

## Kort informativ sammenfatning af projektets resultater og konklusioner

### Indledning

Passiv rygning på grund af luftoverføring mellem lejligheder, såkaldt naborøg, er en vigtig sag for mange beboere i etageboliger. Ingen ønsker at blive udsat for lugt og skadelige partikler fra andres tobaksrygning. Der er (byggetekniske) grunde til at antage, at problemet med naborøg især gælder ældre etageboliger. Luft kan blive overført fra én lejlighed til en anden gennem revner i vægge og gulve eller gennem kabelrør, stikkontakter, rør-gennemføringer for vand og varme etc. Desuden kan luft blive overført via trappeopgangen.

Det, som folk generes af og som opfattes som lugt i forbindelse med tobaksrøg, er en kombination af gasformige forureninger og partikler. Dette projekt har fokuseret på partikler, og projektets konklusioner vedrører alene partikelforurening. Gasformige forureninger undersøges i igangværende projekter, og når projekterne er gennemført, vil der foreligge grundlag for yderligere information om tætning af etageadskillelser.

### Resumé

Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, har gennemført et projekt om naborøg og overførsel af partikelforurening mellem lejligheder. Projektet er gennemført med støtte fra Indenrigs- og Socialministeriet (nu Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter), Grundejernes Investeringsfond og Landsbyggefonden, og det havde til formål at undersøge forskellige metoder til at reducere overførslen af luft mellem lejligheder, så risikoen for at blive udsat for passiv rygning nedbringes, og så boligernes luftkvalitet forbedres.

Gennem målinger og beregninger er såvel overførelsesluften mellem lejligheder som risikoen for overførsel af partikelforurening kvantificeret. Desuden er det identificeret, hvordan røg overføres fra én lejlighed til en anden. Endvidere er tre tekniske løsninger til forebyggelse eller reduktion af overførslen af ultrafine partikler fra en kildelejlighed til en eksponeringslejlighed undersøgt. Kildelejligheden var lejligheden, hvori partiklerne genereredes, mens eksponeringslejligheden var lejligheden, hvortil partiklerne fra kildelejligheden overførtes. To af de løsninger blev undersøgt i et antal udvalgte lejligheder, og én af løsningerne blev undersøgt i laboratoriet.

### Målsætning

Projektets idé var at undersøge luftoverføring i renoverede og ikke-renoverede lejligheder for at afklare, om der var typiske problemstillinger vedrørende ventilation og lufttæthed, herunder at bekræfte at en del af ventilationsluften overføres fra andre lejligheder, trapper og lignende. På baggrund af undersøgelserne blev udvalgte tekniske løsninger afprøvet i nogle lejligheder, hvor denne type af problemer har vist sig.

Projektet havde til formål at undersøge, om der i etageboligbebyggelser er typiske problemstillinger vedrørende ventilation og lufttæthed, som kan have indflydelse på luftoverføring mellem lejligheder. Desuden blev det i projektet undersøgt, om en del ventilationsluften i en lejlighed er overført fra andre lejligheder eller fra trappen. Endelig blev udvalgte tekniske løsninger til modvirkning af naborøg afprøvet i nogle lejligheder.

### Metoder

Projektet blev udført i samarbejde mellem SBI som projektleder og fire boligforeninger i Københavns Kommune. Desuden har Københavns Universitet, Center for atmosfæreforskning og Chlamers tekniska högskolan, Installationsteknik, Göteborg været involveret i dele projektets forskellige faser.

Ved undersøgelserne i ikke-renoverede bygninger indgik fire lejligheder, som vist i princip i figur 1. Lejlighed 1 var en kildelejlighed og øvrige lejligheder var eksponeringslejligheder. Ved undersøgelserne i øvrige bygninger anvendtes kun to lejligheder; lejlighed 1 som kildelejlighed og lejlighed 2 som eksponeringslejlighed, jf. figur 1.

## Figur 1. Skitse af en komplet unit.

Projektet var opdelt i to faser:

Den første fase bestod i at udvælge lejligheder i bygninger, som er bygget mellem 1850-1940. Der blev udvalgt 20 etageboliger i 7 bygninger. I dette dokument præsenteres resultaterne af målinger i 5 bygninger. De udvalgte lejligheder var beliggende i to ikke-renoverede og tre renoverede bygninger. Der gennemførtes løbende målinger af ultrafine partikler, temperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> over en uge. Luftoverførsel og overførsel af partikler fra cigaretrøg blev målt i perioder i hver bolig.

Projektets anden fase bestod i at undersøge tre tekniske løsninger til modvirkning af naborøg. Én type luftrensere blev afprøvet i fire bygninger; to ikke-renoverede og to renoverede. I en renoveret bygning blev en forseglingsmetode afprøvet, og endelig blev en teknisk løsning med et særligt luftrensende kanalsystem afprøvet i København Universitets laboratorium..

## Resultater

Tabel 1 til 3 viser målte og beregnede parametre af cigaretrøg i eksponeringslejlighederne. Første kolonne i tabel 1 og 3 viser eksponeringen, dvs. den procentvise andel af de ultrafine partikler, der blev genereret i kildelejligheden, og som blev overført til eksponeringslejligheden.

Eksponeringen, som vises i første kolonne i tabel 2, omfatter overførsel inklusive den reduktion, som skyldes drift af luftrensere (AC = Air Cleaners = luftrensere).

Resultaterne viser, at i de mest kritiske tilfælde var overførslen af ultrafine partikler cirka 9 %, når eksponeringslejligheden lå over kildelejligheden. Overførslen af ultrafine partikler var 1-2 %, når kildelejligheden var på samme etage som, eller over, eksponeringslejligheden. Desuden viser resultaterne, at med en aktiv luftrensere i kildelejligheden, blev overførslen af ultrafine partikler reduceret fra ca. 9 % (uden luftrensere) til ca. 5 % (med luftrensere). Resultaterne viser også, at i eksponeringslejligheden er effekten af luftrenseren uafhængig af, om den anbringes i eksponeringslejligheden eller i kildelejligheden.

Tabel 4 viser resultaterne af tæthedsmålingerne i eksponeringslejligheden med og uden tætning.

Resultaterne viser, at tætningen reducerer luftstrømmen med 16 %.

Koncentrationen af ultrafine partikler blev målt i kildelejligheden, i eksponeringslejligheden og udendørs, før gulvet i eksponeringslejligheden blev forseglet. Beregninger viser, at overførslen af ultrafine partikler fra kildelejlighed til eksponeringslejlighed var omkring 1 %. Resultatet af undersøgelserne viser, at efter tætningen var koncentrationen af partikler i eksponeringslejligheden uafhængig af genereringen af partikler i kildelejligheden.

## Tabel 4. Tæthedsmålinger i eksponeringslejligheden med og uden tætning.

Afprøvningerne af et særligt luftrensende kanalsystem blev gennemført ved seks forskellige driftssituationer, betegnet S1 – S6. Den første kolonne i tabel 5 er en kort beskrivelse af de forskellige scenarier/driftssituationer. Den anden kolonne i tabel 5 viser beregnede tilbageholdelsesgrader af ultrafine partikler. I alle driftssituationer var en cigaret placeret ved indgangen af systemet. Cigaretten blev efterladt brændende i cirka 10 minutter.

Resultaterne af driftssituation S1 til S4, som havde samme betingelser de første 10 minutter viste, at tilbageholdelsesgraden af ultrafine partikler varierede mellem ca. 30 % og 60 % efter cirka 10 minutter, dvs. når cigaretten var brændt ud.

I driftssituation S5, hvor det elektrostatiske filter var slukket fra begyndelsen, var tilbageholdelsesgraden ca. 30 %, og i driftssituation S6, hvor både det elektrostatiske filter og ozongeneratoren var slukket fra begyndelsen, var tilbageholdelsesgraden ca. 60 %.

## Tabel 5. Beregning af tilbageholdelse af ultrafine partikler.

## Konklusion

Resultaterne viser, at ved denne undersøgelse var placering af en luftrensere i eksponeringslejligheden lige så effektiv, som hvis luftrenseren havde været placeret i kildelejligheden. Anvendelse af to luftrenserer i eksponeringslejligheden, medførte en fordobling af fjernelsen af ultrafine partikler.

Isolering af et kilderum i kildelejligheden har stor betydning for spredning af cigaretrøg til andre rum. Isoleringen antages at have tilsvarende betydning for rensning af luft i eksponeringslejligheden.

Tætningsundersøgelsen viste, at der var mange utætheder i eksponeringslejligheden. De fleste utætheder forekom i overgangen mellem væg og gulv, men også selve etageadskillelsen rummer utætheder. Resultaterne af tæthedsmålingerne med og uden tætning af gulvet viste, at i dette tilfælde blev overførslen reduceret med 16 %. Metoden skal videreudvikles og afprøves yderligere, før det er muligt at anbefale metoden, men der er efter alt at dømme vigtige udviklingspotentialer i metoden.

Resultaterne fra det luftrensende kanalsystem viste, at tilbageholdelsesgraden af ultrafine partikler varierede mellem ca. 30 % og 60 %. Luftrenserteknologien er under stadig udvikling for at forbedre systemets ydeevne og den praktiske anvendelse i indeklimaet. Det vil være nødvendigt at foretage detaljerede undersøgelser af teknologier baseret på anvendelse af UV-lamper, ozongenerator, elektrostatiske filter og ozonfilter for at sikre systemets funktionssikkerhed.

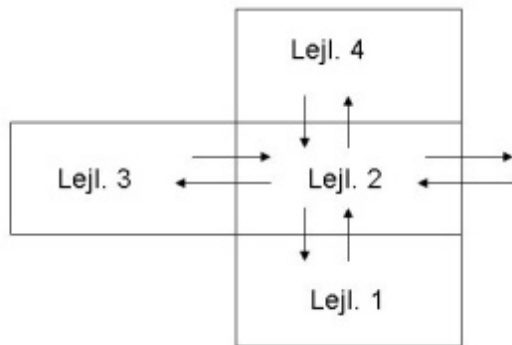
## Hvordan imødegås eksponeringen

Utætheder i etageadskillelser medfører risiko for at tobaksrøg spredes mellem lejligheder. Afhængig af vindforholdene og indregulering af det mekaniske udsugningssystem forekommer der ofte trykforskelle mellem lejligheder, som medfører luftbevægelse og spredning af tobaksrøg. En anden almindelig spredningsvej er via entrédøre til trappeopgangen, hvor der på grund af de termiske drivkræfter opstår en lufttransport fra lejlighed til trappeopgang i de nedre etager, og fra trappeopgang til lejligheder i de øvre etager.

- Den almindelige løsning, når der forekommer forureninger i indeluften, er at fjerne forureningskilden.
- I etageboliger bør der ikke forekomme spredning af forurening mellem lejligheder.
- Risikoen for spredning af tobaksrøg kan mindskes, ved at rygning sker i køkkenet med lukket dør og tændt udsugningsventilator/emhætte.
- Ved brug af luftrenserer i kildelejligheder skal renseren placeres nær kilden for at opnå den største effekt.
- Effekten af at anvende luftrenserer afhænger af forholdet mellem luftmængden, som luftrenseren behandler, og ventilationen i lejligheden eller i rummet, hvor luftrenseren anbringes.
- De fleste luftrenserer reducerer koncentrationen af partikler, mens koncentrationen af gasser kun reduceres i særlige luftrenserer, fx udrustet med kulfilter.
- Kortvarig og kraftig ventilation giver mere effektiv luftudskiftning end at have et vindue permanent på klem.
- Hvis der i lejligheden er mekanisk udsugning, kan funktionen kontrolleres ved at holde et stykke papir op foran udsugningen i bad og køkken. Sug papiret fast, fungerer ventilationen.

- Hold så vidt muligt udeluftventilerne åbne.
- Luftoverføring mellem lejligheder afhænger af over- og undertryk i lejlighederne og af utætheder i ventilationskanaler samt i huset. Tætningsmetoder kan anvendes, men det er vigtigt at alle lækager tættes.

**Figur 1.** Skitse af en komplet unit. Lejl.=Lejlighed



**Table 1.** Beregnet eksponering og målt luftskift i eksponeringslejligheden i bygning A. Bygning A var ikke renoveret.

	Eksponering (Infiltration) i lejl.2 (%)	Luftskifte i lejl. 2 (1/h)
Fra lejl.1 til lejl.2	8,6	0,41
Fra lejl.4 til lejl.2	1,8	0,41
Fra lejl.3 til lejl.2	1,1	0,41

**Tabel 2.** Beregnet eksponering og målt luftskift i eksponeringslejligheden i bygning A. Bygning A var ikke renoveret. Med luftrensere.

	Eksponering (Infiltration inkl. reduktion ved drift af AC) (%)	Luftskifte i lejl. 2 (1/h)
Fra lejl.1 til lejl.2 1 AC i lejl.1	5,0	0,41
Fra lejl.1 til lejl.2 1 AC i lejl.2	4,2	0,41
Fra lejl.1 til lejl.2 2 AC i lejl.2	2,6	0,41

1) Infiltration fra lejlighed 1 til lejlighed 2 uden anvendelse af AC er 8,6 %, jf. tabel 1.

**Tabel 3.** Beregnet eksponering og målt luftskift i eksponeringslejlighed i bygning B, D og E. Bygning B var ikke renoveret, bygning D almindelig renoveret og bygning E total-renoveret.

	Eksponering (Infiltration) i lejl.2 (%)	Luftskifte i lejl. 2 (1/h)
Fra lgh.1 til lejl.2 Bygning B	2,6	0,74
Fra lgh.1 til lejl.2 Bygning D	0,3	0,92
Fra lgh.1 til lejl.2 Bygning E	0,7	0,36

**Tabel 4.** Tæthedsmålinger i eksponeringslejligheden med og uden tætning.

	<b>Luftstrøm gennem utætheder</b>			
	(Med tætn.)	(Med tætn.)	(Uden tætn.)	(Uden tætn.)
Enheder	l/s ved 50 Pa	l/(s, m <sup>2</sup> ) ved 50 Pa	l/s ved 50 Pa	l/(s, m <sup>2</sup> ) ved 50 Pa
Overtryk	342 (± 0.5%)	5.34	405 (± 0.5%)	6.32
Undertryk	319 (± 0.5%)	4.99	361 (± 0.5%)	5.65
Middelværdier	330.5	5.17	383	5.99

**Tabel 5.** Beregning af tilbageholdelse af ultrafine partikler.

<b>Scenario</b>	<b>Beregnet tilbageholdelse af ultrafine partikler (%)</b>
<b>S1:</b> Alle dele arbejder kontinuerligt	40
<b>S2:</b> Slukket ozongenerator efter afbrænding af en cigaret	45
<b>S3:</b> Slukket UV-lys efter afbrænding af en cigaret	59
<b>S4:</b> Slukket elektrostatisk filter efter afbrænding af en cigaret	47
<b>S5:</b> Slukket elektrostatisk filter fra begyndelsen af målingen	30
<b>S6:</b> Slukket UV-lys og ozongenerator fra begyndelsen af målingen	60