



Måling af luftskifte og overføring af luft fra kældre til boliger, Søhusene, Nakskov

Resume: Måling af luftskiftet mellem kældre og beboelser i Søhusene, Nakskov viste – eksemplificeret ved to udvalgte boliger i rækkehuskomplekser med henholdsvis sammenhængende hel åben kælder og halv lukket kælder - at den totale luftudskiftning i boligerne var på henholdsvis 0.62/time og 1.21/time. Herudover viste resultaterne, at der var større overførsel af luft fra boligerne til kældrene end omvendt. På adressen Stjernskærm 6 kom 1,9% af luftskiftet i boligen fra kælderen mens 12,2% af luftskiftet i kælderen kom oppe fra boligen. I Kathale 2 kom 2,2% af luftskiftet i boligen fra kælderen, mens 9,7% af luftskiftet i kælderen kom fra boligen.

ENERGIEFFEKTIVITET, INDEKLIMA
OG BÆREDYGTIGHED
A. C. MEYERSVÆNGE 15
2450 KØBENHAVN SV
SBI.DK
CVR 29 10 23 8 4

+ 45 207 49716
NISSKOV NIELSEN
NIN@SBI.AAU.DK

DATO 22.11.2018
JOURNALNR.: 50119 0/2018 - 202 0

Baggrund: Statens Byggeforskningsinstitut blev i juni 2018 kontaktet af OBH-Gruppen Rådgivende Ingeniører A/S med henblik på at foretage målinger af luftskiftet mellem kældre og beboelser i Søhusene, Nakskov – eksemplificeret ved to boliger med henholdsvis fuld og halv lukket kælder.

Bygningsbeskrivelse: Boligerne er udvalgt af den lokale beboerforening/ejendomsadministration og er beliggende på adresserne: Stjernskær 6 og Kathale 2, med henholdsvis fuld åben kælder og halv lukket (dog med dør til trappe) kælder.

Målingerne af luftskiftet blev foretaget mellem 29-10 og 21-11 dette efterår med PFT-metoden (se nedenfor for beskrivelse). Søhusene består af 13 et-plans rækkehusbebyggelser der er opført i perioden 2015-16 ovenpå ældre fundamenter af etageejendomme fra 1975, der udgør kompleksernes kældre .

Stjernskærm 6 er jf. den udleverede tegning over bebyggelsen angivet til at have et areal på 76,8 m². Den målte værdi ved lasermåling var på 70 m² fraregnet indre vægge og større skabe mv., mens det indre rumfang blev beregnet til 248 m³. Kælderen under boligen blev målt til 55m² svarende til et rumfang på 127 m³. Temperaturen målt med (10 minutter logning) med HOB0-U12-012 datalogger, og var under måle- periode på 21,9 grader i gennemsnit i boligen og på 16,6 grader i gennemsnit i kælderen.

Boligen Kathale 2 er opgivet til 75m² og blev beregnet til 65m² fraregnet indre vægge, skabe mv. med et beregnet rumfang på 198 m³. Kælderen (halv) blev målt til 21m² svarende til et rumfang på 48 m³. Gennemsnitstemperaturen i boligen er målt til 22,6 grader under måleperioden, mens kældrens gennemsnitlige temperatur var på 16,3 grader.

Begge boliger har aktiv ventilation til luft/varmeudveksler placeret i loftrum. Der er ikke nogen direkte forbindelser mellem kældre og boliger (billede 5).

Det er dog vigtigt at bemærke, at kælderen under Stjernskærm 6 i praksis udgør 'en lang kælder på ca. 40*10 meter under hele rækken af boliger i det pågældende kompleks. Kælderen var inddelt i kælderområder under de forskellige boliger a ca. 55 m² i indre mål - men afskærmningen ud til fælles gang under komplekset består af trådnat sådan, at der i praksis er åben luftskifte mellem alle kælderinddelinger. Den tværgående inddeling af kælderrum over midtergangen er fordelt sådan, at den ene halvdel tilhører den aktuelle bolig, mens den anden halvdel tilhører en anden bolig – selv om begge kælderinddelinger ligger under den aktuelle bolig (se billede 1). Begge inddelinger indgår i målinger af luftskiftet under den aktuelle bolig, der



således betragtes som 'en fuld kælder, men som i praksis udgøres af alle kælderrum under komplekset.

Der er placeret et luftindtag i kældrens ene ende og en udsugning i kældrens anden ende (billede 3) under Stjernskærm 6. Derimellem er der placeret to formodet termostatstyrede luftblæsere (billede 2) under den samlede kælders loft, der sørger for luftstrøm/ventilation fra luftindtag til udsugning.

I halvkælderen under Kathale 2 er der placeret et luftindtag på endevæggen (billede 6) og et luftudtag i form af en rørforbindelse til kældrens øvrige områder på modsatte væg (billede 7). Kælderen har dørforbindelse til opgang, og er delvis beliggende under/ved siden af boligen, men uden direkte forbindelse til boligen, idet nedgangen til kælderen er placeret ved siden af beboelsen med selvstændig udgang. Fra nedgangen er der også dørforbindelse til bebyggelsens øvrige kælderområder.

Forbehold: De aktuelle målinger er foretaget i kun to af boligerne fra hver sin blok af rækkehuse. Der kan derfor ikke siges noget om hvorvidt der er et anderledes luftskifte mellem de øvrige boliger og de tilhørende kældre.

Der kan ikke udelukkes revnedannelser mellem boliger og kældre, og heller ikke evt. utætheder i rørgennemføringen mellem boliger og kældre eller andre skjulte forbindelser (se billede 4).

Kvadratmeter og især rumfangsmålingerne i boligerne er behæftet med en vis usikkerhed bl.a. på grund af skabe og lofter til kip samt hvælvede loftdele i form af ovenlysvindueskasser (se billede 5).

Metode: PFT-metoden (PFT: PerFluorcarbon Tracer) er en passiv multisporgasmetode efter konstant-dosering princippet. Sporgas frigives kontinuert og passivt fra nogle små sporgaskilder, mens registrering af den gennemsnitlige sporgaskoncentration i rumluften sker ved passiv opsamling i adsorptionsrør. En sporgaskilde består af et lille metalhylster, som er lukket i den ene ende med en silikoneprop, hvorigennem sporgassen diffunderer med en kendt rate. Et adsorptionsrør består af et glasrør, som indeholder en adsorbent beslægtet med aktivt kul. Adsorptionsrørene analyseres i laboratoriet ved termisk desorption og gaschromatografi. Med PFT-metoden er det muligt at anvende to forskellige sporgastyper samtidigt. Sporgastyperne er Perfluormethylcyclopentan, PMCP og Perfluormethylcyclohexan, PMCH. I praksis er de to typer sporgaskilder kendetegnet ved at være henholdsvis sølvfarvede og røde.

PFT-metoden er udviklet til bestemmelse af ventilationsforholdene i bygninger i brug. I den forbindelse gennemføres målinger med PFT-metoden over en periode. Periodens varighed kan afhængig af måleomstændighederne være fra mindre end et døgn til op til flere uger eller måneder.



Sporgaskilde



Adsorptionsrør

Ved målingerne har der været anvendt:

- 7+6 stk. sporgaskilder type PMCP (sølv) anbragt i beboelserne
- 4+2 stk. sporgaskilder type PMCH (rød) anbragt i kældrene
- 4+4+4+2 samplere i henholdsvis beboelser og kældre. Placering fremgår af oversigtsskemaerne

Målingen er gennemført i perioden 29/10-12/11-2018.

Figurerne nedenfor angiver mængden af sporgas, der ved analysen er fundet i de enkelte samplere – PMCP (sølvgrå) og PMCH (rød). Enheden er [pl].

Analyseudstyrets (metodens) kvantifikationsgrænse er 1-2 pl. Samplere med et analyseret indhold mindre end ca. 2 pl bør betragtes som værende fri for den pågældende sporgastype.

Sampler 3278, der var anbragt i kælderen til Kathale 2, viser en overordentlig stor mængde sporgas både fra kælderen og fra beboelsen. De målte mængder vurderes til at overstige det mulige og indregnes derfor ikke i nedenstående resultater.

Resultater:

Nedenstående fig. 1-2 viser de målte opsamlede sporgasser (i pl) som angiver luftskifte mellem henholdsvis bolig og kælder. Fig. 1 viser resultaterne fra Stjernskærm 6. Fig. 2 viser tilsvarende på Kathale 2. De grå søjler viser de målte mængder fra boligen, mens de røde søjler angiver de målte mængder fra kælderregionen. Første 7 søjlepar tv på fig. 1 og 2 viser de mængder af sporgasser fra bolig (grå) og kælder(røde) målt i boligen, mens de 4 søjlepar th angiver målte sporgasser i kælderregionen fra henholdsvis bolig (grå) og kælder (rød).

På fig. 2 viser de første 6 søjlepar tilsvarende målinger fra boligen, Kathale 2 mens de to søjlepar th viser målinger fra kælderen.

Figurer:

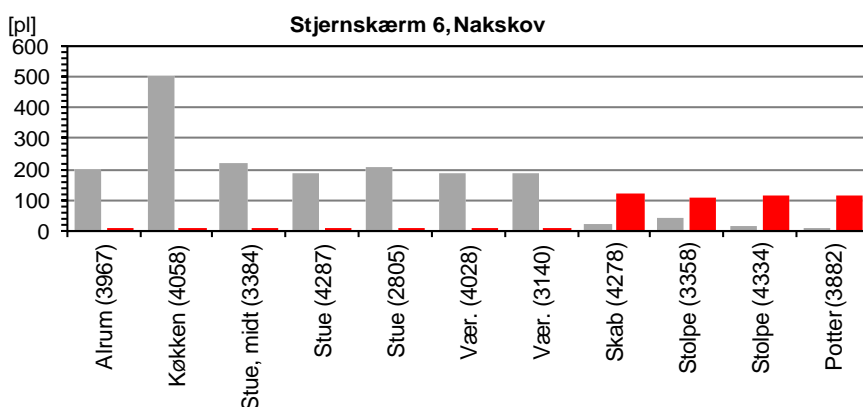


Fig. 1 viser målestørrelser af henholdsvis PMCP (grå) sporgas og PMCH (rød) sporgas målt i pl (picoliter) i henholdsvis bolig (7 søjlepar tv) og kælder (4 søjlepar th) på adressen Stjernskærm 6, Nakskov målt over en 14 dages periode

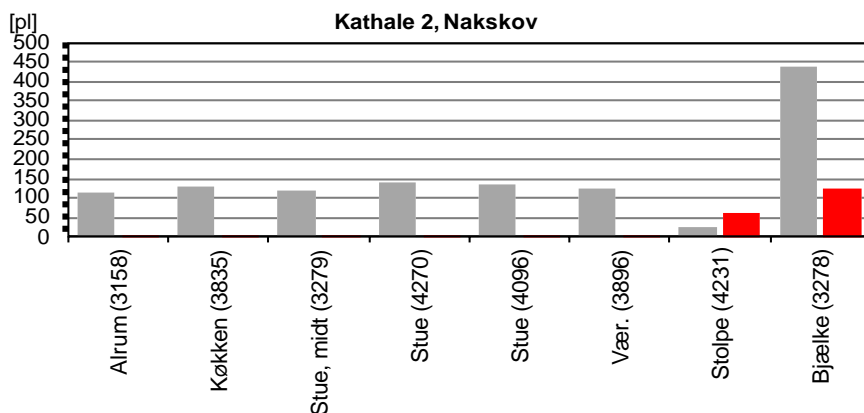


Fig. 2 viser målestørrelser af henholdsvis PMCP (grå) sporgas og PMCH (rød) sporgas målt i pl (picoliter) i henholdsvis bolig (6 søjlepar tv) og kælder (2 søjlepar th) på adressen Kathale 2, Nakskov målt over en 14 dages periode

Af fig. 1-2 fremgår det, at der er overensstemmelse mellem de grå målinger på de respektive adresser – og ligeledes mellem de røde målinger på begge adresser. Dog fraregnet tidligere omtalte sampler 3278 fra kælderen Kathale 2 der ikke indgår i resultaterne. Der er dog en høj måleværdi i boligen på Stjernskærm 6 (4058 køkken), der ligger højere end de øvrige målinger i boligen.

Den højere måling tilskrives placeringen af en gaskilde (tracer) og måler (sampler) 4058 mellem indgangsdør i vindfanget (luftindtag) og køkkenregionen (udsugning). Dette forventes at medføre en højere luftstrøm mellem henholdsvis gaskilde og sampler (måler), hvorfor den pågældende måling ikke indgår i beregningerne.

Af fig 1-2 (og af skema for resultater fra Stjernskærm 6) fremgår det, at ca. 200 pl PMCP (grå) i gennemsnit er målt i boligen på Stjernskærm 6 mens detektion af PMCH (rød) fra kælderen til boligen er under det detekterbare (1-2 pl). Omvendt er detektion af PMCH (rød) i kælderen på omkring 110 pl, mens detektion af PMCP (grå) fra boligen er omkring 25 pl. Samme billede viser sig for Kathale 2 hvor PMCP (grå) målene i boligen i gennemsnit er på ca. 125 pl mens der er målt ca. 7 pl PMCH (rød) fra kælderen til boligen. Målet af PMCH (rød) i kælderen på ca. 62 pl mens der er målt ca. 27 pl (grå) af PMCP fra boligen i kælderen.

Af de målte størrelser på beregningskemaerne fremgår det, at det samlede luftskifte for Stjernskærm 6 var på 0,62/time mens luftskiftet var på 1,21/time for Kathale 2. Endvidere viser resultaterne, at der både var en større absolut og relativ luftstrøm fra bolig til kælder end fra kælder til bolig. Dette gælder på begge adresser (se s. 6 & 7). Resultaterne er justeret for temperaturforskelle og boligstørrelse. De målte resultater for Stjernskærm 6 viser, at ud af de totalt 137,4 m³/time som in-filtreres til boligen, kom de 134,8 m³/time udefra (og via den aktive ventilation), mens 2,6 m³/time kom op i boligen fra kælderregionen. Total luftudskiftningen i kælderregionen var på 110,2 m³/time. Heraf kom de 98,4 m³/time udefra/ventilation mens 11,9 m³/t kom oppe fra boligen. Altså kom



1,9% af luftskiftet i boligen fra kælderregionen mens 12,2% af luftskiftet i kælderen kom oppe fra boligen.

Resultaterne fra Kathale 2 viser tilsvarende, at ud af det totale luftskifte på 222,3 m³/time i boligen kom de 217,8 m³/time udefra/ventilationen, mens 4,9 m³/time kom fra kælderen. Ud af de totale 101,5 m³/time, som er det totale luftskifte i kælderregionen, kom de 80,1 m³/time udefra mens de 21,5 m³/time kom fra boligen. Dette svarer til at 2,2% af luftskiftet i boligen kom fra kælderregionen mens 9,7% af luftskiftet i kælderen kom fra boligen.

Kommentarer: Som nævnt indgik undersøgelser af evt. defekter i betonadskillelse mellem kældre og beboelser samt i rørføringen ikke i undersøgelsen. Trykforhold og konstruktionernes tæthed er alene dokumenteret med sporgasmålinger, og viser en begrænset luftoverføring fra kælder til boliger på ca 2% af boligernes udelufttilførsel. Alt i alt ses der en større luftoverførsel fra bolig til kælder end omvendt, hvilket formentlig skyldes at der skabes et relativt undertryk i kælderne sammenlignet med boligerne baseret på den forholdsvis større (aktive) ventilation pr. m²/m³ i kælderne sammenlignet med boligerne. Den forholdsvis lille luftoverførsel der er fra bolig til kælder kan i den sammenhæng skyldes, at der ind imellem - fx i forbindelse med madlavning hvor der tændes for emhætten – i korte perioder skabes et relativt undertryk i boligen i forhold til det ellers konstante undertryk der er i kældrene i forhold til boligerne.

Sådan læses beregningsskemaerne:

Beregningsskemaerne viser luftskiftet i de respektive boliger og kældre baseret på sporgas udsendelse og opsamling over en 14 dages periode. Skemaerne skal forstås således: I analysedelen (Analysis: zone og emitter data) fremgår hvor meget henholdsvis PMCP (grå) og PMCH (rød) i nanoliter (nl) der udskilles pr. time i måleperioden. De estimerede mængder korrigeres for gennemsnitstemperatur og rumfang det fordeles på.

Herefter sammenholdes disse værdier med de gennemsnitlige målte opsamlingsværdier i henholdsvis bolig og kælder (Average Zone Concentration) som er baseret på et gennemsnit af målinger fra de enkelte samplere (Samplers).

Luftskiftet måles ud fra forholdet mellem den korrigerede udsendelse af sporgas og den mængde der er opsamlet under måleperioden. Det samlede luftskifte i boligen vurderes ud fra mængderne af (PMCP) der er udskilt i boligen og opsamlet i boligen. Luftoverførslen fra kælder til bolig måles ud fra den opsamlede mængde af (PMCH), der er udskilt i kælderen, men målt i boligen. Ligeledes måles det samlede luftskifte fra kælderen ud fra den samlede udskilte og opsamlede mængde af PMCH i kælderen, mens luftoverførslen fra bolig til kælder måles af den opsamlede mængde af PMCP – udskilt i boligen og opsamlet i kælderen. Herudfra udregnes infiltrationen og exfiltrationen og det totale luftskifte (Results) samt hvilke mængder der er overført fra henholdsvis kælder til bolig og fra bolig til kælder (interzone).

Billeder:

SIDE 8 AF 13



Billede 1: Kælder under Stjernskærm 6 – fuld kælder, men viser at der er tale om en stor sammenhængende kælder



Billede 2: Kælder under Stjernskærm 6 – viser bla. varmeblæser i kælderens loft



Billede 3: Viser udsugning i kælderende under Stjernskærm 6



Billede 4: viser rørføring fra boligdelen og ned i kælderen



Billede 5: viser ventilationskanal til varme/luftveksler placeret på loft over beboelse (indgår i begge typer rækkehus). Billedet viser tillige ovenlysvinduesparti i loft samt indgang til loftrum med varmeveksler



Billede 6: viser ventil i kælder under Kathale 2, hvorigennem der indsuges luft udefra



Billede 7: viser rørført (udsugnings) ventil fra kælder under Kathale 2 til den øvrige kælderregion. Enderegionen i denne kælder er ikke undersøgt for aktiv udsugning



Bilag:
Plantegninger: Kathale 2

Lejlighedsplan - Søhusene

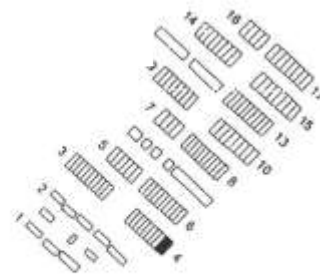
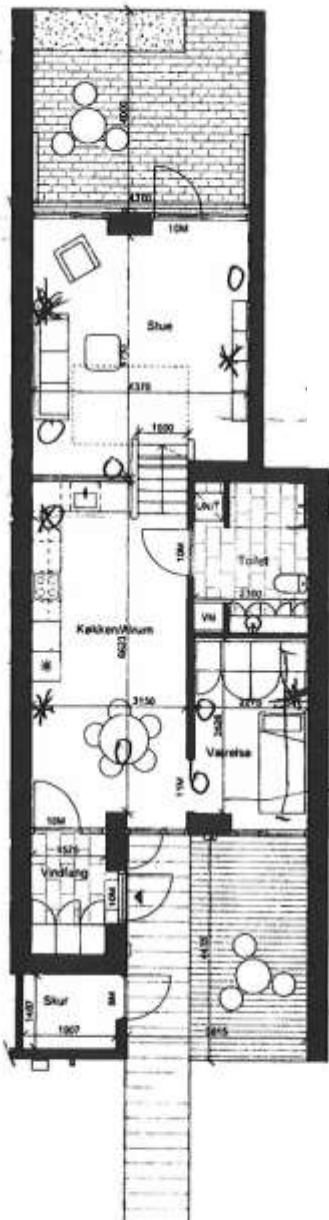
KATTEHALE 2

2 rumms bolig

Boligtype 2-04 Splitlevel
Rev.A

Beliggenhed

Række 4
Lnr. 19 75 kvm
Lnr. 20 80,9 kvm (gavlbolig)



351
352
361 (Cykelvask)

Nakskov Almene Boligselskab



Plantegning: Stjernskærm 6

Lejlighedsplan - Søhusene

STJERNSKÆRM 6

2 rumms bolig

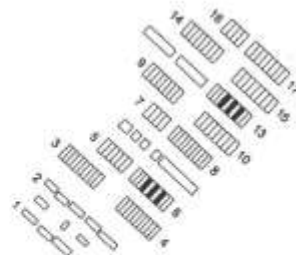


Boligtype 2-02
Rev.A

Beliggenhed

Række 6
Lnr. 30 76,8 kvm
Lnr. 32 76,8 kvm
Lnr. 34 76,8 kvm

Række 13
Lnr. 70 76,8 kvm
Lnr. 72 76,8 kvm
Lnr. 74 76,8 kvm



Nakskov Almene Boligselskab



Måleskemaer:

SIDE 12 AF 13

Måleskema Kathale 2:



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

PFT-measurement

Project-identification: Sphusene Building: Kathale 2 Mechanical air supply
 Start date (day, month, year): 19-10-18 Start time (hour, min): 13.30 Mechanical extraction
 Stop date (day, month, year): 12-11-18 Stop time (hour, min): 11.47 Natural ventilation
 Your name: NiN 1 storey
 2 storey
 Basement
 Fireplace

Zone 1

Zone-identification: Behoelte Number of tracer gas sources: 4 Silver
 Average temperature: 22.6 °C Volume: 198 m³ Temp. logger no.: 10028358 Red
 Orange

Sampler no.	Sampler location	Source location
3158	værelse på skab	Skabsende i værelse
3835	værelse over dørkarm	Billeder i alrum
3279	Lampeshor i alrum	Skabsende i stue
4270	Side af skab i stue	Billeder i stue
4096	Trappevindue (midt)	
3896	Billeder i stue	

Zone 2

Zone-identification: Kølder Number of tracer gas sources: 2 Silver
 Average temperature: 16.3 °C Volume: 48 m³ Temp. logger no.: 10028368 Red
 Orange

Sampler no.	Sampler location	Source location
4231	stolpe	xudheng
3278	Loftbjælke	Anden stolpe



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

PFT-measurement

Project-identification: Sphusene Building: Stjernskærm 6 Mechanical air supply
Start date (day, month, year): 29-10-18 Start time (hour, min): 13¹⁸ Mechanical extraction
Stop date (day, month, year): 12-11-18 Stop time (hour, min): 12³⁸ Natural ventilation
Your name: NiA 1 storey
2 storey
Basement
Fireplace

Zone 1

Zone-identification: <u>Beboelse</u>	Number of tracer gas sources: <u>4</u>	Silver <input checked="" type="checkbox"/>
Average temperature: <u>21,9 °C</u> Volume: <u>248 m³</u>	Temp. logger no.: <u>10028375</u>	Red <input type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/>
<u>3967</u>	<u>Lampeledning i alrum</u>	
<u>4058</u>	<u>side på køkkenskab</u>	<u>ved ur i alrum</u>
<u>3384</u>	<u>Billede midt i stuen</u>	<u>potteplante midt i stuen</u>
<u>4287</u>	<u>Sideskab i stue</u>	<u>ur i stuen</u>
<u>2805</u>	<u>Smidejernslampe i stue</u>	<u>2D-reol værelse</u>
<u>4028</u>	<u>Trahus over seng (værelse)</u>	
<u>3140</u>	<u>Billede v. skab (værelse)</u>	

Zone 2

Zone-identification: <u>Kølder</u>	Number of tracer gas sources: <u>4</u>	Silver <input type="checkbox"/>
Average temperature: <u>16,6 °C</u> Volume: <u>127 m³</u>	Temp. logger no.: <u>10028364</u>	Red <input checked="" type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/>
<u>4278</u>	<u>på skab 5/6</u>	<u>side af skab 5/6</u>
<u>3358</u>	<u>på Stolpe 6/6</u>	<u>på loft rør 6/6</u>
<u>4334</u>	<u>på Stolpe 5/6</u>	<u>på Stolpe v. indgang 5/6</u>
<u>3882</u>	<u>på pater 6/6</u>	<u>på side af retadvinklet 6/6</u>