W/m<sup>2</sup>K. Tilsvarende forventes, at isolansen af de faste bygningsdele, der tildækkes af lydskodden, vil kunne opleve en forøgelse på 0,5 m<sup>2</sup>K/W, hvilket svarer til en reduktion i U-værdien fra fx 0,40 W/m<sup>2</sup>K til 0,33 W/m<sup>2</sup>K. En ombytning af placeringen af de isolerende plader, så den tykke isoleringsbat (40 mm) sidder yderst vil medføre en forøgelse af væggenes isolans på 1,0 m<sup>2</sup>K/W, hvilket svarer til en reduktion i U-værdien fra fx 0,40 W/m<sup>2</sup>K til 0,29 W/m<sup>2</sup>K. En ændring af U-værdien af både vinduet og af det faste parti medfører en reduktion i varmebehovet til opvarmning af boligen. Denne reduktion beregnes til en samlet reduktion på ca. 33 kWh pr. år.

Såfremt siderne af lydskodden kan lukkes, vil der opstå en mulighed for at lydskodden fungerer varmeisolerende. Dette vil øge isolansen op til 1,5 m<sup>2</sup>K/W men er dog under forudsætning om, at siderne lukkes tæt. Tætheden af elementet påvirker effekten af isoleringen i den yderste del af lydskodden. Tilsvarende spiller samlingsdetaljer, materialevalg, etc. ind på energieffektiviteten hvorfor en resulterende isolans på 1,0 m<sup>2</sup>K/W er at forvente for den lukkede del af lydskodden. Den transparente del af lydskodden kan ved ændret glasvalg medføre en reduktion af glassets varmetab i form af termisk stråling reduceres fra 3,7 W/m<sup>2</sup>K til 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Lydskodden vil således kunne få en funktion svarende til et tre lags vindue.

### **Udsyn: God kontakt med omgivelser/udemiljø**

Brugerne opfatter udsynet (udsigten og det at kunne følge med i vejret udenfor) som den vigtigste positive egenskab ved vinduer, jf. den store undersøgelse i kontorbygninger, som SBI gennemførte i 1999 (Christoffersen et al., 1999).

Resultat i Folehaven: Lydskodderne tillader frit udsyn, når natskodderne er trukket fra, både med lukket og med åbent yderglas. Begrænsningen af udsynet er meget lille. I interviewundersøgelsen blev der ikke stillet spørgsmål om udsyn, og deltagerne har ikke selv nævnt emnet.

### **Indblik: Beskyttelse mod uønsket indblik udefra**

Bygningsreglement 2018 angiver ingen krav om beskyttelse mod indblik udefra, men det betyder ikke, at denne funktion ikke er vigtig. For mange brugere er facadens evne til at lukke af for indblik udefra lige så vigtigt som det at kunne se ud. Afhængigt af hvor bygningen ligger placeret, og hvor tæt man kan komme på vinduerne udefra, bør dette aspekt indgå i planlægningen af facaders udformning og bygningens indretning.

Resultat i Folehavn: I Folehaven vil der formentlig kun kunne opleves indkigs-problemer i stueetagen, og her vil et simpelt gardin, der tillader dagslyset at passere, kunne hindre indblik i dagtimerne, mens natskodderne vil være ideelle om natten. I interviewundersøgelsen blev der stillet spørgsmål om dette emne. En enkelt beboer pegene selv på, at "de nye lydskodder giver en god fornemmelse af tryghed og sikkerhed, hvilket er relevant for dem der bor i stueetagen."

### **Dagslys: Godt dagslys i rummet og til arbejdsfunktioner**

Bygningsreglementet stiller ret specifikke krav vedr. dagslystilgangen til beboelsesrum, enklest formuleret ved at glasarealet i rummet skal udgøre mindst 10 % af gulvarealet.

Resultat i Folehavn: Soveværelserne har en størrelse på ca. 11 m<sup>2</sup>, mens glasarealet er på ca. 1,4 m<sup>2</sup>. Lydskodden reducerer dagslystilgangen til soveværelset, dels fordi den fri åbning bliver lidt dybere, og dels fordi lystransmittansen bliver lavere, når yderglasset er trukket for. Men selv med disse reduktioner vil kravet vedr. dagslys være opfyldt. Muligheden for at stille mørklægningskodderne i alle mellempositioner bidrager også positivt til at opfylde et behov for at regulere på dagslystilførslen og -fordelingen i rummet.

Det fremgår af interviewundersøgelsen, at deltagerne er meget tilfredse med lydskoddens mulighed for mørkelægning.

### **Overtemperatur: Beskyttelse mod uønsket solindfald og overtemperaturer**

Det termiske indeklima er særligt udfordret i moderne byggeri, idet samspillet mellem tilstrækkeligt dagslys, en velisoleret facade ofte foranlediger væsentlige temperaturoverskridelser af normale acceptkriterier.



Resultat i Folehaven: Her er lydskodden en positiv bidragsyder til solafskærmning og dermed til at holde temperaturen nede i varme perioder med kraftigt sol. Det forventes at solafskærmningsfaktoren vil være i størrelsesorden omkring 0,1 og således reducere solvarmebelastningen med 90% i spidsbelastningstilfælde. Det antages i denne forbindelse at solafskærmningens absorberede varme vil kunne frigives til omgivelserne som følge af vindpåvirkning samt at glasset bag ved solafskærmningen holdes lukket for at mindske strålingsbidraget fra solafskærmningen.

Omkring halvdelen af de støjplagede lejligheder i Folehaven har soveværelser, som vender mod nord, og i disse lejligheder er uønsket solindfald sjældent et problem. I den anden halvdel af lejlighederne vender soveværelserne mod øst. Her vil tidlig morgen- og formiddagssol være generende for mange mennesker, hvis ikke der kan etableres en form for mørklægning. De nye lydskodder er ideelle til dette formål, og beboerne udtrykker også klart i interviewundersøgelsen, at skoddernes mulighed for mørklægning værdsættes meget højt. I andre bebyggelser, hvor soveværelserne vender mod andre verdenshjørner, vil mørklægningskodderne være effektive til at begrænse solindfald, som kan medføre overtemperaturer.

#### **Passiv solvarme: Adgang for direkte sollys og udnyttelse af passiv solvarme**

De projekterende behandler ofte problematikken omkring solindfald, som om solindfaldet udelukkende skaber problemer. Imidlertid er det danske klima karakteriseret ved, at vi kan have ret lange perioder med overskyet vejr, og især i vinterhalvåret betyder dette, at brugerne værdsætter højt, når 'solen bryder igennem' og skinner gennem vinduerne. Ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt er østvendte vinduer med mulighed for mørklægning ideelle i soveværelser. God søvn i mørke og opvågning til maksimalt dagslys understøtter menneskets naturlige døgnrytme, og derfor fungerer mørklægningskodderne perfekt i de østvendte soveværelser. Men også ud fra et energimæssigt synspunkt bør der være fokus på, i hvilken grad en bygning er i stand til at udnytte den passive solvarme. Selv om facadens evne til at reducere solindfaldet ofte betragtes som en meget vigtig egenskab, er det energimæssigt lige så vigtigt, at facaden også kan tillade solvarmen at passere, når der ikke er et afskærmningsbehov.

Resultat i Folehaven: Den nye lydskodde giver både mulighed for at udnytte sollyset maksimalt ved at trække mørklægningskodden fra og for at forvarme ventilationsluften når mørklægningen er lukket i.

## **4.7 Fase 7: Perspektiver og fremtidig udvikling**

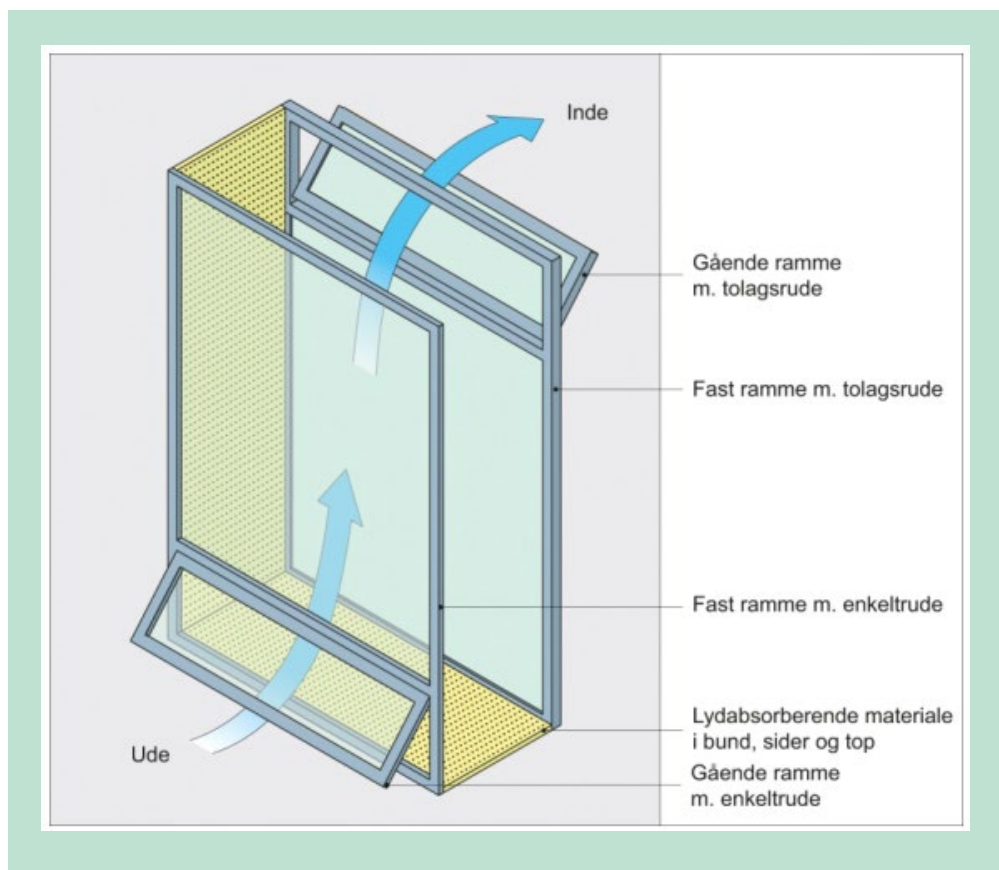
Miljøstyrelsen udsendte i 2007 en ny vejledning om støj fra veje og introducerede de rammer for nyt byggeri i støjbelastede områder, der indebærer behov for vinduesløsninger, som kan dæmpe støj i delvist åben tilstand. Siden har kredse i byggeriet interesseret sig for at finde gode vinduesløsninger, som kan løse opgaven, også i område med kraftig trafikstøj.

Den afgørende udfordring for disse løsninger er etablering af et tilstrækkeligt åbningsareal for opfyldelse af Miljøstyrelsens vejledning. "Delvist åben" betyder her et åbningsareal eller frit gennemstrømningsareal på 0,35 m<sup>2</sup> gennem vinduesløsningen. Det indebærer, at traditionelle friskluftventiler, murventiler eller karmventiler ikke kan anvendes, uanset om de i øvrigt kan dæmpe støj udefra, da de har et langt mindre åbningsareal.

Selvom boliger i nyt etagebyggeri, og meget andet nyt byggeri, i dag forsynes med mekanisk ventilation, er det ikke intensionen med Miljøstyrelsens vejledning, at det kan erstatte muligheden for at åbne et vindue og opnå en ekstra ventilation og udluftning.

Samtidig skal en løsning med en åbning på 0,35 m<sup>2</sup> sikre, at støjniveauet indendørs i boligrum ikke overstiger 46 dB (L<sub>den</sub>) og løsningen skal være funktionel i brug.

Fra starten var løsningen for nybyggeri de såkaldte "russervinduer" eller ventilationsvinduer, som bl.a. er beskrevet i detaljer i SBI 2015:08: *Erfaringer med lydisolerede åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder* (Rasmussen, 2015). Der findes i dag udviklede produkter, som implementeres med succes i nybyggeri over hele landet. Der er også udviklet enkelte eksempler på løsninger, hvor åbningsarealet på 0,35 m<sup>2</sup> etableres i en stor ventil placeret i tilknytning til et vindue.



**FIGUR 17** Princippet i et såkaldt "russer-vindue", hvor luftadgang (og støjens adgang) sker gennem en labyrint, hvor støjen udendørs dæmpes før den når ind i boligen.

Undertiden kan der være arkitektoniske udfordringer med brug af russervinduer og vinduestypen kan i praksis være vanskelig at indarbejde i eksisterende byggeri. Det betyder også, at forbedring af lydforholdene i eksisterende byggeri udsat for trafikstøj, oftest udføres ved kun at udskifte vinduer eller ruder til typer med højere lydisolations. Det kan være en markant forbedring, men kun når vinduerne er lukkede. Muligheden for at åbne et vindue for ekstra udluftning uden at blive udsat for et urimeligt højt støjniveau er ikke til stede med denne løsning. Beboerne kan derfor med rette få en oplevelse af, at de bor i et hermetisk lukket hus.

Udvikling af en ny, opdateret version af lydskodden i Folehaven er et forsøg på at arbejde med disse udfordringer i et konkret projekt, der samtidig peger videre i retning af generiske løsninger til såvel nyt som eksisterende byggeri. Ambitionen om at kunne tilbyde løsninger til eksisterende byggeri, der giver mulighed for udluftning uden urimelig støj, kan være et afgørende skridt fremad i bestræbelserne på, at der også til de 724.000 eksisterende støjbelastede boliger

er andre løsninger til rådighed end blot nye vinduer, der kun dæmper støjen, når de er lukkede. Ambitionen om, at det er et rimeligt krav, at man i sin bolig kan åbne et vindue og få ekstra udluftning uden at blive udsat for høje støjniveauer, bør ikke opgives for de mange eksisterende boliger, der er udsat for kraftig trafikstøj.

For eksisterende byggeri er udfordringen imidlertid stor, fordi den eksisterende arkitektur kan sætte snævre rammer for brugbare løsninger, mens nyt byggeri giver langt bedre muligheder for at integrere løsninger i den samlede arkitektur fra start. Til gengæld kan man ved eksisterende byggeri tillade sig at arbejde mere frit med mulige løsninger, da Miljøstyrelsens krav ikke gælder for eksisterende byggeri. Kompromiser mellem ønsket støjdæmpning og åbningsareal til udluftning kan således indgå i konkrete løsninger, sådan som det også er sket i Folehaven.

Den nye lydskodde i Folehaven viser, at det med den rette teknologi og respekt for arkitektur og beboernes behov, er muligt at udvikle en løsning, der teknisk løser opgaven og samtidig opnår en høj tilfredshed hos beboerne. Det kan være i modstrid med mange andre løsninger, der ofte kan medføre vinduesløsninger, som er mere besværlige i brug, fx indvendige forsatsruder.

### **De øvrige støjplagede boliger i Folehaven**

Resultater af brugerundersøgelsen og resultater af de tekniske undersøgelser har dokumenteret, at der nu er udviklet et færdigt produkt som opfylder de funktionskrav, der blev opstillet ved projektets start (se også afsnittet om Fase 1):

- Skodder designes således at de visuelt fremstår så tæt på de oprindelige skodder i 3B Folehaven som muligt. Dette er afgørende for at boligforeningen vil acceptere at skodderne udbredes til alle støjplagede boliger i Folehaven
- Det skal være muligt at pudse lydglaset både indvendigt og udvendigt fra lejlighederne, således at dette kan udføres af den enkelte beboer
- Øget brugervenlighed med mulighed for automatisk styring af skoddernes funktion
- Systemet skal være let at betjene også for ældre og gigtplagede beboere
- Lydskodden skal mindst have samme lyddæmpning som de eksisterende skodder, gerne bedre
- Skodden skal mindst det samme eller større åbningsareal end de eksisterende skodder for naturlig ventilation
- Undersøge muligheden for at indbygge et luftfilter til opsamling af pollen og udstødningspartikler fra biler
- Naturlig ventilation med mulighed for CO<sub>2</sub>- og fugtstyring af skoddens åbnefunktion for et bedre og sundere indeklima
- Den oprindelige skoddefunktion med mørklægning skal være indeholdt i lydskodden, så den også kan anvendes på østvendte soveværelser, svarende til ca. 50% af de støjplagede lejligheder i afdelingen
- Undersøge mulighederne og optimere designet og udnytte det dynamiske facadeelement til at reducere varmetabet i boligen, både ved ventilation og ved lukket vindue.
- Det endelige design skal sikre en lav leverings- og monteringspris, omkring kr. 30.000, - inkl. moms pr. lydskodde
- Systemet skal være let at drifte og vedligeholde.

Det er derfor konklusionen, at lydskodden uden yderligere udviklingsarbejde kan produceres til montering på vinduer hos øvrige støjbelastede lejligheder i Folehaven.

Baseret på erfaringer fra det gennemførte projekt vurderes det, at den færdigudviklede lydskodde fremadrettet kan produceres og leveres indenfor en prisramme på kr. 30.000,- ekskl. moms. De monterede lydskodder er leveret og opsat til Folehaven 3B indenfor denne prisramme.

### **Mulighed for optimering**

Det er vurderet, at monteringsprocessen kan optimeres, hvis lydskodden samles helt på fabrik fremfor en delvis samling på byggepladsen. Det er imidlertid en mindre del af et samlet projekt, der også kan afhænge af adgangsforhold for den kran, der er nødvendig for montage af færdig-samlede lydskodder.

Det tegner sig ikke umiddelbart optimeringsmuligheder i den konkrete, færdigudviklede lydskodde til Folehaven. Som nævnt ovenfor er der tale om et færdigt produkt, der umiddelbart kan produceres i et større antal og monteres i den øvrige del af bebyggelsen.

Ved overvejelse om muligheder for at optimere lydskodden til brug i andet eksisterende og nyt byggeri, kan man med fordel gøre sig klart, at lydskoddens lydtekniske del indeholder to centrale elementer:

#### Lydslusen

Lydslusen giver friskluftadgang og dæmper samtidig støjen. Det er den centrale funktion, at slusen giver adgang for luft til et støjafskærmet rum foran det eksisterende vindue. Et af udviklingsprojektets vigtigste resultater er design og optimering af denne lydsluses geometri og materialevalg.

#### Rudepartiet

Lydskoddens rude, der sidder foran det eksisterende vindue, danner det støjafskærmede rum foran det eksisterende vindue, som sikrer, at trafikstøjen dæmpes i boligen, når det eksisterende, indvendige vindue åbnes. Ruden bidrager også til, at støjen dæmpes ekstra, når det indvendige vindue er lukket. Ruden er i realiteten en facadeintegreret støjskærm.

I Folehavens lydskodde kan beboerne regulere luftadgangen ved at åbne og lukke det eksisterende vindue mere eller mindre. I yderste konsekvens kan beboerne også vælge at åbne lydskoddens yderste rude for maksimal friskluftadgang. De forskellige muligheder påvirker også, hvor meget trafikstøj, der vil være i boligen.

Vi ser det som en oplagt optimeringsmulighed at flytte regulering ind i lydslusen. Det kan nemlig fjerne behovet for et støjafskærmet rum foran det eksisterende vindue (eller det "almindelige" vindue i nyt byggeri). I stedet kan friskluftadgangen ledes gennem lydslusen, direkte ind i boligen. Lydslusen kan placeres i tilknytning til vinduet, så betjening og luftadgang er logisk knyttet til vinduet og muligheden for, at det også åbnes. I en sådan løsning skal vinduet have en høj lydisolering. Det kan opnås med en lydrude tilpasset det aktuelle trafikstøjniveau. Lydruden erstatter i så fald den udvendige rude på lydskodden.

Samtidig er det vores konklusion, at netop lydslusen er den mest innovative del af lydskodden til Folehaven, hvor det er lykkedes at opnå en høj lyddæmpning, god luftadgang og små dimensioner. Ved at kombinere de egenskaber med en reguleringsmulighed, kan der udvikles et produkt, som giver beboerne i støjramte boliger mulighed for at regulere ekstra luftadgang (og støj) til den konkrete situation. Evt. ved også at åbne det almindelige vindue, hvis det høje støjniveau i situationen er acceptabelt for beboere.

Lydskodden til Folehaven kan i princippet bygges med et frit åbningsareal på 0,35 m<sup>2</sup>, men vi vurderer, at en selvstændig lydsluse kan udvikles til i endnu højere grad at sikre min. 0,35 m<sup>2</sup> samtidig med en høj lyddæmpning.

Endvidere kan en selvstændig lydsluse indbygges i tilknytning til vinduets karme og som en integreret del af bygningens facade, uden at have fremspring eller være monteret uden på facaden.

Det vil være nærliggende, at lydslusen kombineres med et luftfilter til opsamling af pollen og udstødningspartikler fra biler.

Reguleringsmuligheden kan være manuel, men det er også nærliggende, at den kan være motordrevet med en sensorstyring, der registrerer indeklimaparametre (temperatur, luftfugtighed, CO<sub>2</sub>), støjniveau etc. Lydslusen kan dermed indgå i dynamiske facadeløsninger, som udvikles i disse år.

Disse perspektiver omfatter ikke mørkelægning, som er en vigtig funktion i Folehaven. Men den selvstændige lydsluse forhindrer ikke, at mørkelægning kan indarbejdes i konkret projekter som et selvstændigt facadeelement (se også afsnittet herunder om tilpasning til nyt byggeri).

### **Tilpasning til eksisterende byggeri**

Eksisterende støjbelastede boliger kan få et bedre indendørs lyd miljø ved at øge vinduernes lyd isolation gennem udskiftning til typer med høj lyd isolation. Det kan medføre en mærkbar nedsættelse af det indendørs støjniveau, men kun, når vinduerne er lukkede.

Lydskodden er et bud på en løsning til eksisterende byggeri, som både kan levere en høj lyd isolation med lukkede vinduer og effektiv støj dæmpning, når vinduer åbnes for ekstra udluftning.

Det er karakteristisk, at lydskodden er skræddersyet til Folehavens arkitektur og kravet om at bevare muligheden for mørkelægning med udvendige skodder.

Det betyder, at den fremstår som et ret markant element på bygningernes facader, men det matcher Folehavens arkitektur med de oprindelige skodder. På mange andre bygninger uden eksisterende skodder eller et tilsvarende dominerende vinduesparti, kan lydskodden i Folehaven-design være uegnet. Det er dog ikke utænkeligt, at et andet farvevalg og en anden overflade end ribberne på de to elementer ved siden af vinduet, i mange tilfælde kan indpasses i et eksisterende byggeri med et andet udtryk end Folehavn.



**FIGUR 18** Lydskodden er tilpasset Folehavens arkitektur, men vil i mange andre bebyggelser kræve tilpasning.

Ved tilpasning til andre bebyggelser er der tre centrale løsninger fra Folehaven, som kan indgå:

#### Lydslusen

Lydslusen, der i Folehaven er i to dele – en på hver side af vinduet –, giver friskluftadgang og dæmper samtidig støjen. Som nævnt ovenfor, er det en afgørende funktion, at slusen giver adgang for luft til en støjafskærmet rum foran det eksisterende vindue. Et af udviklingsprojektets vigtigste resultater er design og optimering af denne lydsluses geometri og materialevalg. I en tilpasning til en anden bebyggelse kan projektets resultater og tekniske dokumentation anvendes til løsninger, hvor der arbejdes med lydslusens placering i forhold til vinduet og det visuelle udtryk gennem overfladevalg og farve.

#### Rudepartiet

Lydskoddens rude, der sidder foran det eksisterende vindue, danner det støjafskærmede rum foran det eksisterende vindue, som sikrer, at trafikstøjen dæmpes i boligen, når det eksisterende vinduer åbnes. Ruden bidrager også til, at støjen dæmpes ekstra, når det indvendige vindue er lukket. Ruden er i realiteten en facadeintegreret støjskærm. Ved design af løsninger til andre bebyggelser kan der arbejdes frit med kombinationen af lydsluse og det støj dæmpede rum foran boligen egentlig vindue.

#### Mørklægning

Det er usædvanligt, at en dansk bolig har udvendig solafskærmning i form af skodder. Brugerundersøgelsen viser, at beboerne i Folehaven sætter stor pris på denne funktionalitet, men ved tilpasning til andre bebyggelser uden eksisterende mulighed for mørklægning, kan den fravælges. Det kan bidrage til at forenkle en konkret løsning, hvis den motoriserede skodde udelades.

Lydskodden i Folehaven monteres udefra. Det er en stor fordel for beboerne, men skal ikke nødvendigvis være et krav i andre projekter, hvor en tilpasning af lydskoddens lydsluse og facadeintegrerede støjskærm kan kræve mere omfattende ændringer af facaden.

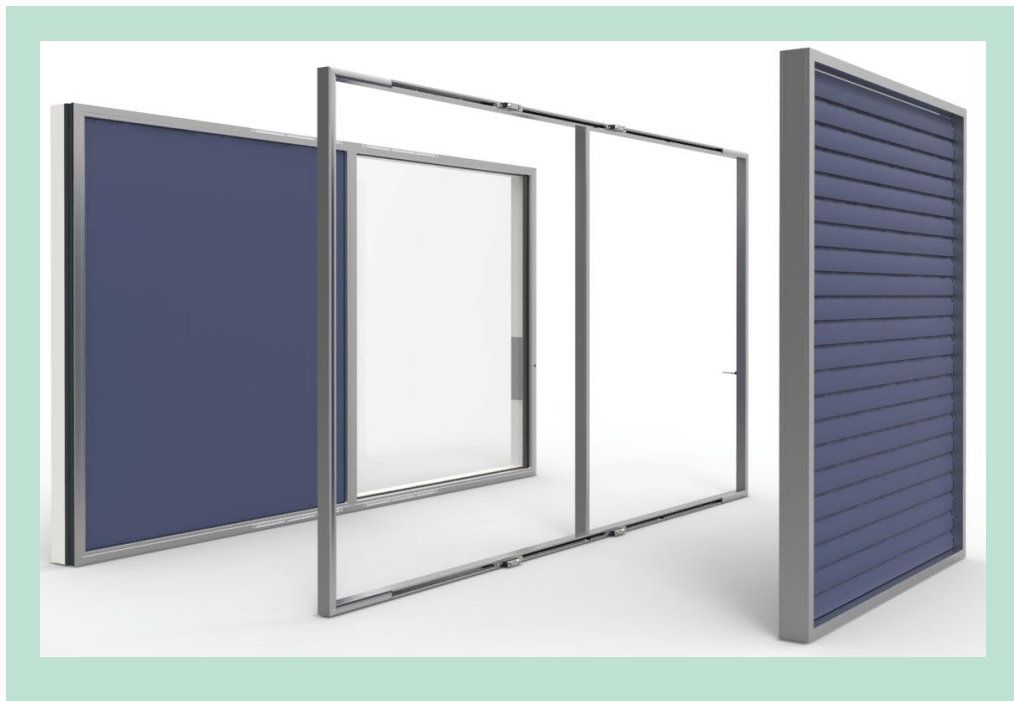
De perspektiver, der er omtalt ovenfor i afsnittet om optimering med en lydsluse, der indbygges i facaden sammen med vinduet, kan være mindre attraktive for eksisterende byggeri, da det kan betyde ret omfattende ombygninger af facade. I situationer, hvor eksisterende facadeelementer med vinduer og lette facadeelementer udskiftes, kan det dog være relevant.

### Tilpasning til nyt byggeri

Det grundlæggende princip med lydsluse og støjafskærmet rum foran det egentlige, og i øvrigt helt almindelige vindue, vil alt andet lige være lettere at integrere i nyt byggeri, hvor lydslusen evt. kan indbygges i facaden. Det kan derfor ske uden videre ved brug af lydslusen i det udviklede produkt og en tilpasset afskærmning, hvis det ønskes i et konkret byggeprojekt.

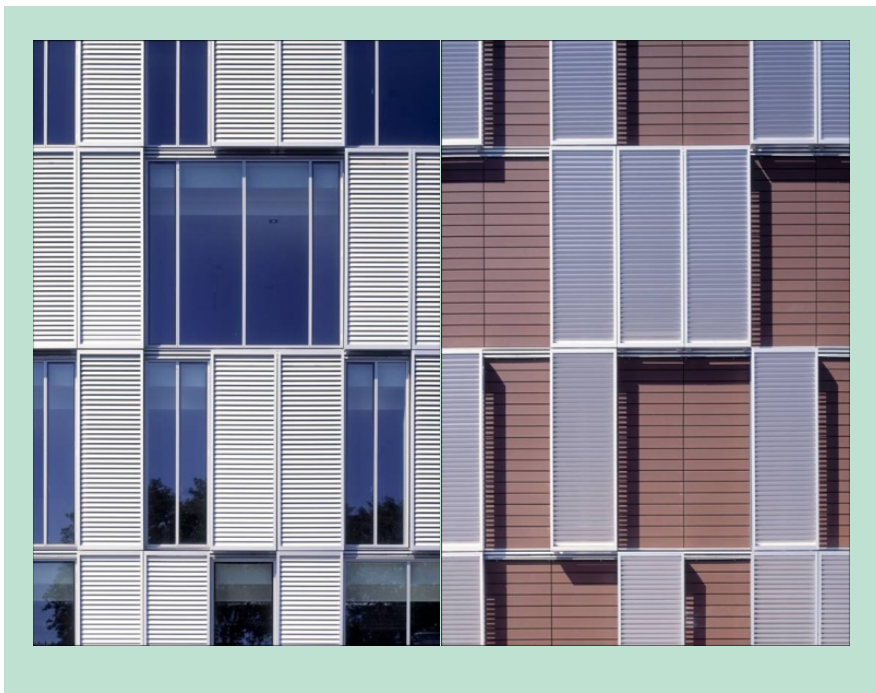
Lydskodden og især lydslusen fremstår som et produkt, der kan være et alternativ til russervinduer. Lodsoddens teknologi giver derfor mulighed for at tilbyde markedet et større udvalg af produkter, der kan dæmpe støj under udluftning af boligen.

Lydskodden kan ses som et muligt nyt element i dynamiske facadesystemer med flere funktioner, der kan reguleres efter skiftende behov. Reguleringen kan ske ved, at facadeelementer kan åbne eller lukke efter forskellige principper, fx som hængslede elementer, der kan dreje, eller som forskydelige elementer, der kan flytte sig i forhold til vinduerne (som skodderne i Folehaven). Princippet for et system med flytbare elementer er illustreret i figur 19, Energy Frames, der er udviklet af firmaet Art Andersen Copenhagen – part of Ramboll. Energy Frames er et modulært, rammebaseret facadesystem, der klikkes på ydersiden af vinduesrammerne. Det kan klikkes på vinduer, uanset om de åbner udad eller indad. Facadesystemet kan bevæges uden på vindue og facade ved hjælp af et indbygget trækssystem.



**FIGUR 19.** Modulært facadesystem (Energy Frames) bestående af en ramme, der monteres på ydersiden af vinduesrammerne, samt en række forskellige elementtyper, der ved hjælp af et enkelt træksystem og en lille motor indbygget i vinduesrammen kan bevæge sig horisontalt eller vertikalt uden på elementrammen. Systemet er her illustreret i en version med screendug (t.v.) og en version med et lamelsystem (t.h.). Illustration: Art Andersen Copenhagen – part of Ramboll. Selvom Folehavens udvendige skodder til solafskærmning er usædvanlige, sker der i disse år en udvikling af facadesystemer med udvendig solafskærmning opbygget af faste eller bevægelige lameller og persienner.

Figur 20 viser et af de første eksempler i Danmark på lamelrammer, der bevæger sig uden på facaden, opført til FIH Erhvervsbank i 2002 på Langelinie kaj i København. Byggeriet er blevet verdenskendt, fordi de dynamiske og markante lamelrammer giver bygningen et konstant skiftende udtryk.



**FIGUR 20.** Udvendige, motordrevne lamelskodder med drejelige lameller. Skoddernes bevægelse på facaden og lamellernes drejning er drevet af én motor, der styrer begge funktioner. Foto: Art Andersen Copenhagen – part of Ramboll.

Vi vurderer, at de perspektiver med videreudvikling af lydslusen, der er omtalt ovenfor i afsnittet om, optimering, er særlig interessante for nyt byggeri, hvor en videreudviklet lydsluse med reguleringsmulighed kan integreres i en samlet facadeløsning.

### Produktion

De 42 lydskodder er produceret og samlet på en dansk virksomhed. Enkelte komponenter er dog købt hos udenlandske underleverandører.

Det er vores vurdering baseret på de konkrete erfaringer i dette projekt, at lydskodden som et færdigudviklet produkt er velegnet til produktion på danske virksomheder. Det kan derfor bidrage til beskæftigelsen og understøtte, at danske virksomheder opbygge ekspertise i løsninger, der kan bidrage til at afhjælpe støjproblemer i Danmark og andre lande.



Vi ser dog et større potentiale i en videreudviklet lydsluse, som kan indgå i tilpassede løsninger til eksisterende byggeri, men i høj grad også til løsninger og nye produkter, der er målrettet nyt byggeri i støjbelastede områder. Det vil være et velegnet produkt for danske virksomheder, i særdeleshed den stærke danske vinduesindustri, som kan producere i serier med individuel tilpasning. Vi vurderer også, at disse virksomheder vil have interesse for et supplement til russer-vinduer og andre løsninger, der kan anvendes ved byggeri i støjbelastede områder.

Lydskodden og lydslusen kan derfor bidrage til beskæftigelsen på danske virksomheder.

### **Udbredelse og marked**

Som nævnt ovenfor er der 724.000 støjbelastede boliger i Danmark. Samtidig bygges der i disse år mange nye boliger i byområder med støj over de vejledende grænseværdier. Hvis en ny bebyggelse ligger ud til en almindelig bygade med blot 5.000 køretøjer i døgnet, så kan grænseværdien være overskredet. Det er situationen ved mange nye byggerier.

De nye boliger i disse områder skal indrettes med vinduesløsninger, der dæmper støjen i åben tilstand. Byggerierne er derfor et marked for såvel lydskodden i sin nuværende udformning som en videreudviklet lydsluse. Det er vores vurdering, at der er en efterspørgsel på produkter og arkitektoniske løsninger, som kan supplere og være alternativer til russer-vinduer hos producenter af facadeløsninger og hos arkitekter og bygherrer.

De eksisterende støjbelastede boliger er også et potentielt marked for lydskodden med de overvejelser, der er omtalt ovenfor om tilpasning til eksisterende byggeri. Dette marked kan være drevet af boligejerne i bred forstand (enfamiliehuse, ejerlejligheder, private udlejere og alment byggeri), men er også påvirket af statslige og kommunale støtteordninger. Det er her afgørende, at beslutningstagere overhovedet er opmærksomme på støjhensynet ved renoveringer, ombygninger mv., og dernæst har viden om, at der kan være alternativer til simpel udskiftning til vinduer, der kun dæmper støjen i lukket tilstand.

Det fremgår af afsnittet om trafikstøjens sundhedsmæssige konsekvenser, at 20 mio. mennesker i Europa er udsat for generende trafikstøj og 8 mio. lider af søvnløshed på grund af støj. Samtidig sker der overalt en omfattende urbanisering med nyt boligbyggeri i byerne, hvor der er støj fra trafik og ofte også andre støjklender.

Det er derfor vores vurdering, at der er et betydeligt europæisk marked for facadeløsninger, der kan dæmpe støj udefra. Det vil i vid udstrækning blive løst med vinduer, der kun dæmper støjen i lukket tilstand. I byggerier med højere kvalitetskrav ser vi imidlertid et marked for dynamiske facadeløsninger, som giver beboerne mere end to muligheder (åbent vindue med meget støj eller lukket vindue med "ingen" støj), men også tilbyder mulighed for regulering mellem de to yderpositioner, så man kan lufte ud ved at åbne til det fri uden at blive udsat for uacceptabel støj. Lydskodden kan levere denne mulighed, og det kan ske ved at indbygge lydslusen i løsninger med andre udformninger, som omtalt ovenfor.

### **Formidling**

Der er allerede som en del af dette projekt gennemført en indsats for at formidle resultaterne.

Allerede den første lydskodde, der blev monteret på vinduer i 36 lejligheder i Folehaven i 2007 har i de efterfølgende mere end 10 år påkaldt sig betydelig opmærksomhed. Den er ofte anvendt som et eksempel på en innovativ løsning, der kan begrænse støjgener i eksisterende boliger, se fx Rasmussen B. (2015). *Erfaringer med lydisolerede åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder*. SBI rapport 2015:08.

Det aktuelle projekt har derfor også oplevet betydelig interesse for den nye lydskodde. Det blev bl.a. bekræftet, da lydskodden blev præsenteret på et temamøde med byggesektoren som målgruppe: Støj og klimaskærmen - Potentialer og løsninger, der blev holdt den 28. august 2018 hos Gate21 i Albertslund. Her deltog ca. 70 personer fra vinduesbranchen, kommuner og rådgivere.

Efter afsluttet montering af de nye lydskodder i Folehaven i foråret 2019 blev der i slutningen af maj 2019 gennemført en indsats for at skabe opmærksomhed omkring projektet og lydskodden. Indsatsen medførte en omfattende omtale i medier med en bred offentlighed som målgruppe (fx bolius.dk, Søndagsavisen og indslag i TV2 Lorry) og medier med byggesektoren som målgruppe (fx Realdania nyheder og Dagens Byggeri).

Eksempler på omtalen kan ses her:

[Søndagsavisen 19. august 2019](#)

[TV2 Lorry \(TV-indslag og artikel\) 30. maj 2019](#)

[Realdania 24. oktober 2018](#)

[Dagens Byggeri 6. juni 2019](#)

[Byens Ejendom 5. juni 2019](#)

[Dagens Bolignyt 4. juni 2019](#)

[Min Andelsbolig 17. juni 2019](#)

[Bolius 10. juli 2019](#)

Der er desuden produceret en video, som introducerer lydskodden og viser funktionen. Den blev offentliggjort på Rambølls hjemmeside den 3. juni 2019. [Link til omtale og video.](#)

Lydskodden vil endvidere blive omtalt på en ny hjemmeside om begrænsning af støj i boliger. Hjemmesiden vil få adressen [www.roligbolig.dk](http://www.roligbolig.dk). Den produceres som en del af projektet Mindre støj i boliger, der gennemføres af Gate 21 med Rambøll, Force, Det Økologiske Råd og en række andre partnere. Projektet er finansieret af Grundejernes Investeringsfond og Landsbyggefonden.

# 5. Sundhedsmæssige konsekvenser af trafikstøj i boliger

EU kunne i 2014 konkludere, at trafikstøj er et alvorligt miljøproblem med store negative konsekvenser for mennesker og miljø. Trafikstøj er den dominerende kilde til støj i miljøet og det vurderes, at 125 millioner mennesker i Europa er udsat for trafikstøj, der overstiger 55 dB ( $L_{den}$ ). Det medfører mindst 10.000 for tidlige dødsfald i Europa hvert år. 20 millioner mennesker er generet af støjen og 8 millioner lider af søvnforstyrrelser på grund af støj.

På europæisk plan vurderes det, at støj i miljøet, med vejstøj som den vigtigste støjkilde, er årsag til op mod 1,6 millioner tabte sunde leveår om året. Af de tabte sunde leveår er 900.000 af dem knyttet til søvnforstyrrelser og næsten 600.000 til de gener, som støjen medfører. De samlede samfundsøkonomiske omkostninger i Europa er opgjort til 36 milliarder euro om året på grund af vejstøj alene, hvilket svarer til op mod 0,4 procent af det samlede bruttonationalprodukt i EU.

WHO kategoriserer derfor støj som et af de værste miljøproblemer med konsekvenser for menneskers helbred, kun overgået af luftforurening i form af ultrafine partikler.

Tal fra Miljøstyrelsen viser, at 724.000 (en tredjedel) af alle danske boliger, eller omkring 1,4 millioner danskere, er udsat for trafikstøj over de 58 decibel, som er den vejledende grænseværdi for nye boliger og tilsvarende støjfølsom bebyggelse.

Tal indikerer, at mere end 500 danskere årligt dør for tidligt som følge af vejstøj. Støj fra trafikken er således også i Danmark et væsentligt sundhedsskadeligt problem, ikke mindst i det byggede miljø i og omkring de større byer med tæt trafik. Dette kapitel beskriver nogle af de sundhedsmæssige konsekvenser af trafikstøj.

## 5.1 Støjs negative indvirkning på sundhed

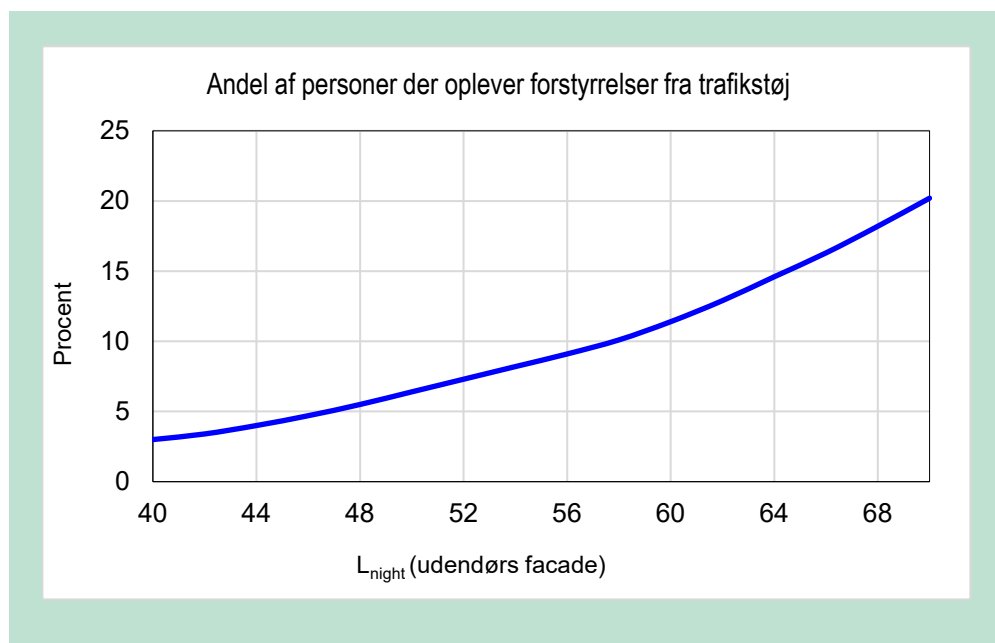
De sundhedsmæssige konsekvenser af trafikstøj er blevet studeret i flere forskellige lande. Konklusionerne er ikke entydige, og der mangler fortsat epidemiologisk forskning på området, der mere konsekvent dokumenterer signifikante sammenhænge mellem støjeksponering og sundhed. De senere års studier har føjet mere evidens til området, hvilket styrker formodningen om, at der er en sammenhæng mellem trafikstøj og følgende sundhedsmæssige konsekvenser: irritation, søvnforstyrrelser, stressreaktioner, forhøjet blodtryk og hjertekarsygdom. København Kommune udgav i 2011 rapporten: Sundhedskonsekvensvurdering af Københavns Kommunes støjhandlingsplan. - Folehave som case. (Københavns Kommune, 2011b). Rapporten giver en fint indblik i de sundhedsmæssige konsekvenser af trafikstøj, og i det følgende gives et kort sammendrag af indholdet, mens kilderne bag de enkelte konsekvenser må findes i rapporten.

### Støj som irritationsmoment

Den mest udbredte og veldokumenterede subjektive reaktion på støj er irritation. Irritationen kan komme til udtryk som vrede over eller angst for de skadelige konsekvenser af støjen. Irritation er en stressreaktion, der medfører reduceret velvære og livskvalitet.

### Støjs indvirkning på søvn

Flere studier konkluderer, at der er evidens for, at støj kan give søvnforstyrrelser. Særligt voksne oplever dårligere søvn som følge af støj. Børn er mindre sensitive for nattestøj, da de ikke vågner så let som voksne. Ældre mennesker er i særlig grad udsatte for søvnforstyrrelser som følge af støj, fordi søvnstrukturen bliver mere fragmenteret med alderen. Skifteholdsarbejdere er i særlig risiko, idet deres søvnkvalitet ofte er dårlig på grund af skiftende søvnmønstre. Figur 21 viser andelen, der oplever søvnforstyrrelser i forhold til støjniveauet.



**FIGUR 21.** Andelen der oplever søvnforstyrrelser som funktion af støjniveauet. (Milieu, TNO & RPA, 2010).

Figuren viser, at der ved et støjniveau på 40 dB om natten i gennemsnit er 3 %, der oplever søvnforstyrrelser. Andelen, der oplever søvnforstyrrelser, stiger eksponentielt med støjniveauet. Således fordobles andelen, der oplever søvnforstyrrelser fra 10 % til 20 %, når støjen øges fra 58 dB  $L_{\text{night}}$  til 70 dB  $L_{\text{night}}$ .

Manglende eller dårlig søvn kan have store konsekvenser for livskvaliteten. Dårlig søvn fører til udpræget træthed. Træthed kan medføre manglende overskud til socialt samvær, hvilket kan ende med social isolation og ensomhed (WHO, 2009). Epidemiologiske studier viser desuden, at søvnforstyrrelser og træthed kan resultere i kognitive problemer, der kommer til udtryk ved indlæringsproblemer, dårligere hukommelse, koncentrationsbesvær, samt dårligere præstationsniveau med reduceret produktivitet til følge.

### Øget risiko for sygdomme

Den seneste forskning viser, at trafikstøj med stor sikkerhed øger risikoen for blodpropper i hjertet. Der er også undersøgelser som viser, at trafikstøj kan medføre forhøjet blodtryk, selvom resultaterne ikke er så entydige som for blodpropper.

Ny forskning har også vist, at der kan være en sammenhæng mellem udsættelse for trafikstøj og overvægt og risikoen for at udvikle diabetes. Se også afsnit om trafikstøjens sundhedseffekter i Trafikstøj – et overset samfundsproblem, Gate21 og Rambøll, 2016.

### **Opsummering**

Støj har en række skadelige indvirkninger på sundheden (Københavns Kommune, 2011b). Den mest udbredte konsekvens af støj er irritation - en form for stressreaktion, som reducerer livskvaliteten. Både voksne og børn kan føle sig generet af støj, og reaktionsmønstrene minder om hinanden. Generne af støjen kan være relativt omfattende og medføre søvnforstyrrelser i form af flere opvågninger og hyppigere ændringer i søvnniveauer, der kan medføre øget brug af beroligende midler og sovemedicin. Søvnforstyrrelser som følge af støjeksponering er et problem særligt for voksne, fordi søvnstrukturen bliver mere fragmenteret med alderen.

## 6. Referencer

- Christoffersen, J., et al. (1999). *Vinduer og dagslys. En feltundersøgelse i kontorbygninger* (SBI-rapport 318). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Dansk Standard. (2018). *Lydklassifikation af boliger* (DS 490:2018)
- Europakommissionen. (2002). *Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj*. De Europæiske Fællesskabers Tidende, L 189.
- J. M. Fields, R. G. De Jong, m.fl. Research Team at Ruhr University, R. Guski, U. FELSCHER-Suhr and R. Schumer, Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation, *J. Sound Vib.*, 242 (4), p. 641-679
- Fryd J og Pedersen L (2005). *Undersøgelse af den oplevede støj fra vejtrafikken langs tre stærkt trafikerede bygader i København*. Københavns Kommune, Miljøkontrollen.
- Johnsen, K. (2016). *Solafskærmninger* (SBI-anvisning 264). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København.
- Johnsen K & Winther F. (2018). *Dynamiske facader i praksis* (SBI 2018:05) København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København.
- Københavns Kommune. (2004). *Forslag til Trafik- og Miljøplan 2004 for København*. København.
- Københavns Kommune. (2005). *Lokal støjhandlingsplan for Folehaven - Baggrundsrapport*.
- Københavns Kommune. (2006). *Lokal støjhandlingsplan for Folehaven - Et pilotprojekt om begrænsning af støj i et boligområde*.
- Københavns Kommune. (2011a). *Evaluering af støjprojekt i Folehaven*.
- Københavns Kommune. (2011b). *Sundhedskonsekvensvurdering af Københavns Kommunes støjhandlingsplan. Folehaven som case*.
- Lercher P. og Kofler W.W (1996). Behavioral and health responses associated with road traffic noise exposure along alpine through-traffic routes, *Science of total Environment* 189, 1996, 85-89.
- Milieu, TNO & RPA (2010). *Inventory of Potential Measures for a Better Control of Environmental Noise. Final Report on Task 2*
- Miljøstyrelsen. (2006). *Støjkortlægning og støjhandlingsplaner* (Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2006). København.
- Miljøstyrelsen. (2007). *Støj fra veje* (Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4, 2007). København.
- Rasmussen B. (2015). *Erfaringer med lydisolerende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder*. SBI rapport 2015:08. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Trafikstøj – et overset samfundsproblem. En hvidbog om løsninger og udfordringer, Gate21 og Rambøll, maj 2016
- WHO (2009). *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. 2009.

# Bilag 1. Interview

## INTRODUKTION

*Interviewet drejer sig om din vurdering af de nye lydskodder. Det består af 27 spørgsmål, som er delt op i 5 afsnit. Interviewet tager ca. 30 minutter. Vi håber, at du vil svare på alle spørgsmål, da besvarelsene kan give os ny viden om lydskoddens effektivitet. Det skal understreges, at alle besvarelser behandles fortroligt. Resultaterne af undersøgelsen publiceres udelukkende som statistik, der ikke kan henføres til enkeltpersoner eller enkelte lejligheder.*

## Spørgsmål om dig og din bolig

### 1. Hvad var brugen af rummet før at det fik lydskodden?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen;

- i 6 lejligheder var brugen af rummet soveværelse før det fik lydskodden
- i 2 lejligheder var brugen af rummet børneværelse før det fik lydskodden
- i 1 lejlighed var brugen af rum soveværelse og køkken før det fik lydskodden
- i 1 lejlighed var brugen af rum spisestue og køkken før det fik lydskodden
- i 1 lejlighed var brugen af rummet gæsteværelse før det fik lydskodden

\*) for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede der før opsætning af lydskodden på vinduet.

### 2. Hvad er brugen af rummet efter at det fik lydskodden?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen;

- i 8 lejlighed er brugen af rummet soveværelse efter det fik lydskodden
- i en lejlighed er brugen af rummet børneværelse efter det fik lydskodden
- i en lejlighed er brugen af rummet soveværelse og køkken efter det fik lydskodden
- i en lejlighed er brugen af rummet spisestue og køkken efter det fik lydskodden
- i en lejlighed er brugen af rummet gæsteværelse efter det fik lydskodden

### 3. Hvor længe har du boet i din bolig?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har;

- en beboer boet i sit hjem i mindre end 1 år
- 2 beboere boet i deres hjem imellem 1-5 år
- 6 beboere boet i deres hjem imellem 5-10 år
- en beboer boet i sit hjem imellem 10-15 år
- en beboer boet i sit hjem imellem 15-20 år
- en beboer boet i sit hjem mere end 20 år

### 4. Hvornår er du hjemme om dagen?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen er;

- 8 beboere hjemme efter arbejdstid
- 4 beboer hjemme i det meste af tiden

## Spørgsmål om hvordan du bruger skodden

### 5. Hvor tit åbner du dit indadgående vindue for at lufte ud?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen åbner;

- 9 beboere deres vindue hver dag for at lufte ud
- en beboer sit vindue to gange om ugen for at lufte ud
- en beboer sjældent sit vindue for at lufte ud
- en beboer aldrig sit vindue for at lufte ud

### 6. Kipper du vinduet eller åbner du det helt?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen anvender;

- 6 beboere vinduet på kip
- 4 beboere vinduet helt åbent
- en beboer vinduet i vipper tilstand
- en beboer vinduet i et andet værelse

### 7. Hvor længe har du typisk vinduet stående åbent ifm. udluftning?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har;

- 4 beboere typisk vinduet stående åbent hele dagen ifm. udluftning
- 3 beboere typisk vinduet stående åbent ca. 1 timer ifm. udluftning
- 3 beboere typisk vinduet stående åbent ca. ½ timer ifm. udluftning



- en beboer typisk vinduet stående åbent hele døgnet ifm. udluftning
- en beboer sjældent vinduet stående åbent ifm. udluftning pga. rummets funktionalitet (gæsteværelse)

## 8. Hvor tit bruger du skodderne til mørklægning?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen bruger;

- 9 beboere skodderne til mørklægning hver dag ved sovetid
- en beboer skodderne til mørklægning kun om sommeren
- en beboer sjældent skodderne til mørklægning pga. rummets funktionalitet (gæsteværelse)
- en beboer aldrig skodderne til mørklægning

## 9. Lukker du skodderne helt eller delvist?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen lukker;

- 9 beboere skodderne helt
- 2 beboere skodderne delvist
- en beboer skodderne helt om aften og delvis om formiddagen

## 10. Hvor tit åbner du det yderste glas?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen åbner;

- 7 beboere aldrig det yderste glas (kun for vinduespudsning)
- 2 beboere sjældent det yderste glas
- 3 beboere det yderste glas hver dag

## 11. Hvad er årsagen til at du åbner det yderste glas?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen åbner;

- 6 beboere det yderste glas for at få mere udluftning
- 6 beboere det yderste glas for at pudse vinduet

## 12. Har du forsøgt at pudse yderglasset?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har;

- 7 beboere ikke forsøgt at pudse yderglasset
- 5 beboere forsøgt at pudse yderglasset

### 13. Sover du med vinduet åbent?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen sover;

- 7 beboere med vinduet lukket
- 4 beboere med vinduet åbent
- en beboer kun med vinduet åbent om sommeren

### Spørgsmål om hvordan du bruger skodden sammenlignet med de gamle

### 14. Lufte du oftere ud nu, end før du fik lydskodden?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen lufte;

- 10 beboere ud med samme hyppighed som før
- en beboer oftere ud end før

\*) for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede der før opsætning af lydskodden på vinduet.

### 15. Er dine muligheden for at lufte ud blevet bedre efter at I har fået lydskodden?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen tilkendegiver;

- 7 beboere at muligheden for at lufte ud er blevet bedre efter at de har fået lydskodden
- 4 beboere at muligheden for at lufte ud ikke har ændret sig efter at de har fået lydskodden

\*) for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede der før opsætning af lydskodden på vinduet.

### 16. Bruger du de nye skodder oftere end de oprindelige skodder?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen bruger;

- 10 beboere oftere de nye skodder end de oprindelige skodder
- en beboer de nye skodder med samme hyppighed som før

\*) for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede der før opsætning af lydskodden på vinduet.

### **17. Hvor tilfreds er du med de nye skodders brugervenlighed sammenlignet med de gamle?**

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen er;

- 11 beboere meget tilfredse med de nye skodders brugervenlighed sammenlignet med de gamle

\*) for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede der før opsætning af lydskodden på vinduet.

### **18. Hvor tilfreds er du med de nye skodders mørklægning sammenlignet med de gamle?**

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgen er;

- 10 beboere meget tilfredse med de nye skodders mørklægning sammenlignet med de gamle

\*) for en beboer er spørgsmålet ikke aktuelt da velkommende ikke boede der før opsætning af lydskodden på vinduet., men i øvrigt meget tilfreds med de nye.

### **19. Har du mødt nye udfordringer som du ikke havde med de gamle skodder?**

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgen har;

- 8 beboere ikke mødt nye udfordringer som de ikke havde med de gamle skodder
- 4 beboere mødt nye udfordringer som de ikke havde med de gamle skodder

(Tre af beboerne har nævnt en raslende, irriterende lyd, men det er blevet udbedret. En af beboerne synes at der kommer kondens og at der er dug i køkken)

## Spørgsmål om generelle ændringer og eventuelle ønsker

### 20. Har du oplevet forbedringer i støjniveauet i lejligheden, efter at du har fået lydskodden?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har;

- 11 beboere oplevet markant forbedringer i støjniveauet i lejligheden, efter at de har fået lydskodden
- en beboer ikke oplevet forbedringer i støjniveauet i lejligheden, efter at de har fået lydskodden

### 21. Har lydskodden påvirket dagslyset i din lejlighed?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har lydskodden;

- påvirket dagslyset i 10 beboeres lejlighed
- ikke påvirket dagslyset i 2 beboeres lejlighed

### 22. Har lydskodden haft indflydelse på din trivsel, og i så fald, hvordan?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har lydskodden haft indflydelse på;

- 11 beboeres trivsel (i form af bedre søvn, flere urtepotteplanter i vindueskarmen, mindre stress pga. reduceret støjniveau)
- en beboer oplever ingen ændring

### 23. Hvad synes du om lydskoddens udseende?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen synes;

- 12 beboere godt om lydskoddens udseende;

### 24. Har du udfordringer med lydskodden, og i så fald hvilke?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgelsen har;

- 10 beboere ikke udfordringer med lydskodden
- 2 beboere udfordringer med vindues pudsning af ydersteglas

## 25. Er der funktioner du savner ved din lydskodde?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgen;

- 6 beboere savner ikke funktioner ved lydskodde
- 6 beboere savner funktioner ved lydskodde (som indbygget/integreret vinduespudser funktion, automatiseret lysindfald/justeret lamelfunktion, ekstra knap for at køre vinduerne til venstre og højre i begge sider. Mulighed at vælge farve på indersiden af lydskodden, partikler filter mod luftforurening fra trafik)

## 26. Hvor tilfreds er du samlet set med lydskodden?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgen er;

- 12 beboere samlet set meget tilfredse med lydskodden;

## Spørgsmål om økonomi

### 27. I har fået lydskodden uden udgift for jer. Hvis I skulle betale for lydskodden og den virkning den har, vil I så være parate til at betale 100 kr. mere om måneden i husleje?

Ud af de 12 beboere der deltog i interviewundersøgen vil;

- 9 beboere er parate til at betale 100 kr. mere
- En beboer er parate til at betale 100 kr. mere, hvis han bor mod trafikret vej
- En beboer er parate til at betale 100 kr. mere, hvis det var til stuen hvor vi kan bruge mørklægning om sommeren
- En beboer ikke er parate til at betale 100 kr. mere

## SPØRGESKEMA

### INTRODUKTION

Spørgeskemaet drejer sig om din vurdering af de nye lydskodder. Det består af 5 spørgsmål og det tager ca. 5 minutter at svare.

1. Hvis du tænker på tiden, før lydskodden er monteret, hvor generet eller forstyrret var du så af støj fra vejtrafik, når du var inde i dit hjem?

Svar på spørgsmålet med et tal mellem 0 og 10:

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10  
                             

Slet ikke  
generet

Ekstremt ge-  
nert

2. Hvis du tænker på den seneste tid, efter lydskodden er monteret, hvor generet eller forstyrret er du så af støj fra vejtrafik, når du er inde i dit hjem med lukket vindue og med det yderste glas lukket?

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10  
                             

Slet ikke  
generet

Ekstremt ge-  
nert

3. Hvis du tænker på den seneste tid, efter lydskodden er monteret, hvor generet eller forstyrret er du så af støj fra vejtrafik, når du er inde i dit hjem med åbent vindue og med det yderste glas lukket?

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10  
                             

Slet ikke  
generet

Ekstremt ge-  
nert

4. Hvis du tænker på den seneste tid, efter lydskodden er monteret, hvor generet eller forstyrret er du så af støj fra vejtrafik, når du er inde i dit hjem med åbent vindue og med det yderste glas åbent?

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10  
                             

Slet ikke  
generet

Ekstremt ge-  
nert

5. Hvor tilfreds er du alt i alt med lydskodderne?

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10  
                             

Slet ikke  
tilfreds

Ekstremt til-  
freds

### **Lydskodder til byens støjudsatte boliger**

Formålet med projektet har været at udvikle en lydskodde til støjudsatte boliger langs trafikalt belastede veje. Udviklingsarbejdet resulterede i fremstilling af tre forskellige demonstrationsskodder, der blev monteret på tre vinduer i Folehaven i København. De blev afprøvet i praksis af beboerne og der blev gennemført målinger af lydskoddens evne til at dæmpe trafikstøjen. Resultaterne var positive og efter nogle tilpasninger blev der fremstillet og monteret 42 lydskodder på vinduer i 36 lejligheder.



Miljøstyrelsen  
Tolderlundsvej 5  
5000 Odense C

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)