

JANUAR 2016  
ENERGISTYRELSEN

# SAMMENHÆNGEN MELLEM BOLIGERS ENERGISTANDARD OG FOREKOMST AF SYGDOMME HOS BEBOERNE – ANALYSE BASERET PÅ REGISTERDATA



**COWI**



JANUAR 2016  
ENERGISTYRELSEN

## Sammenhængen mellem boligers energistandard og forekomst af sygdomme hos beboerne - Analyse baseret på registerdata

PROJEKTNR. A069257  
DOKUMENTNR.  
VERSION 1.0  
UDGIVELSESDATO 20//01-2016  
UDARBEJDET ASNN, KJAB, NAN, SLBD  
KONTROLLERET CAG  
GODKENDT MEDG



## Forord

Denne rapport er udarbejdet af COWI for Energistyrelsen som led i initiativet BedreBolig.

Rapporten undersøger, hvorvidt der findes en sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne.

Baggrunden for rapporten er en statistisk analyse af mere end 160.000 energimærkede enfamiliehuse og beboernes sundhedstilstand i perioden 2006 til 2014. Analysen baserer sig på detaljerede registerdata om de energimærkede boligens fysiske forhold og beliggenhed i forhold til lokal luftforurening samt beboernes sundhedstilstand og socioøkonomiske forhold.

Rapporten er udarbejdet i perioden fra april 2015 til december 2015. COWI er alene ansvarlig for indholdet af rapporten og dens konklusioner.



## INDHOLD

Sammenfatning		9
1	Kan vi forvente en sammenhæng mellem energistandard og sundhed?	19
1.1	Sammenhæng mellem indeklima og sundhed	19
1.2	Mulig sammenhæng mellem energimærke og indeklima	21
1.3	Beboernes sundhedsmæssige tilstand og adfærd har betydning for forekomsten af sygdomme	23
1.4	Analysens hypoteser	24
2	Kan vi finde en sammenhæng mellem energistandard og sundhed?	27
2.1	Sådan er undersøgelsen lavet	27
2.2	Svagt sammenfald mellem energimærke og sundhed	31
3	Vores statistiske metode	43
4	Litteratur	47

## BILAG

Bilag A	Tekniske data og beskrivelser
---------	-------------------------------





## Sammenfatning

Mange husejere gennemfører hvert år energiforbedringer af deres huse og opnår dermed en lavere energiregning. Energiforbedringer og opførelse af boliger med forbedret energistandard har imidlertid også andre gevinster end energibesparelser. Vi ved således, at der ofte er betydelige komfortforbedringer forbundet med mange energiforbedringer af huse (NIRAS, 2015).

Imidlertid mangler der viden om, hvordan energirenoveringerne og bedre energistandarder i boliger påvirker vores helbred i form af forekomst af egentlige sygdomme. Disse ikke-energimæssige konsekvenser af boligens energistandard i eksisterende boliger er undersøgt i denne rapport. Som baggrund for rapporten er der gennemført en række statistiske analyser af forekomsten af indikatorer på indeklimarelaterede sygdomme, og forekomsten af disse sygdomme for beboere er blevet undersøgt på tværs af boliger med forskellige energimærker.

Efter vores viden er det første gang, der er gennemført en omfattende registerbaseret undersøgelse af sammenhængen mellem forekomsten af indeklimarelaterede sygdomme og energimærker i Danmark. Tidligere og igangværende danske epidemiologiske studier af indeklima og forekomsten af sygdomme i befolkningen er primært baseret på spørgeskemaundersøgelser eller detaljerede studier af specifikke aspekter af indeklimaet, ofte i en mindre stikprøve (se f.eks. Center for Sundhed og Indeklima i Boliger (CISBO)<sup>1</sup>, 2015, Andersen og Toftum, 2013, samt Kolarik, 2015).

Vi har i analysen inddraget omfattende og detaljerede oplysninger omkring boligen, dens beliggenhed i forhold til påvirkning fra lokal luftforurening samt beboernes socioøkonomiske forhold. Analysens resultater skal dog stadig tolkes med væsentlige forbehold, givet at det ikke har været muligt at inddrage oplysninger relateret til beboernes adfærd og livsstil, og at energimærket er en tilnærmet indikator for indeklimaet, der ikke fuldstændig kan træde i stedet for faktiske målinger af indeklimaet. Inddragelse af disse oplysninger i fremtidige undersøgelser må forventes at kunne påvirke resultaterne.

---

<sup>1</sup> CISBO er et oprettet og finansieret af Realdania med det formål at frembringe og formidle forskningsbaseret viden om, hvordan vi kan skabe et sundere indeklima i boliger. Centret består af ledende forskere fra Danmarks forskningsinstitutioner på indeklimaområdet.

## Hvad bør vi forvente os af undersøgelsen?

Ifølge en undersøgelse fra Sundhedsstyrelsen (2005) tilbringer danskerne i dag 80-90 pct. af deres tid indendørs (se også Fernandes m.fl., 2009). Derfor har kvaliteten af indeklimaet også stor betydning for vores sundhed (Gunnarsen, 2011).

God ventilation af boliger er centralt for opretholdelsen af et godt indeklima (se bl.a. Frisk m.fl., 2009). Med dårligere ventilation af en bolig følger også en række helbredsmæssige udfordringer, såsom astma, allergi og øvrige sygdomme i åndedrætsorganerne (Gunnarsen 2011, Bornehag m.fl. 2005, Andersson 2008, CISBO 2015, Frisk m.fl. 2009, Sundhedsstyrelsen 2005 og Callesen m.fl. 2014).

Emnet har ikke kun været af dansk interesse. I en række internationale studier har påvist, at der er en sammenhæng mellem forbedret ventilation og bedre sundhed (se bl.a. Sundell m.fl. 2011). Ikke alle internationale studier kan overføres til danske forhold, da byggestandarden og den generelle levestandard i Danmark generelt er meget høj, og færre personer er berørt af luftvejs- og kulderelaterede sygdomme. For eksempel er såkaldt *fuel poverty*, hvor boligen ikke varmes op på grund af lav indkomst, ikke udbredt i Danmark. Brug af åben ild indendørs og lignende forhold, der påvirker fugtkoncentrationen og luftforureningsniveauet indendørs spiller ligeledes en beskedent rolle i Danmark i modsætning til f.eks. mange lav- og mellemindkomstlande (se bl.a. Liddell og Morris, 2010, Andersen og Toftum, 2013, samt Mzavanadze m.fl., 2015).

Hvordan indeklimaet relaterer sig til boligens energistandard og energimærkningen er imidlertid en kompleks sag. Nyere boliger med højt energimærke<sup>2</sup> (energimærkerne A og B) har typisk en høj grad af isolering. For at sikre stabil udskiftning af luften i boligen, mindske varmetabet forbundet med ventilation og et godt indeklima er der som regel også installeret mekanisk ventilation. Ventilationssystemet bør imidlertid løbende vedligeholdes, hvilket ikke alle boligejere er opmærksomme på.

I ældre boliger (energimærkerne E, F og G) er der ofte mindre isolering. Samtidig sker ventilationen i ældre boliger ofte naturligt gennem tilsigtede aftræk samt sprækker og utætheder i bygningens konstruktion. Det medfører en højere varmeregning, men tillader til gengæld også, at en vis mængde frisk luft strømmer gennem boligen. Til gengæld vil ældre boliger i højere omfang forventes at være præget af kuldebroer, træk og fugt i konstruktionerne.

Endelig findes en række boliger i midten af energimærkespektret (energimærkerne C og D) som både kan have gode eller dårlige indeklimaer. Særligt kan der være problemer med boliger, hvor der bliver udført energirenoveringer og samtidige tætninger (f.eks. nye vinduer), uden at der samtidig sørges for tilstrækkelig ventilation. Her bliver boligerne afhængig af manuel ventilation, hvilket betyder, at ventilationen ikke sker automatisk, men er betinget af, at beboerne tilegner sig nye udluftningsvaner.

Dette fører frem til tre hypoteser for sammenhængen mellem boligens energistandard og beboernes sundhed, som fremgår nedenfor.

## Undersøgelsens hypoteser

---

<sup>2</sup> Energimærkeordningens skala beskrives i Kapitel 1.

Med udgangspunkt i ovenstående er det således uklart, hvorvidt beboere i boliger med højere eller lavere energistandard forventes at være mere eller mindre syge. Afhængigt af, hvilke faktorer der dominerer, opstilles følgende tre hypoteser:

- 1 Boliger med højere energistandard (energimærkerne A og B) forventes at have et bedre indeklima og dermed bedre sundhed for beboerne.
- 2 Beboere i boliger med høj energistandard (energimærkerne A og B) samt lav energistandard (energimærkerne E, F og G) forventes at have bedre indeklima og derved bedre sundhed for beboerne.
- 3 Der findes ingen entydig sammenhæng mellem boligens energistandard og beboernes sundhedstilstand.

### Kan der findes en sammenhæng mellem energistandard og forekomsten af sygdomme?

I undersøgelsen er der udvalgt en række sundhedsindikatorer, der alle relaterer sig til indeklima. Sundhedsindikatorerne bruges til at belyse, om beboerne er mere eller mindre syge, afhængigt af hvilken energistandard deres bolig har. Der er udvalgt følgende indikatorer til at fortælle om forekomsten af sygdomme blandt beboerne: KOL, astma, receptpligtig medicin til sygdomme i åndedrætsorganerne, sygdomme i øvre luftveje, sygdomme i nedre luftveje samt kontakt til praktiserende læge og sygehusvæsen.

I undersøgelsen analyseres det, hvor hyppigt de udvalgte sundhedsindikatorer der relaterer sig til dårligt indeklima, optræder hos beboere fordelt på energimærkningsskalaen fra A til G.

Overordnet viser undersøgelsen to tendenser.

- › Der er *ikke* fundet en entydig sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomst af sygdomme hos beboerne. Den manglende entydighed skyldes en række forhold. *For det første* afspejler energimærkerne ikke fuldstændig boligens faktiske indeklimaforhold. *For det andet* er påvirkningen fra boligens energistandard på tværs af de undersøgte sundhedsindikatorer ikke ens. *For det tredje* er påvirkningen fra boligens energistandard og indeklima kun én komponent ud af mange i en persons samlede sundhedsbillede. Samlet giver alle disse faktorer anledning til en masse støj i undersøgelsen, der gør det sværere at påvise en entydig sammenhæng.
- › Undersøgelsen viser dog, at der kan findes enkelte tegn på sammenfald mellem boligernes energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne. Det gælder for beboere, der modtager receptpligtig medicin for sygdomme i åndedrætsorganerne, eller som har kontakt til praktiserende læge. Her findes sandsynligheden for, at beboerne har bedre sundhedstilstand i overensstemmelse med én af hypoteserne at være højere i boliger med enten højt energimærke (energimærkerne A og B) eller lavt energimærke (energimærkerne E, F og G). For kontakter til sygehusvæsen og KOL-patienter ses en relativt bedre sundhedstilstand for beboere med højt energimærke.

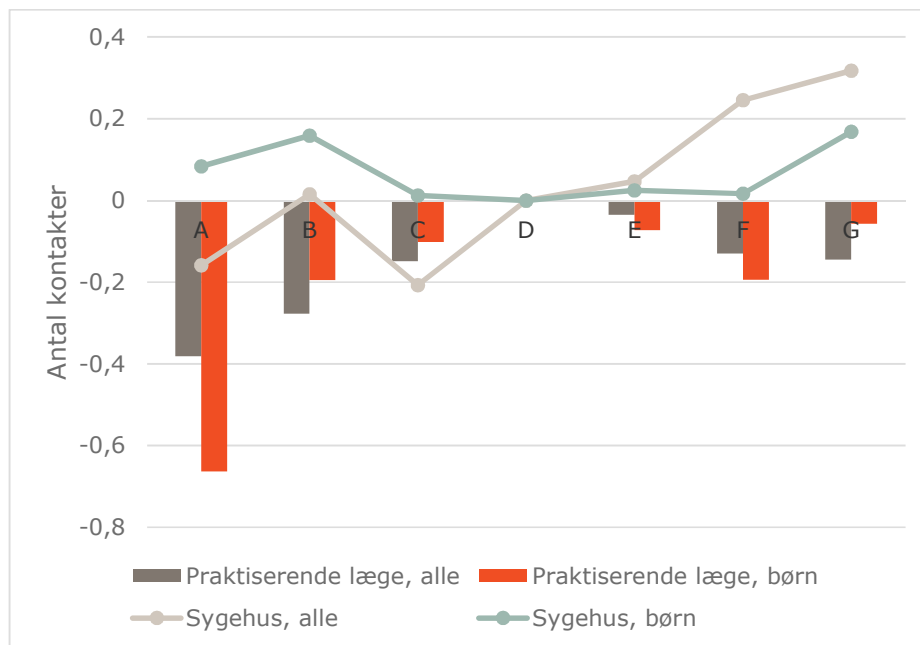
Der er i undersøgelsen arbejdet med to populationer. Denne er udgør alle personer i aldersgruppen 0-70 år, mens den anden fokuserer på børn og indeholder børn under 10 år. Disse betegnes gennemgående i rapport som hhv. alle og børn. Med undtagelse af KOL er undersøgel-

sen foretaget for begge aldersgrupper for alle undersøgte sundhedsindikatorer. Figur 1 nedenfor viser, hvordan sammenhængen mellem en boligs energistandard og beboernes kontakt til praktiserende læge og sygehusvæsen ser ud. Figuren viser antal kontakter til sundhedsvæsenet for beboere i boliger med forskellige energimærker, sammenlignet med beboere i D-mærkede boliger. Man kan f.eks. se, at et typisk barn i en A-mærket bolig er 0,1 gang mere på sygehuset end et barn i en D-mærket bolig.

Figur 2 nedenfor tegner et billede af sammenhængen mellem en boligs energistandard og sandsynligheden for, at beboere har en af de nævnte sygdomme, der relaterer sig til i åndedrætsorganerne. Figuren viser den relative sandsynlighed for at være diagnosticeret eller modtage medicin til sygdomme i åndedrætsorganerne målt i forhold til en D-mærket bolig. Det ses f.eks., at en person i en A-mærket bolig har 1,2 procentpoint mindre sandsynlighed end en person i en D-mærket bolig for at være diagnosticeret eller modtage medicin for en sygdom i åndedrætsorganerne.

Som de store udsving i Figur 1 og Figur 2 illustrerer, tegner der sig langt fra et entydigt billede af en sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne. Tendenser og sammenfald diskuteres i næste afsnit.

Figur 1: Sammenhæng mellem energimærker og kontakter til praktiserende læge og sygehus for børn og alle

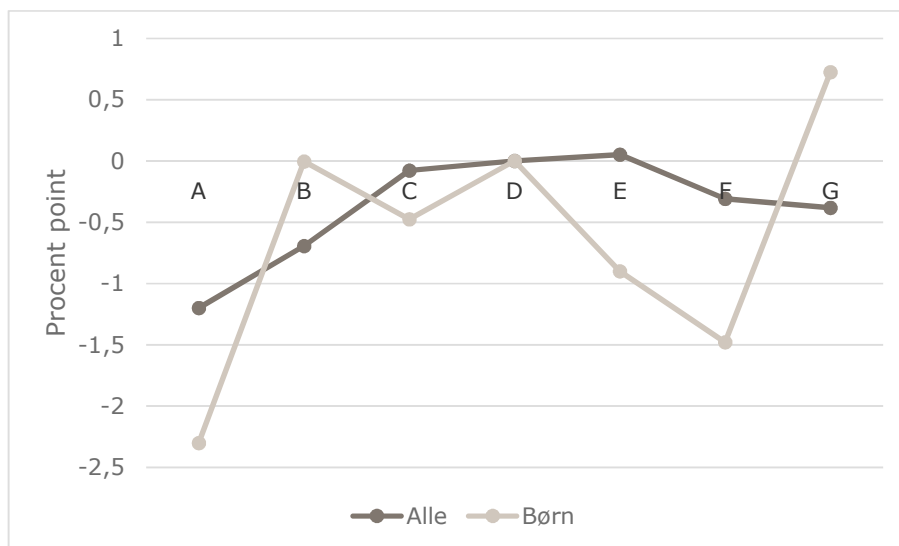


Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. De signifikante parametre er for praktiserende læge: A, B, C, F og G for aldersgruppen 0-70 år (alle) og A og F når der udelukkende fokuseres på børn under 10. For kontakter til sygehus er signifikante parametre C, F og G for alle og B og G for børn. Det gennemsnitlige antal kontakter til henholdsvis praktiserende læge og sygehus er for alle 9 og 3 og for børn 7 og 1.

Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI.

Figur 2: Sammenhæng mellem energimærker og sygdomme i åndedrætsorganerne.



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. Sygdomme i åndedrætsorganer er opgjort som sygdomme relateret til hhv. astma, KOL, sygdomme i øvre og nedre luftveje, samt hvorvidt en given person modtager receptpligtig medicin til åndedrætsorganer. De signifikante parametre er for alle boliger med energimærkerne A og B og for børn under 10, der bor i boliger med energimærkerne A, E og F. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at have en sygdom i åndedrætsorganerne/anvende receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne er henholdsvis 20 pct. for alle og 27 pct. for børn under 10 år.

Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI.

## Tegn på sammenfald mellem boligens energistandard og enkelte sundhedsindikatorer

Selv om Figur 1 og Figur 2 samlet set ikke entydigt understøtter nogle af undersøgelsens tre hypoteser, kan man dog ved nærmere granskning af fire af de undersøgte sundhedsindikatorer finde et sammenfald mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne. Det gælder beboernes kontakt til praktiserende læge og sygehusvæsen samt sygdomme i åndedrætsorganerne og KOL.

Figur 1 viser, at beboere i boliger med et energimærke i toppen eller bunden af skalaen har en smule mindre kontakt til praktiserende læge end beboere i boliger med energimærker i midten af spektret. Det samme gælder for børn. Således har børn i A-boliger i gennemsnit 0,7 færre besøg hos lægen om året end børn i D-boliger. En mulig forklaring på sammenfaldet kan være, at beboere i boliger med disse energimærker sjældnere oplever Sick Building Syndrome (SBS)<sup>3</sup>, fordi deres bolig er bedre ventileret og dermed har et bedre indeklima.

For kontakter til sygehus understøttes hypotesen om, at boliger med bedre energistandard har bedre indeklima og derved bedre sundhed for boligens beboere. Der ses således en stigning i antallet af kontakter for beboere i boliger med lavere energistandard. Således har beboere i G-boliger i gennemsnit 0,3 flere kontakter til sygehusvæsenet om året end beboere i D-boliger. På

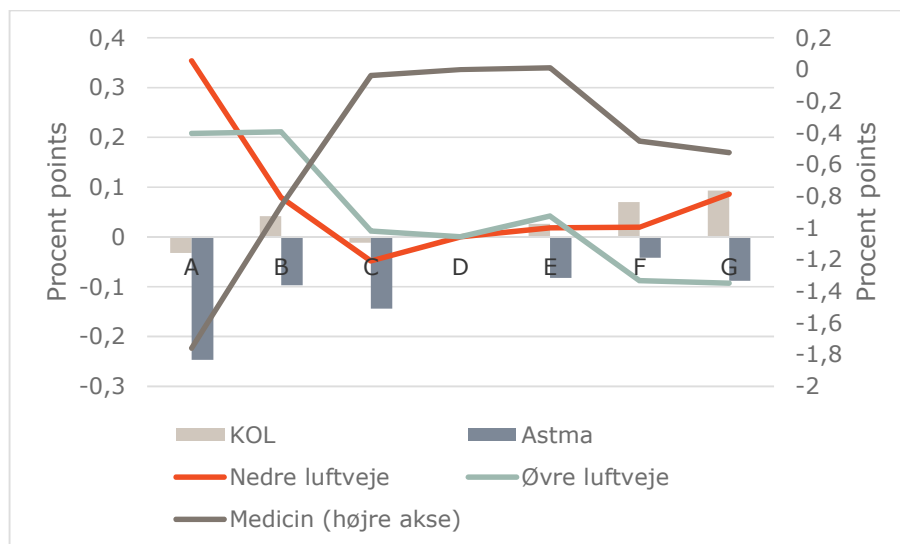
<sup>3</sup> SBS refererer typisk til en række uspecificerede sygdomme, såsom f.eks. træthed, hovedpine, koncentrationsbesvær og irritation af øjne, næse og hals.

grund af manglende inddragelse af data om beboernes adfærd og livsstil, er det dog ikke muligt at fastslå, om denne sammenhæng er kausal.

Også i Figur 2 viser der sig et svagt sammenfald mellem energimærke og andelen af beboere med sygdomme i åndedrætsorganerne. Her ser beboere i boliger med energimærke A og G ud til i mindre grad at være udsat for sygdomme i åndedrætsorganerne. Beboere i en A-bolig har således 1,2 procentpoint mindre sandsynlighed for at have en sygdom i åndedrætsorganerne end beboere i en D-bolig.

Kurven for børn ser mere ujævn ud, med mange udsving i begge retninger, og generelt kan der for de fleste energimærker ikke påvises en signifikant forskel i sandsynligheden for at have en sygdom i åndedrætsorganerne set i forhold til beboerne i en D-mærket bolig. De samlede data over sammenhængen mellem energistandard og sygdomme i åndedrætsorganerne, som de blev præsenteret i Figur 2, dækker dog over en betydelig variation de enkelte sygdomme imellem (se Figur 3).

Figur 3: Sammenhæng mellem energimærke og sygdomme relateret til åndedrætsorganer



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus og angiver resultater for personer i aldersgruppen 0-70 år. Signifikante parametre er for KOL, E, F og G, for nedre luftveje A, for medicin til åndedrætsorganerne, A, B, F og G, for astma C, og for øvre luftveje er ingen parameterestimer signifikante. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at være diagnosticeret for en sygdom relateret til åndedrætsorganerne for aldersgruppen 0-70 år er for KOL 0,7 pct., for nedre luftveje 2 pct., for medicin til åndedrætsorganerne 16 pct. for astma 2 pct. og for øvre luftveje 3 pct. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed, samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI.

Figur 3 er en udspecificering af Figur 2 og viser, hvordan den relative sandsynlighed for at beboerne har én af de forskellige sygdomme fordeler sig på energimærkerne. Af Figur 3 fremgår det, at det primært er sygdomme, der kræver receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne, som ser ud til i en vis grad at være sammenfaldende med antagelsen om, at boliger med godt indeklima placerer sig i den høje eller lave ende af energimærkeskalaen.

For KOL understøttes hypotesen om, at boliger med bedre energistandard har bedre indeklima og derved bedre sundhed. Sammenholdes dette med sundhedsindikatorer for kontakt til prakti-

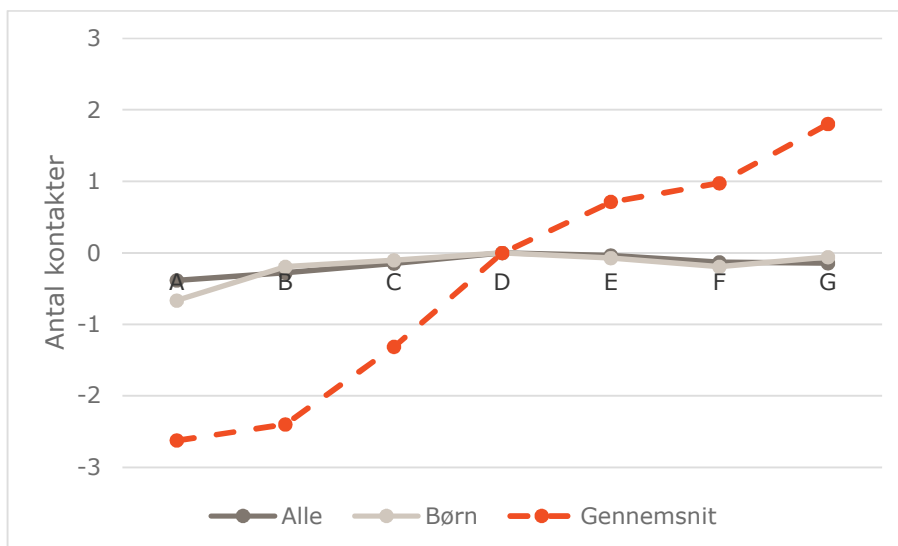
serende læge og sygehuse, tegner der sig et billede af, at boliger med bedre energistandard især slår ud i forhold til de mere 'tunge' sundhedsindikatorer (KOL og kontakt til sygehus), mens hypotesen om, at et godt indeklima er sammenfaldende med enderne af energimærkespektret, understøttes af sundhedsindikatorer, der spænder bredere og fanger "lettere" sygdomme og 'Sick Building Syndrome', (forbrug af medicin til åndedrætsorganerne samt kontakt er til praktiserende læge). De øvrige sundhedsindikatorer for sygdomme relateret til åndedrætsorganer viser i vid udstrækning, at der ikke kan findes en forskel på beboernes sundhedstilstand og boliger med forskelligt energimærke, da der i høj grad ikke findes en signifikant forskel i sygeligheden på tværs af de forskellige energimærker.

### Inddragelsen af kontrolvariable har stor betydning

I undersøgelsen tages som allerede nævnt forbehold for manglende oplysninger vedrørende adfærd og livsstil for de undersøgte personer. Ikke desto mindre viser undersøgelsen, at de medtagne socioøkonomiske variable opfanger en del af variationen i sundhed på tværs af energimærkerne.

Den røde stiplede linje i Figur 4 viser de gennemsnitlige antal kontakter til praktiserende læge, målt i forhold til en D-mærket bolig, hvor der ikke er korrigeret for boligens øvrige karakteristika og beboernes socioøkonomiske forhold. De øvrige linjer viser resultaterne, hvor der er korrigeret for disse forhold. Det fremgår tydeligt, at hvis der udelukkende ses på sammenhængen mellem energimærker og beboernes sundhed, uden at tage hensyn til hvilke personer der bor i hvilke boliger, ville effekten af at bo i en bolig med bedre energistandard blive overvurderet. Da vi ydermere ved, at f.eks. socioøkonomiske forhold kun er en approksimativ tilnærmelse for det enkelte individs faktiske adfærd, livsstil og sundhedstilstand, må det forventes, at inddragelse af disse oplysninger vil påvirke undersøgelsens resultater yderligere. I hvilken retning vides ikke.

Figur 4: Sammenhæng mellem energimærker og antal kontakter til praktiserende læge



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. For aldersgruppen 0-70 år er samtlige parametre undtaget E signifikante. For børn under 10 år er A og F signifikante. Gennemsnittet angiver det ubetingede gennemsnitlige antal kontakter til praktiserende læge for hvert energimærke relativt til en D-mærket bolig. Det samlede gennemsnitlige antal kontakter til praktiserende læge er for alle 9 årlige kontakter, og for børn 7 årlige kontakter. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI.

## Undersøgelsens begrænsninger

En persons sårbarhed over for påvirkninger i boligens indeklima og personens generelle sundhedstilstand er betinget af en række faktorer, såsom alder, køn, genetisk disposition, tidligere sygdom samt personens adfærd og livsstil i og uden for boligen (Gunnarsen m.fl., 2006). For i videst muligt omfang at tage højde for disse forhold er der i undersøgelsen inkluderet en række variable, som vedrører den enkelte persons socioøkonomiske forhold. Derudover er en række forhold relateret til boligens beskaffenhed samt det lokale luftforureningsniveau inddraget for på bedst mulig måde at korrigere for boligens karakteristika uden at foretage eksakte målinger på den enkelte bolig. Alligevel er der en række forhold, der i undersøgelsen ikke inddrages og justeres for. Af Figur 5 nedenfor fremgår det, hvilke forhold undersøgelsen tager højde for, og hvilke der ikke er omfattet.



Figur 5: Oversigt over undersøgelsens afgrænsning

Forhold, undersøgelsen tager højde for	Forhold, undersøgelsen tager delvist højde for	Forhold, undersøgelsen ikke tager højde for
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boligens ventilations- og isoleringsforhold</li> <li>• Boligens beliggenhed i forhold til lokal luftforurening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beboernes forventede adfærd</li> <li>• Beboernes forventede livsstil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beboernes faktiske adfærd</li> <li>• Beboernes faktiske livsstil</li> </ul>

Kilde: COWI

På den baggrund er undersøgelsens resultater generelt behæftet med usikkerhed grundet manglende viden omkring både boligens faktiske indeklima samt beboernes faktiske sundhed, sårbarhed, adfærd, livsstil mv.

En manglende entydig statistisk sammenhæng mellem energimærke og sundhed kan således både skyldes, at der ikke i tilstrækkeligt omfang korrigeres for, hvem der bor i hvilke boliger, og hvordan de opfører sig, samt det forhold at der måske ikke er nogen sammenhæng mellem energistandarder og beboernes sundhedstilstand. På den baggrund kan vi ikke konkludere, i hvilken retning resultaterne ville falde ud, hvis vi havde bedre data om boligerne og boligernes beboere.

Hvad beboernes adfærd og livsstil angår, har det desværre ikke været muligt at inddrage specifik viden om beboernes adfærd i boligen og deres generelle livsstil i undersøgelsen. Ved undersøgelsens iværksættelse var det forventet, at der kunne opnås adgang til data om beboernes selvrapporterede helbred. Disse data (arbejde, motion, rygning m.v.) kunne have belyst beboernes adfærd og livsstil yderligere. Sådanne forhold må forventes at have stor indflydelse på beboernes sundhed, og inddragelsen af de nævnte data ville således med stor sandsynlighed have forbedret undersøgelsen.

Tilbage står imidlertid, at hvis der er meget entydige tendenser i forholdet mellem boligens energistandard og beboernes sundhedstilstand, vil det formentlig blive opfanget i undersøgelsen på det eksisterende datagrundlag, ovennævnte forbehold til trods.



# 1 Kan vi forvente en sammenhæng mellem energistandard og sundhed?

Mens få vil sætte spørgsmålstegn ved energirenoveringers og mere energieffektive boligens betydning for en boligs energiforbrug, er vores viden om konsekvenser af boligens energieffektivitet for indeklimaet og beboernes sundhed mere begrænset. Spørgsmålet er, om energirenovering og opførelsen af mere energieffektive boliger også kan have sundhedsmæssige konsekvenser.

Formålet med denne undersøgelse er at se nærmere på, hvorvidt der findes en empirisk sammenhæng mellem en boligs energistandard og beboernes sundhed. For at undersøge dette vil der i dette kapitel blive set nærmere på den mulige teoretiske sammenhæng mellem energimærkninger og sundhed. Man kan forestille sig sammenhængen således:



Mens der i litteraturen findes teori for sammenhæng mellem indeklima og sundhed, er sammenhængen mellem, hvilke konkrete indeklimaforhold boligens energimærke påvirker, og derved hvilken effekt energistandarden kan have på sundhed, mindre belyst. På baggrund af den eksisterende viden og forventninger til sammenhæng mellem henholdsvis boligens energimærke, indeklimaet og beboernes sundhed opstilles en række hypoteser, som empirisk belyses i Kapitel 2. For at opstille hypoteserne ses først på sammenhængen mellem indeklima og sundhed, og dernæst på sammenhængen mellem energimærke og indeklima.

## 1.1 Sammenhæng mellem indeklima og sundhed

At undersøge sundhedskonsekvenser af indeklima er både komplekst og udfordrende. Både en boligs indeklima og beboernes sundhedstilstand influeres af en lang række faktorer, der ikke let lader sig adskille og er svære at isolere. Hvad der præcist er årsagen til, at mennesker reagerer og bliver syge, som de gør, kan således være svært at forklare, men en række studier knytter dårligt indeklima til infektionssygdomme, kræft, hjertekarsygdomme, forværring af astma og allergi, samt en række mildere symptomer relateret til træthed, hovedpine, hudirritation, slimhindesyntomer i øjne og luftveje mv. (Sick Building Syndrome, (SBS)), se blandt andet Gunnar-

sen m.fl. (2006) samt Andersson (2008). En årsag til dette kan være lavt luftskifte i boligen, som følge af utilstrækkelig ventilation (se bl.a. Andersson 2008, Bornehag m.fl. 2005, Sundell 2011, Dimitroulopoulou 2012, Bekö m.fl. 2010).

Der findes en række indeklimafaktorer, der kan påvirke beboernes sundhedstilstand. Disse inkluderer blandt andet<sup>4</sup>:

- › Allergener fra husstøvmider, pelsdyr og pollen
- › Skimmelsvampe
- › Bakterier og endotoxiner<sup>5</sup>
- › Partikel- og tobaksrøgsforurening
- › Kemiske forbindelser
- › Asbest og radon
- › Lugte
- › Støj
- › Temperatur og træk.

Undersøgelser har vist, at luften inde i boliger ofte indeholder op til 20 gange så mange kemikalier og forurenede stoffer, som luften udenfor (Fernandes m.fl., 2009). Desuden opstår der i boliger med lav ventilation ofte et dårligt indeklima i form af høj luftfugtighed, begrænset luftcirkulation, forhøjet CO<sub>2</sub>-koncentration samt tilstedeværelsen af svamp og allergener.

Dårligere luftkvalitet betyder som regel en øget forekomst af husstøvmider, skimmelsvamp og anden bygningsødelæggende svamp (Gunnarsen, 2011). Alt dette kan være med til at påvirke beboernes sundhedsmæssige tilstand typisk i form af sygdomme relateret til luftveje og lunger (Gunnarsen, 2011, Bornehag m.fl. 2005<sup>6</sup>, Andersson 2008, CISBO 2015, Frisk m.fl. 2009, Sundhedsstyrelsen 2005 og Callesen m.fl. 2014).

Fugtproblemer opstår typisk i boligen som følge af manglende eller forkert vedligeholdelse. Særligt for ældre boliger, der typisk har en lav energistandard og lavt energimærke, kan fugtproblemer skyldes skader og nedslidte konstruktioner. Fugtskader og smitte med infektionssygdomme kan i nogen grad forebygges ved effektiv ventilation (Gunnarsen m.fl., 2006). Endelig har det stor betydning, hvordan boligens klimaskærm er konstrueret, og om der er samspil med boligens øvrige ventilationsforhold. Dårligt konstruerede klimaskærme kan lede til problemer med fugt og skimmelsvamp, såfremt der ikke i tilstrækkelig grad sikres ventilation. Dette formo-

---

<sup>4</sup> Se Gunnarsen m.fl., 2006 for uddybning

<sup>5</sup> Endotoxiner er komponenter af gram-negative bakteriers cellevægge, som er til stede i væsentlige koncentrationer i indeklimaet som støv og som luftbårne partikler. Der henvises til Gunnarsen m.fl., 2006 for uddybning.

<sup>6</sup> Undersøgelsen tog udgangspunkt i lavt ventilerede boligens indflydelse på børns sundhed med fokus på astma og allergiske symptomer.

des at være et relativt større problem for boliger med lav energistandard, der energirenoveres, end nyere boliger, hvor klimaskærmen og ventilationsforhold i højere grad er tænkt ind i en sammenhæng, se blandt andet Valbjørn m.fl. (2000), Gunnarsen m.fl. (2006) samt Andersen og Toftum (2015).

Foruden de ovennævnte sygdomme bruges begrebet Sick Building Syndrome (SBS) ofte i litteraturen til at beskrive sammenhængen mellem en bygnings indeklime og sundhedseffekterne for de personer, der opholder sig i bygningen. SBS er ikke en decideret diagnose, men bruges til at beskrive en række forskellige uspecificerede symptomer som f.eks. træthed, hovedpine, koncentrationsbesvær og irritation af øjne, næse og hals (Andersson 2008).

## 1.2 Mulig sammenhæng mellem energimærke og indeklime

I Danmark anvendes energimærkeordningen<sup>7</sup> til at indikere energistandarden for et hus. I vurderingen af en boligs energistandard indgår en række forhold vedrørende blandt andet boligens isoleringsgrad, lufttæthed, ventilationsforhold og standardiseret adfærd. Vurderingen foregår efter en standardiseret metode, hvor boligens energimæssige ydeevne opgøres på en skala fra A til G, hvor A<sup>8</sup> angiver den højeste energistandard og G den laveste. Da der anvendes standardiserede værdier og ikke faktiske målinger for den enkelte bolig, vil to boliger med ens forhold relateret til ventilation og tæthed således kunne have forskellige energimærker.

Boligens energimærke vil i særlig grad være betinget af energiforsyningen, og hvor velisoleret klimaskærmen er. Boliger med høj energistandard (typisk A el. B) er ofte kendetegnet ved en høj grad af isolering, en lufttæt klimaskærm samt fravær af træk. Boliger med en lav energistandard (typisk E, F og G) er oftere kendetegnet ved ringe isolering, en utæt klimaskærm, mange kuldebroer, samt træk i boligen. På tværs af energimærkeskalaen vil man dog både kunne finde boliger, der deler samme energimærke med hhv. dårligt eller godt indeklime. Energimærket er således ikke en entydig indikator på boligens indeklime. Ud over boligens energistandard målt ved energimærket vil boligens indeklime være påvirket af beboernes adfærd. Hvor ofte luftes der ud og gøres rent? Ryger de? Hvordan vedligeholdes boligen? Og hvis der er mekanisk ventilation, renses og skiftes de tilhørende filtre jævnlige? Dårligt indeklime kan lede til ophobning af allergener, fugt og svamp mv. i boligen, der kan påvirke beboernes sundhedstilstand negativt. Afhængigt af hvilken adfærd der er i boligen, og hvilken livstil boligens beboere i øvrigt har, vil denne effekt forstærkes eller formindskes.

Som forklaret i foregående afsnit er en af de faktorer, der ofte undersøges i forbindelse med sundhedseffekter og indeklime, en bygnings ventilation og luftskiftet i boligen (Andersson 2008). Ventilationens formål er at fjerne og fortynde forurenende stoffer og derved skabe bedre luftkvalitet i indemiljøet. Endvidere anvendes ventilation i nogle tilfælde til at styre boligens luftfugtighed. Det er flere steder påvist (bl.a. Frisk m.fl. 2009, Kolarik m.fl. 2015), at mindre/dårligere ventilation har en negativ påvirkning af sundhedstilstanden. Dette kan eksempelvis opstå, når en

<sup>7</sup> For yderligere information om energimærkeordningen henvises til Energistyrelsens hjemmeside:

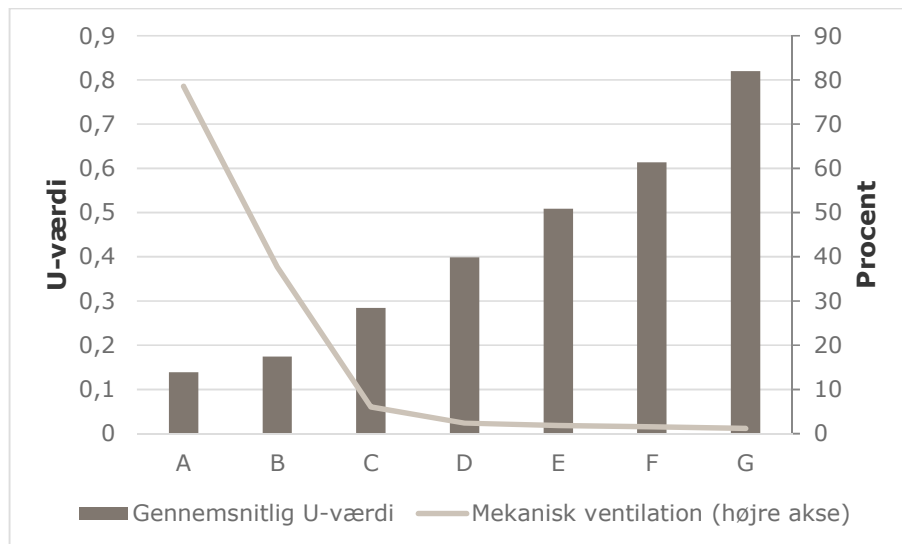
<http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/byggeriets-energiforbrug/energimaerkning>

<sup>8</sup> Bemærk, at der til energimærkningsordningens skala også hører standarderne A2010, A2015 og A2020, som tildeles boliger, der lever op til kravene i henholdsvis Bygningsreglementet 2010, Bygningsreglementet 2015 og Bygningsreglementet 2020. I denne undersøgelse er disse dog kategoriseret som energimærke A.

ældre bygning energirenoveres og opnår bedre energimærke (Gunnarsen, 2011). Hvis boligen bliver tættere, bliver den naturlige ventilation fra utætheder reduceret. Da der oftest ikke samtidig installeres mekanisk ventilation i boligen, betyder dette, at boligen bliver mere afhængig af naturlig ventilation, aftrækskanaler, ventilationsventiler samt manuel ventilation. Overordnet set betyder dette, at boligens luftskifte i højere grad betinges af beboernes udluftningsadfærd. Hvis beboerne ikke lufter ordentligt ud, kan den ringere udluftning resultere i en negativ indflydelse på beboernes sundhedstilstand. Modsat ældre boliger, der energirenoveres, har nyere boliger med højere energimærke, typisk B eller A, ofte installeret mekanisk ventilation.

Figur 6 nedenfor viser forholdet i de undersøgte boliger mellem på den ene side hhv. mekanisk ventilation og en boligs U-værdi og på den anden side energimærke. En boligs U-værdi er et udtryk for, hvor meget varme der trænger ud gennem 1 m<sup>2</sup> af konstruktionen ved en temperaturforskel på 1 grad af den udvendige og indvendige side af konstruktionsdelen. Groft skitseret viser U-værdien, hvor godt en bolig er isoleret. En højere U-værdi betyder et større varmetab og dårligere isolering.

Figur 6: Ventilations- og isoleringsforhold fordelt på energimærker



Note: Figuren viser de gennemsnitlige U-værdier i bygningens klimaskærm relateret til vinduer, gulve og ydervægge, samt hvorvidt der er installeret mekanisk ventilation i boligen. Data stammer fra de energimærkerapporter der blev udarbejdet i forbindelse med energimærkningen.

Kilde: COWI

Som det fremgår af Figur 6, findes mekanisk ventilation oftest i nyere boliger med energimærke A eller B (høj energistandard), mens det i ældre boliger er stort set fraværende. For boligens U-værdi ses det samme forhold, boliger med høj energistandard har generelt et lavere varmetab end boliger med lav energistandard. Figuren viser samlet set, at ældre boliger oftere har en ringere grad af isolering og højere grad af naturlig ventilation.

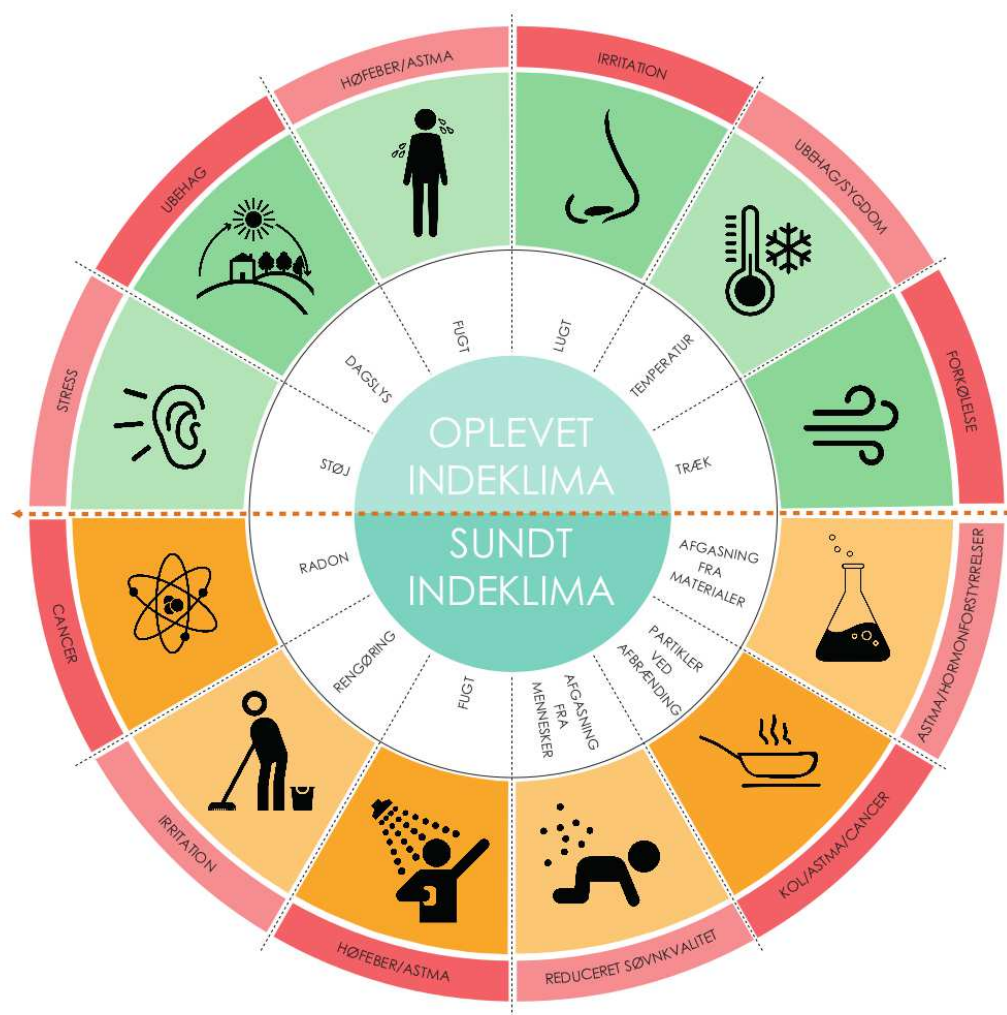
Bedre energistandard medfører altså typisk en øget grad af isolering af boligen, og derfor formentlig en mere behagelig temperatur, mindre træk o.l., For så vidt angår ventilation og luftskifte betyder en bedre energistandard, særligt for boliger med energimærke A og B, ofte installation af mekanisk ventilation, der på ene side kan være med til at sikre et godt luftskifte og indeklima i boligen.

På den anden side kan en bedre energistandard, hvor tætheden også er forbedret, også bidrage til ophobning af fugt, såfremt der ikke udluftes tilstrækkeligt i boligen. Fugt øger trivselsmuligheder for svampe og allergener, husstøvmider mv. I de fleste tilfælde vil ældre boliger ikke have mekaniske ventilationssystemer installeret, og boligens indeklimate er derfor mere følsomt over for beboernes udluftningsadfærd.

### 1.3 Beboernes sundhedsmæssige tilstand og adfærd har betydning for forekomsten af sygdomme

Det er imidlertid ikke alene en boligs isolerings- og ventilationsforhold, der har betydning for indeklimaet og beboernes sundhed. En væsentlig faktor er også beboernes sundhedsmæssige tilstand og adfærd, særligt i boligen. Faktorer som eksempelvis, hvor meget beboerne lufter ud, hvordan der laves mad, hvor ofte der gøres rent og om der ryges i boligen, har også stor betydning for indeklimaet, se blandt andet Valbjørn m.fl. (2000). Figur 7 viser, hvordan beboernes adfærd kombineret med boligens konstruktion kan påvirke boligens indeklimate.

Figur 7: Indeklimapåvirkning og sundhed



Kilde: Illustration fra Realdania Bygs projekt 'Sunde Boliger' udført af Pluskontoret, Lendager Arkitekter, MOE og Torben Sigsgaard.

Ud over adfærd og livsstil må boligens indeklima forventes at påvirke forskellige befolknings- og aldersgrupper forskelligt. Personer med øget sårbarhed f.eks. ældre og børn er mere følsomme over for indeklimaets påvirkninger. Flere risikofaktorer i en persons tilstand (f.eks. for højt blodtryk) eller adfærd (f.eks. rygning) kan således forøge sandsynligheden for, at en person pådrager sig en sygdom, se blandt andet Diderichsen m.fl. (2011).

## 1.4 Analysens hypoteser

Samlet set er samspillet mellem energistandarder, boligens indeklima og beboernes sundhed således karakteriseret ved en kompleks årsagssammenhæng, som ikke nødvendigvis peger i retning af en entydig forventning til undersøgelsens resultater. Et kig på litteraturen viser en klar sammenhæng mellem faktorer relateret til fugt, luftforurening, ventilation, isolering, boligens indeklima og beboernes sundhed. Hvorvidt sammenhængen mellem boligens indeklima og beboernes sundhed kan knyttes til boligens energistandard og tilknyttede energimærke er imidlertid mere usikkert. På denne baggrund opstilles tre hypoteser:

- 1 Boliger med højere energistandard (A, B) forventes at have et bedre indeklima og derved bedre sundhed for beboerne.
- 2 Boliger med høj energistandard (A, B) eller lav energistandard (E, F og G) forventes at have bedre indeklima og bedre sundhed for beboerne
- 3 Der findes ingen sammenhæng mellem boligens energistandard og beboernes sundhedstilstand.

Den *første* hypotese begrundes med, at nyere boliger, der typisk også har en højere energistandard, ofte forventes at have en velfungerende klimaskærm, samt mekanisk ventilationssystemer, der bidrager til at sikre et godt stabilt luftskifte. Boligen vil endvidere ikke være præget af træk, temperaturen på indvendige flader er varmere og mere stabil, og et mekanisk ventilationsanlæg kan ligeledes reducere beboernes eksponering for udefrakommende partikulær luftforurening.

Den *anden* hypotese tager udgangspunkt i, at boliger med både lav og høj energistandard vil have en vis grad af luftskifte, enten i form af mekanisk ventilation eller naturlig ventilation. Problemer kan i særlig grad opstå i de boliger, hvor der udføres energirenoveringer og samtidige tætninger, uden at der sørges for tilstrækkelig ventilation. Det kan typisk være et problem for boliger i midten af energimærkespektret, såsom energimærke C og D. Her bliver boligens indeklima i høj grad afhængig af manuel ventilation, hvilket er betinget af, at beboerne tilegner sig nye udluftningsvaner.

Endelige tager den *tredje* hypotese udgangspunkt i, at boligens indeklima er betinget af en række faktorer, der kan variere på tværs af energimærker. Et A-mærket hus kan således have et godt indeklima, mens et andet A-mærket hus kan have et dårligt indeklima f.eks. som følge af bygningsmaterialer, beboeradfærd, manglende vedligeholdelse af ventilationssystem mv. På baggrund af denne hypotese vil vi således forvente, at en sammenhæng mellem boligens energistandard og beboernes sundhedstilstand i højere grad vil være betinget af, hvem der bor i hvilke boliger, hvilken adfærd de udviser i boligen, og i mindre grad af boligernes energistandard.



En af de faktorer, der ofte undersøges i forbindelse med sundhedseffekter og indeklima, er en bygnings ventilation og luftskiftet i boligen (Andersson 2008). Ventilationens formål er at fjerne og fortynde forurenende stoffer og derved skabe bedre luftkvalitet i indemiljøet. Endvidere anvendes ventilation i nogle tilfælde til at styre boligens luftfugtighed. Det er flere steder påvist (bl.a. Frisk m.fl. 2009, Kolarik m.fl. 2015), at mindre/dårligere ventilation har en negativ påvirkning af sundhedstilstanden. Dette kan eksempelvis opstå, når en ældre bygning energirenoveres og opnår bedre energimærke (Gunnarsen, 2011). Hvis boligen bliver tættere, bliver den naturlige ventilation fra utætheder reduceret. Da der oftest ikke samtidig installeres mekanisk ventilation i boligen, betyder dette, at boligen bliver mere afhængig af naturlig ventilation, aftrækskanaler, ventilationsventiler samt manuel ventilation. Overordnet set, betyder dette, at boligens luftskifte i højere grad betinges af beboernes udluftningsadfærd. Hvis beboerne ikke lufte ordentligt ud, kan dette resultere i en negativ indflydelse på beboernes sundhedstilstand. Modsat ældre boliger, der energirenoveres, har nyere boliger med højere energimærke, typisk B eller A, ofte installeret mekanisk ventilation.



## 2 Kan vi finde en sammenhæng mellem energistandard og sundhed?

Formålet med dette kapitel er at undersøge sammenhængen mellem en boligs energistandard og beboernes sundhed.

Som det blev beskrevet i forrige kapitel, kan der ud fra en teoretisk betragtning argumenteres for forskellige forventninger til sammenhængen mellem en boligs energistandard, indeklima og forekomsten af sygdomme hos beboerne afhængigt af, hvilke faktorer der forventes at dominere. I dette kapitel vil det blive undersøgt, hvilken sammenhæng der findes i undersøgelsens empiriske analyse.

Først beskrives den metodiske tilgang: Hvordan er undersøgelsen lavet? Hvilke indikatorer for beboernes sygdomme er anvendt? Hvad er datagrundlaget? Og hvilke andre faktorer har betydning for undersøgelsen? Efter den metodiske gennemgang analyseres og præsenteres de samlede resultater for undersøgelsen.

### 2.1 Sådan er undersøgelsen lavet

Listen over påvirkninger fra indeklimaet, som direkte forventes at være årsag til gener, sygdomme eller symptomer relateret til luftveje og lunger er lang. Den spænder lige fra lungekræft (som følge af radon) til hovedpine, luftvejssygdomme og fodkulde (som følge af manglende luftbevægelse), se blandt andet (Heseltine og Rosen 2009 og Valbjørn m.fl. 2000).

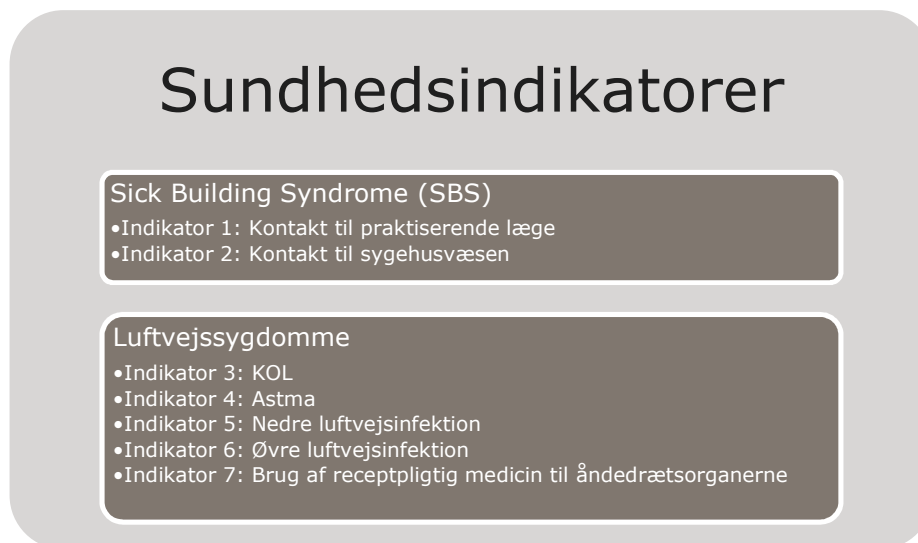
For at afgrænse antallet af sundhedsindikatorer ses der i undersøgelsen nærmere på et bestemt udvalg af luftvejssygdomme og medicinforbrug, som indikatorer for energistandardernes indflydelse på beboernes sundhed. Alle de anvendte sundhedsindikatorer for beboernes sundhedstilstand relaterer sig til luftveje og lunger. Indikatorerne inkluderer KOL, astma, nedre luftvejsinfektioner, øvre luftvejsinfektioner og forbrug af receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne. En nærmere uddybning af afgrænsningen af indikatorerne forefindes i Bilag A.

Mens ovennævnte sygdomme kan findes i registre, kan 'Sick Building Syndrome' være svær at måle, blandt andet fordi det ikke altid diagnosticeres eller behandles med receptpligtig medicin. Eksempelvis behandles hovedpine og allergi ofte med håndkøbsmedicin som Panodil og antihi-staminer. Når sygdommene ikke er noteret i et af de medicinske registre, er der ikke adgang til at se, hvor mange der lider af symptomerne. Det er dog sandsynligt, at SBS i et vist omfang

indfanges ved at inddrage beboernes kontakt til praktiserende læge og sygehusvæsen, hvorfor disse er medtaget som indikatorer for forekomst af sygdomme blandt beboerne.

Af Figur 8 nedenfor fremgår de samlede anvendte indikatorer for beboernes sundhed.

Figur 8: Undersøgelsens udvalgte sundhedsindikatorer



## Sundhedsindikatorer og datagrundlag

Datagrundlaget for undersøgelsen består af sundhedsregistre, registre med oplysninger om beboernes socioøkonomiske baggrund samt data om boligernes beskaffenhed, beliggenhed og energistandard. Ved brugen af de medicinske registre er det vigtigt at være opmærksom på, at registrene alene indeholder oplysninger om personer, som har haft kontakt med et sygehus og har fået en diagnose, som f.eks. sygdom i åndedrætsorganer og/eller har fået receptpligtig medicin inden for relevante medicingrupper. En del lettere symptomer, som f.eks. forkølelse, vil imidlertid ikke optræde i registrene, da de sandsynligvis ikke behandles med receptpligtig medicin, og derved ikke kan henføres til en bestemt borger. Endvidere vil sygdomme, der endnu ikke er diagnosticeret, udelukkende optræde i form af f.eks. øget kontakt til praktiserende læge.

For så vidt angår sundhedsindikatoren 'receptpligtigt medicinforbrug', der relaterer sig til sygdomme i åndedrætsorganerne, er en given persons sundhedstilstand undersøgt året før, deres bolig blev energimærket. Det vil sige, at modtagere af receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne opgøres i 2013 for beboere i en bolig, der energimærkes i 2014. For øvrige indikatorer relateret til luftvejssygdomme opgøres de fem år før energimærkningstidspunktet. For beboere i et hus, der er energimærket i 2014, undersøges det således, om de f.eks. er blevet diagnosticeret med astma i perioden 2009-2013.

Beboernes kontakt til praktiserende læge er målt på antallet af kontakter, mens kontakten til sygehusvæsenet er målt ved antallet af ambulante besøg, skadestuebesøg samt antal indlæggelsesdage. I begge tilfælde er beboernes sundhedstilstand undersøgt året før, deres bolig blev energimærket. For beboere, hvis bolig blev energimærket i 2014, er antal besøg hos den praktiserende læge således opgjort i 2013.

## Hvad har ellers betydning for en sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme?

Det er i undersøgelsen medtaget en række forhold relateret til boligens beskaffenhed, beliggenhed i forhold til lokal luftforurening, samt en delvis korrektion for den forventede gennemsnitlige adfærd og livsstil målt gennem beboernes socioøkonomiske forhold. I undersøgelsen refereres der til disse forhold som kontrolvariable.

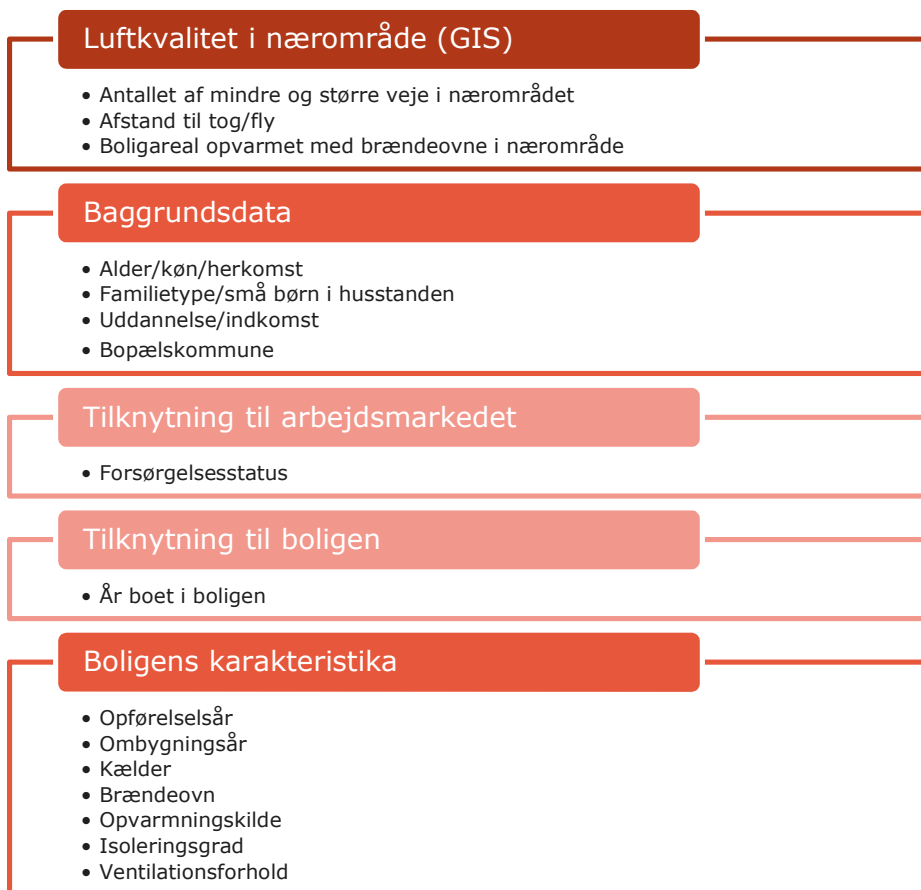
Da forudsætningen for undersøgelsen er en tværsnitsanalyse, har vi anvendt en række kontrolvariable på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik, der belyser de enkelte personers socioøkonomiske forhold. Disse forhold vil på tværs af den brede befolkning kunne fange overordnede tendenser som eksempelvis, at lavt uddannede oftest ryger mere, dyrker mindre motion, vejer mere og generelt har en mere usund levevis (se bl.a. Diderichsen m.fl. 2011, Flachs m.fl. 2015). Kontrolvariablene vil endvidere i et vist omfang kunne korrigere for forhold såsom, at ældre typisk er mere syge og derfor oftere har kontakt til praktiserende læge og sygehusvæsenet end yngre personer. De anvendte socioøkonomiske kontrolvariable vil imidlertid ikke kunne korrigere for de mere 'fine' forskelle i livstilmønstre og deraf følgende sundhedsprofil i inden for den samme befolkningsgruppe, personer med samme indkomstniveau, uddannelse og alder, som har markant forskellige livstilmønstre og deraf følgende sundhedsprofil. Givet at disse har indflydelse på både boligens indeklima samt beboerens sundhedstilstand kan dette lede til usikre resultater i forhold til den kausale sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme.

Den statistiske analysemodel, der anvendes i undersøgelsen, er udvalgt med henblik på at kunne korrigere for samvariation i de udeladte forklaringsfaktorer for beboernes sundhedstilstand i en given husstand. Det betyder, at der delvist korrigeres for den del af husstandens indeklimapåvirkning, der er identisk på tværs af husstandens beboere, eksempelvis forhold relateret til generel udluftning, husdyr, byggematerialer mv. Med andre ord, hvis to personer i den samme husstand deler samme adfærd, livsstil og påvirkning fra indeklimaet, vil modellen kunne tage højde for disse uobserverede faktorer og finde den sande sammenhæng mellem boligens energimærke og personernes sundhedstilstand.

For at korrigere for lokal luftforurening og -kvalitet anvendes i undersøgelsen GIS-data til at estimere luftforurening fra større veje i nærområdet omkring boligen samt koncentrationen af brændeovne inden for en given radius af boligen. Luftkvaliteten i nærområdet omkring boligen har betydning for personer, der opholder sig meget udendørs omkring boligen, men har også betydning for luftkvaliteten inde i boligen som følge af eksponering for udefrakommende partikelluftforurening i forbindelse med udluftning og naturlig ventilation, se blandt andet Korsholm og Toftum (2013).

I Figur 9 nedenfor er oplyst de kontrolvariable, der anvendes i undersøgelsen.

Figur 9: Undersøgelsens kontrolvariable



Undersøgelsen tager udgangspunkt i enfamiliehuse, der er energimærket i perioden 2006 til 2014 ved salg af ejendommen. Den analyserede population af mennesker er derfor ikke fuldt ud repræsentativ for den danske befolkning. Eksempelvis har personer med lav indkomst ofte ikke samme adgang til finansiering og har derfor ikke de samme muligheder for at købe eget hus.

### Hvilke forhold inddrages ikke i undersøgelsen?

Som beskrevet ovenfor inddrages der i analysen viden om visse forhold, der har betydning for indeklima og forekomsten af sygdomme hos beboerne. Alligevel er der en lang række forhold, der i undersøgelsen ikke inddrages og justeres for.

Af Figur 10 nedenfor fremgår det, hvilke forhold undersøgelsen tager højde for, og hvilke der er udeladt.

Figur 10: Oversigt over undersøgelsens afgrænsning

Forhold, undersøgelsen tager højde for	Forhold, undersøgelsen tager delvist højde for	Forhold, undersøgelsen ikke tager højde for
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boligens ventilations- og isoleringsforhold</li> <li>• Boligens beliggenhed i forhold til lokal luftforurening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beboernes forventede adfærd</li> <li>• Beboernes forventede livsstil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beboernes faktiske adfærd</li> <li>• Beboernes faktiske livsstil</li> </ul>

Kilde: COWI

Det er vurderingen, at adfærdsbetingede indeklimate og sundhedsforhold, som eksempelvis rygning og kost kan belyses ved brug af data fra den Nationale Sundhedsprofil. Det har imidlertid ikke været muligt i nærværende undersøgelse. En undersøgelse, hvor sundhedstilstanden for f.eks. en population af raske beboerne følges over en længere tidsperiode, ville kunne styrke den kausale sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme.

Det har været overvejet, om en diagnose, der ud fra medicinsk teori ikke skulle afhænge af indeklimaet, kunne bruges som kontrol for den generelle helbredstilstand. Vi har imidlertid valgt ikke at gøre dette, fordi det i en tværsnitsanalyse, der ikke belyser en persons sygdomsudvikling henover tid, kan være svært at kontrollere for, om behovet for medicinforbruget er opstået uafhængigt af påvirkningen fra indeklimaet, og hvornår.

I næste afsnit ses nærmere på, hvilken sammenhæng der kan findes mellem boligens energistandard og forekomst af sygdomme hos beboerne som resultat af nærværende undersøgelse.

## 2.2 Svagt sammenfald mellem energimærke og sundhed

Som det blev diskuteret i forrige kapitel, er der flere teoretiske muligheder for sammenhængen mellem en boligs energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne. På baggrund af de forbehold for påvisning af kausale sammenhænge, der er taget i afsnittet ovenfor er den umiddelbare forventning, at en undersøgelse af området kan komme frem til forskellige resultater. Sammenhængen bør vise sig ved, at der i boliger, der er energimærket med hhv. A, B eller A, B, E, F og G vil være en mindre forekomst af sygdomme, eller at der slet ikke kan findes nogen sammenhæng mellem boligens energimærke og beboernes sundhedstilstand.

### Kan der findes en sammenhæng mellem energistandard og forekomsten af sygdomme?

I undersøgelsen analyseres det, hvor hyppigt bestemte sundhedsindikatorer, der relaterer sig til dårligt indeklima, optræder hos beboere fordelt på energimærkningskalaen fra A til G. Overordnet set viser undersøgelsen tre tendenser.

- › Der er ikke fundet en entydig sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomst af sygdomme hos beboerne.

- › Undersøgelsen viser dog, at der kan findes enkelte tegn på sammenfald i de fremstillede hypoteser mellem boligernes energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne. Dette gælder bl.a. for beboere, der modtager receptpligtig medicin for sygdomme i åndedrætsorganerne, eller som har kontakt til praktiserende læge. Her findes sandsynligheden for, at beboerne har bedre sundhedstilstand, i overensstemmelse med én af hypoteserne, at være højere i boliger med enten højt energimærke (energimærkerne A og B) eller lavt energimærke (energimærkerne E, F og G). For kontakter til sygehuse, samt personer diagnosticeret med KOL ses en relativt bedre sundhedstilstand for beboere med højt energimærke. Endelig ses overvejende et sammenfald mellem hypotesen om ingen forskel i sygelighed på tværs af energimærker for sygdomme i øvre- og nedre luftveje samt astma, da ganske få af de undersøgte energimærker er statistisk forskellige fra sygeligheden i et D-mærket hus.
- › Endelig viser undersøgelsen to yderligere forhold. For det første har undersøgelsens "kontrolvariable" stor betydning. Dette indikerer, at en stor del af forskellen i beboeres sygelighed i boliger med forskellige energistandarder kan tilskrives forskelle i, hvem der bor i de enkelte huse, og i mindre grad hvilke huse de bor i. For det andet viser undersøgelsen tegn på, at der ikke er korrigeret tilstrækkeligt for adfærds- og livsstilsrelaterede faktorer. Et eksempel på dette er andelen af beboere diagnosticeret med KOL, der stiger betydeligt i takt med, at energistandarden falder. Såfremt der er skrævvridning i ikke blot, hvem der bor i hvilke boliger, men også deres adfærd og livsstil, vil dette påvirke undersøgelsens resultater. Ældre og mere socialt udsatte beboere er mere hyppigt bosat i boliger med lav energistandard.

## Ingen entydig sammenhæng mellem energistandard og forekomst af sygdomme

Figur 11 viser sammenhængen mellem en boligs energistandard og beboernes kontakt til praktiserende læge og sygehus. Figur 12 tegner et billede af sammenhængen mellem en boligs energistandard og sandsynligheden for, relativt til en D-bolig, at beboere er diagnosticeret med en af de nævnte åndedrætsrelaterede sygdomme<sup>9</sup>. Som de store udsving i Figur 11 og Figur 12 illustrerer, tegner der sig langt fra et entydigt billede af en sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne.

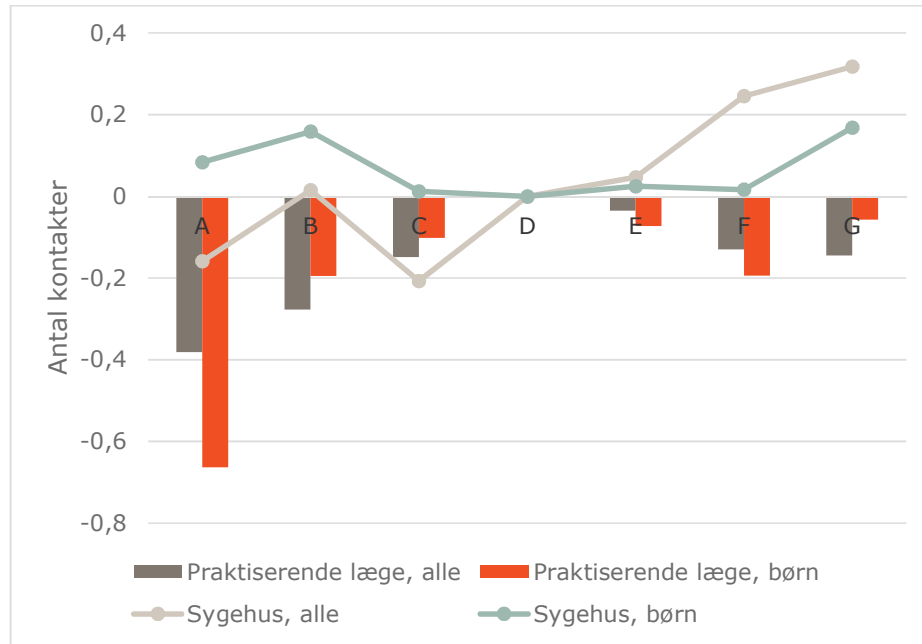
Figur 11 viser, at beboere i boliger med et energimærke i toppen eller bunden af skalaen har en smule mindre kontakt til praktiserende læge end beboere i boliger med energimærker i midten af spektret. Det samme gælder for børn. Således har børn i A-boliger i gennemsnit 0,7 færre besøg hos lægen om året end børn i D-boliger. En mulig forklaring på sammenfaldet kan være, at beboere i boliger med disse energimærker sjældnere oplever Sick Building Syndrome (SBS), fordi deres bolig er bedre ventileret og dermed har et bedre indeklima, og sammenhængen understøtter således hypotesen om bedre sundhed i enderne af energimærkeskalaen. For kontakter til sygehus understøttes hypotesen om, at boliger med højere energimærke har bedre indeklima og derved bedre sundhed for boligens beboere. Der ses således en stigning i antallet af kontakter for beboere i boliger med lavere energistandard. Således har beboere i G-boliger i gennemsnit 0,3 flere kontakter til sygehusvæsenet om året end beboere i D-boliger. På grund af manglende inddragelse af data om beboernes adfærd og livsstil, er det dog ikke muligt at fastslå, om denne sammenhæng er kausal.

<sup>9</sup> Dette indebærer alle fem sundhedsindikatorer for sygdomme i åndedrætsorganerne: KOL, receptpligtig medicin for sygdomme i åndedrætsorganerne, astma, sygdomme i de øvre luftveje og sygdomme i de nedre luftveje.



Også i Figur 12 viser der sig et svagt sammenfald mellem energimærke i enderne af skalaen og sandsynligheden for, at beboere har en sygdom i åndedrætsorganerne. Her ser beboere i boliger med energimærke A og G ud til i mindre grad at være udsat for sygdomme i åndedrætsorganerne med en særlig stor effekt i boliger med høj energistandard. Beboere i en A-bolig har således 1,2 procent point mindre sandsynlighed for at have en sygdom i åndedrætsorganerne end beboere i en D-bolig. Kurven for børn ser mere ujævn ud med udslag i begge retninger.

Figur 11: Sammenhæng mellem energimærker og kontakter til praktiserende læge og sygehus for børn og alle.

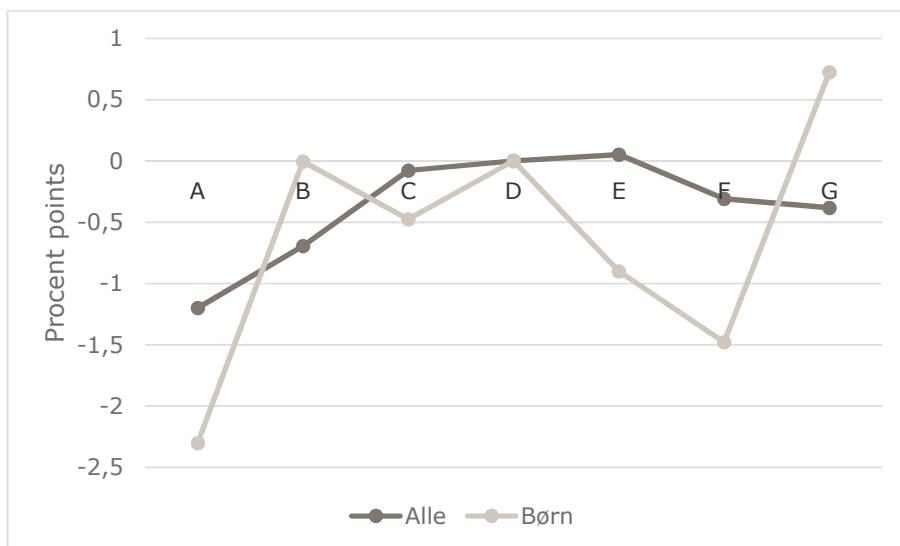


Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. De signifikante parametre er for praktiserende læge: A, B, C, F og G for aldersgruppen 0-70 årige og A og F for børn under 10 år. For kontakter til sygehus er signifikante parametre C, F og G for aldersgruppen 0-70 år (alle) og B og G for børn under 10 år. Det gennemsnitlige antal kontakter til henholdsvis praktiserende læge og sygehus er for alle 9 og 3 og for børn 7 og 1.

Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

Figur 12: Sammenhæng mellem energimærker og sygdomme i åndedrætsorganerne.



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. Sygdomme i åndedrætsorganer er opgjort som sygdomme relateret til hhv. astma, KOL, sygdomme i øvre og nedre luftveje samt, hvorvidt en given person modtager receptpligtig medicin til åndedrætsorganer. De signifikante parametre er for alle i aldersgruppen 0-70 år (alle) A og B og for børn under 10 år A, E og F. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at have en sygdom i åndedrætsorganerne/anvende receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne er henholdsvis 20 pct. for alle og 27 pct. for børn under 10 år. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

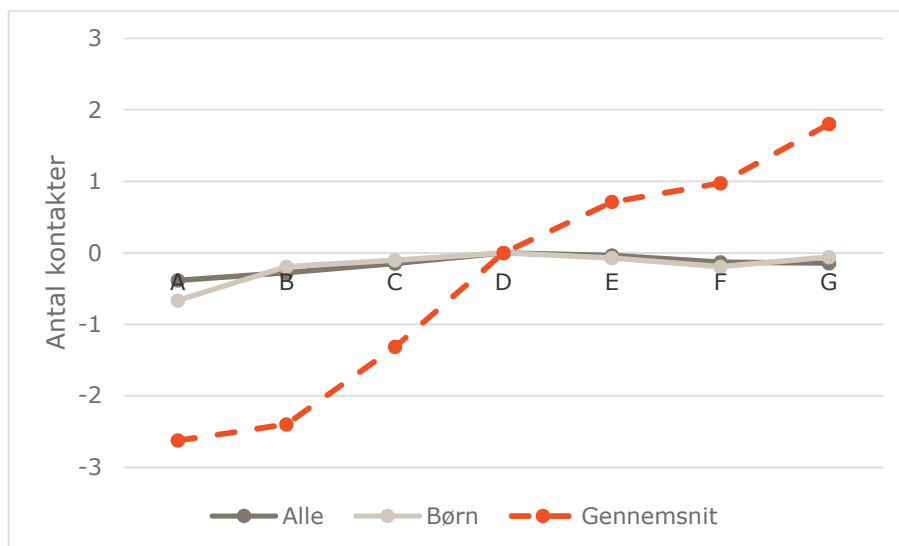
## Tegn på sammenfald mellem boligens energistandard og enkelte sundhedsindikatorer

Selvom de to figurer samlet set ikke understøtter den samme hypotese og således ikke viser entydige tendenser, antyder undersøgelsen dog for fire af indikatorernes tilfælde en sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomsten af sygdomme hos beboerne. Det gælder beboernes kontakt til praktiserende læge og sygehuse samt sygdomme i åndedrætsorganerne og KOL.

### Kontakt til praktiserende læger

I Figur 13 nedenfor viser de grå kurver, at beboere i boliger med energimærke i begge ender af skalaen A, B og F og G har en smule mindre kontakt til praktiserende læge end beboere i boliger med energimærker i midten af spektret. Det samme gælder for børn. Dog er tendensen i begge tilfælde, at beboere i boliger med høj energistandard (A og B) har en smule mindre kontakt til praktiserende læge end de, der bor i en bolig med lav energistandard (F og G). En mulig forklaring på sammenfaldet kan være, at beboere i boliger med disse energimærker sjældnere oplever Sick Building Syndrome (SBS), fordi deres bolig er bedre ventileret og derved har et bedre luftskifte med positiv afledt effekt på boligens indeklima.

Figur 13: Sammenhæng mellem energimærker og antal kontakter til praktiserende læge



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. For aldersgruppen 0-70 år er samtlige parametre undtaget E signifikante. For børn under 10 år er A og F signifikante. Gennemsnittet angiver det ubetingede gennemsnitlige antal kontakter til praktiserende læge for hvert energimærke relativt til en D-mærket bolig. Det samlede gennemsnitlige antal kontakter til praktiserende læge er for alle 9 årlige kontakter, og for børn 7 årlige kontakter. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

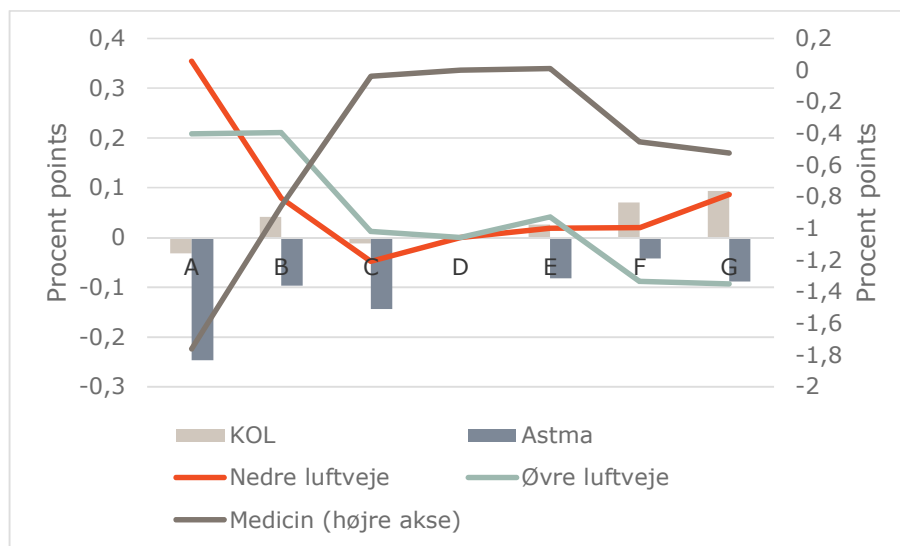
Kilde: COWI

Den stiplede, røde kurve i Figur 13 ovenfor viser, hvordan beboernes kontakt til praktiserende læge fordeler sig på energimærkerne, når tallene ikke justeres for kontrolvariablene, såsom indkomst, uddannelse, arbejdsforhold og alder. Kontakten til praktiserende læge blandt beboere i boliger med energimærke G er altså reelt set langt højere end for beboere i boliger med energimærke A. Det fremgår tydeligt, at hvis man udelukkende så på sammenhængen mellem energimærker og beboernes sundhed uden at tage hensyn til, hvilke personer der bor i hvilke boliger, ville man overvurdere effekten af at bo i en bolig med bedre energistandard. Effekten af de inkluderede kontrolvariable er således stor, og der er tegn på en betydelig social skævvridning i forhold til, hvem der bor i hvilke boliger, herunder med mere socialt udsatte hyppigere bosiddende i boliger med lavere energimærke. Dette forhold understøttes yderligere af beskrivende statistik på fordelingen af personer på tværs af energimærkerne i forhold til blandt andet indkomst og alder, se Kapitel 3. Når effekten af energimærket i forhold til kontakt til praktiserende læge stort set forsvinder ved inddragelse af kontrolvariable, betyder det med andre ord, at det ikke er husets energimærke, der er årsag til den sammenhæng, som den røde, stiplede kurve antyder.

### Sygdomme i åndedrætsorganerne

Som beskrevet viser Figur 12 ovenfor et svagt sammenfald mellem energimærke og beboernes sandsynlighed for at have sygdomme i åndedrætsorganerne. Her ser beboere i boliger med energimærke A og G ud til i mindre grad at være udsat for sygdomme i åndedrætsorganerne end beboere i boliger med energimærke D. Kurven for børn ser dog her mere ujævn ud, med udslag i begge retninger. De samlede data over sammenhængen mellem energistandard og sygdomme i åndedrætsorganerne, som de blev præsenteret i Figur 12, dækker dog over en betydelig variation de enkelte sygdomme imellem (se Figur 14).

Figur 14: Sammenhæng mellem energimærke og sygdomme relateret til åndedrætsorganer

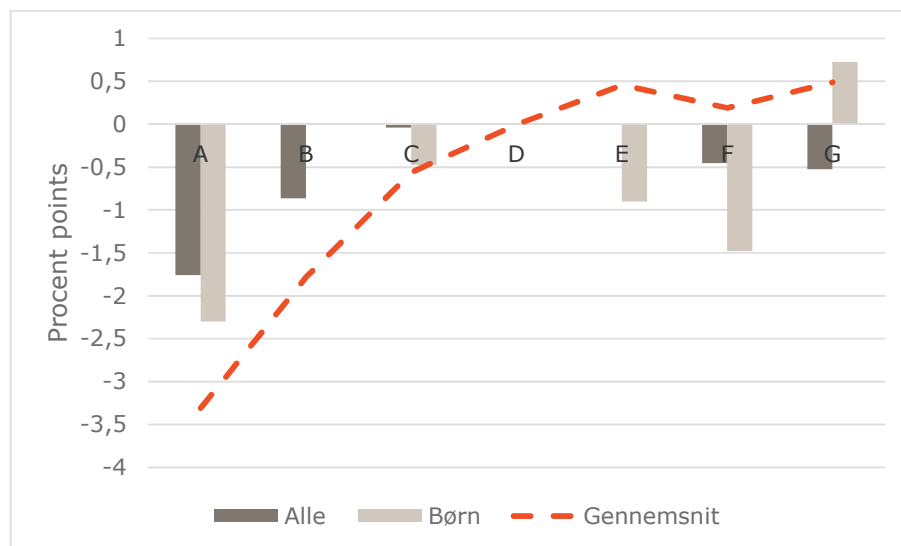


Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus og angiver resultater for personer i aldersgruppen 0-70 år. Signifikante parametre er for KOL, E, F og G, for nedre luftveje A, for medicin til åndedrætsorganerne, A, B, F og G, for astma C, og for øvre luftveje er ingen parameterestimer signifikante. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at være diagnosticeret for en sygdom relateret til åndedrætsorganerne for aldersgruppen 0-70 år er for KOL 0,7 pct., for nedre luftveje 2 pct., for medicin til åndedrætsorganerne 16 pct. for astma 2 pct. og for øvre luftveje 3 pct. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed, samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

Figur 14 er en udspecificering af Figur 12. Den viser, hvordan de forskellige sundhedsindikatorer for sygdomme i åndedrætsorganer fordeler sig på energimærkerne. Af Figur 14 fremgår det, at det primært er sygdomme, der kræver receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne, som ser ud til i en vis grad at være sammenfaldende med antagelsen om, at boliger med godt indeklima placerer sig yderst på energimærkeskalaen. For KOL understøttes hypotesen om, at boliger med høj energistandard har bedre indeklima og sundhed for beboerne, mens personer i boliger med lav energistandard er særligt udsat for at blive diagnosticeret med KOL. Sygdomme i de nedre og øvre luftveje samt astma er overvejende ikke signifikant forskellige fra en D-mærket bolig og understøtter derfor hypotesen om, at der ikke er nogen forskel i beboernes sundhedstilstand på tværs af energimærkerne. Hver diagnose uddybes i nedenstående.

Figur 15: Sammenhæng mellem energimærke og medicin til åndedrætsorganerne



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. De signifikante parametre er for aldersgruppen 0-70 år (alle) A, B, F og G og for børn under 10 år A, E og F. Gennemsnittet angiver den ubetingede sandsynlighed for at modtage receptpligtig medicin til sygdomme i åndedrætsorganerne. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at modtage receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne er 16 pct. for alle og 17 pct. for børn. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

Af Figur 15 fremgår den relative sandsynlighed for at få medicin til åndedrætsorganer målt i forhold til en beboer i en bolig med energimærke D. Det ses, at sandsynligheden for, at beboere får medicin for sygdomme i åndedrætsorganerne, er lavere i boliger med høj energistandard eller lav energistandard end i boliger i midten af skalaen. Særligt er der en markant lavere sandsynlighed i boliger med energimærke A. For børn ses et endnu tydeligere fald i sandsynligheden for at modtage medicin til åndedrætsorganerne særligt for energimærke A, E og F, mens der for energimærke B og G ses samme, henholdsvis større sandsynlighed for medicinforbrug relativt til D. Det er svært at sige, hvad der præcist er årsagen til et sammenfald mellem netop receptpligtig medicin for sygdomme i åndedrætsorganerne og energimærker i enderne af skalaen. Umiddelbart repræsenterer indikatoren sammen med kontakt til praktiserende læge det brede spænd af sygdomme, der relaterer sig til dårligt indeklima, og "lettere" sygdomme såsom SBS.

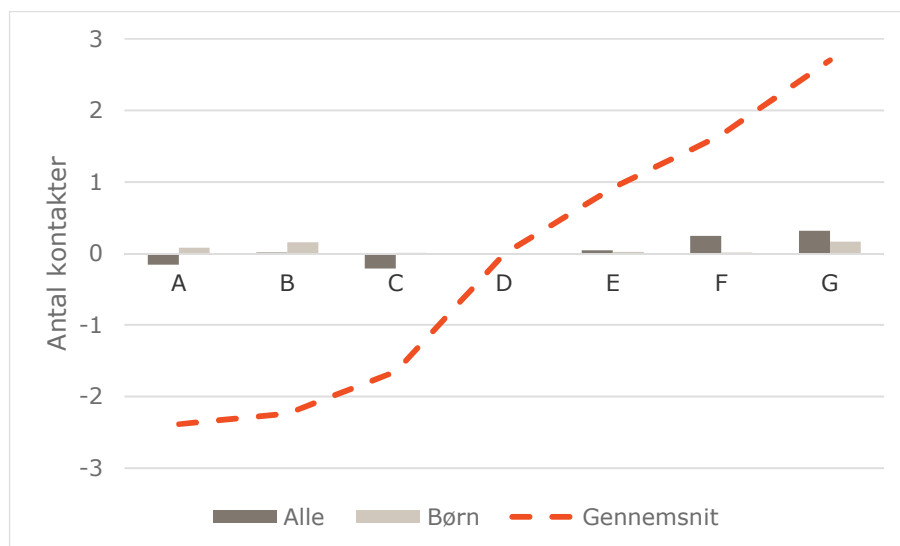
Ligesom for kontakten til praktiserende læger ser kurven for receptpligtig medicin til åndedrætsorganerne stejle ud, når der ikke tages hensyn til kontrolvariablerne. Analysen tager således delvist hensyn til de øvrige forhold ud over boligens energistandard, der påvirker en persons sundhedstilstand.

#### Kontakt til sygehuse og KOL

For nogle af indikatorerne, der ses i Figur 11 (kontakt til sygehusvæsen) og Figur 14 (KOL), viser der sig en stigning i sygeligheden for beboere i boliger med dårligere energistandard, hvilket understøtter hypotesen om bedre sundhed i boliger med bedre energistandard.

Figur 16 viser, hvordan beboernes kontakt til sygehusvæsnen fordeler sig i forhold til energimærket. Figuren viser en svagt stigende tendens til flere kontakter til sundhedsvæsnen i takt med, at energistandarden af boligen falder. Således har beboere i boliger med energimærke A i gennemsnit 0,2 færre kontakter, mens en person i en G-bolig har 0,3 flere kontakter, målt i forhold til en D-mærket bolig. Kurven for børns kontakt med sygehusvæsnen adskiller sig ved at være mere flad.

Figur 16: Sammenhæng mellem energimærke og gennemsnitlige kontakter til sygehus



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. De signifikante parametre er for aldersgruppen 0-70 år (alle) C, F og G, mens de for børn under 10 år er B og G. Gennemsnittet angiver det ubetingede gennemsnitlige antal kontakter til sygehus for hvert energimærke. Det gennemsnitlige antal årlige kontakter til sygehus er for alle 2,7 og for børn 1,5. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

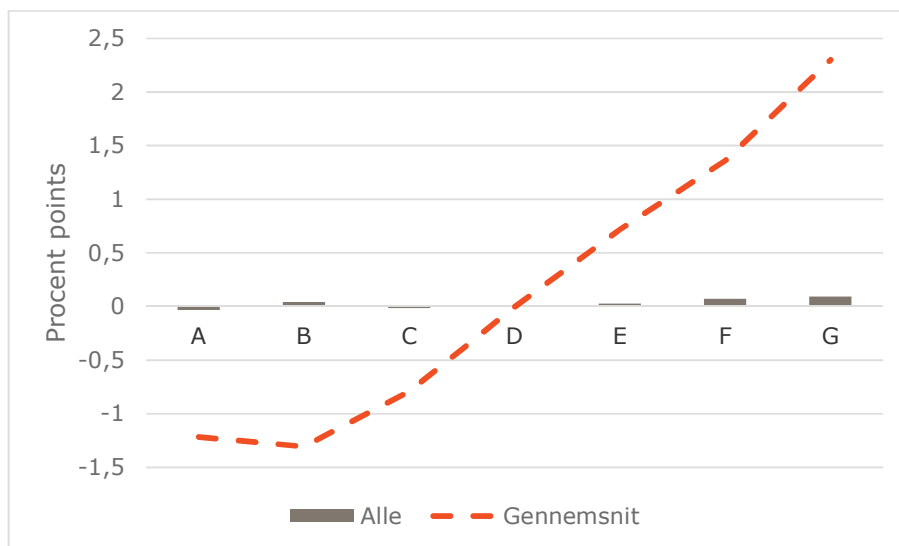
Kilde: COWI

Der er kun to signifikante målinger for børn, der bor henholdsvis i boliger med energimærke B og G, hvorfor det er svært at sige noget om en tendens. Ligesom i de foregående tilfælde vedrørende sygdomme i åndedrætsorganerne, og kontakt til praktiserende læge viser kurven, hvor der ikke er justeret for kontrolvariable, at antallet af kontakter til sygehusvæsnen, stiger kraftigt i takt med faldet i boligens energistandard, og at denne stigning i høj grad udviskes, når der kontrolvariablene medtages.

For så vidt angår KOL, Figur 17, viser undersøgelsen, at den relative sandsynlighed målt i forhold til et D-mærket hus for at være diagnosticeret med KOL er over tre gange mindre for beboere i boliger med energimærke A end for beboere i boliger med energimærket G<sup>10</sup>. De fundne relative sandsynligheder mellem energimærkerne er alle meget små (<0,1 procentpoint) og udelukkende signifikante for energimærke E, F og G. Dette peger i retning af, at energistandarden kun har betydning for forekomsten af KOL i boliger med lav energistandard.

<sup>10</sup> Bemærk: KOL skyldes typisk rygning og de første symptomer på sygdommen opdages først i 40-60-års alderen, hvorfor den ikke er relevant for børn, (SDU, 2007)

Figur 17: Sammenhæng mellem energimærke og KOL



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus og er for aldersgruppen 0-70 år. Tallene angiver den betingede hhv. ubetingede gennemsnitlige sandsynlighed for at have en KOL-diagnose målt relativt til en beboer i en D-mærket bolig. Signifikante parametre er E, F og G. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at være diagnosticeret med KOL er 0,7 pct. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

KOL er imidlertid en af de sygdomme, hvor vi ville forvente den største sammenhæng mellem boligens energistandard og beboerens adfærd. Dette skyldes, at rygere generelt er mere disponeret for at få KOL, og at røg i boligen er en kraftigt medvirkende faktor til forringelse af indeklimaet, hvorfor ventilation i boliger med tilstedeværelse af røg er ekstra vigtig (se bl.a. WHO 2010, Valbjørn m.fl. 2000). Ud fra dette ville vi forvente, at se en relativt mindre sandsynlighed for at blive diagnosticeret med KOL i boliger, der har en høj ventilationsgrad, altså typisk boliger meget høj eller meget lav energistandard. KOL er imidlertid den sygdom, hvor der er den største sociale ulighed i forekomsten. Antallet af tilfælde med KOL ville således være mindsket med op til 51 pct., hvis hele befolkningen havde sygdomsmønstre som personer med mellemlange og lange videregående uddannelser, (Flasch m.fl. 2015). Dermed antydes også en sammenhæng mellem en social skævhed og energistandarder. Dette bekræftes ligeledes af deskriptiv statistik på sammensætningen af beboere og deres socioøkonomiske forhold på tværs af energimærker. Personer i boliger med lav energistandard har typisk en lavere social status (se Kapitel 3).

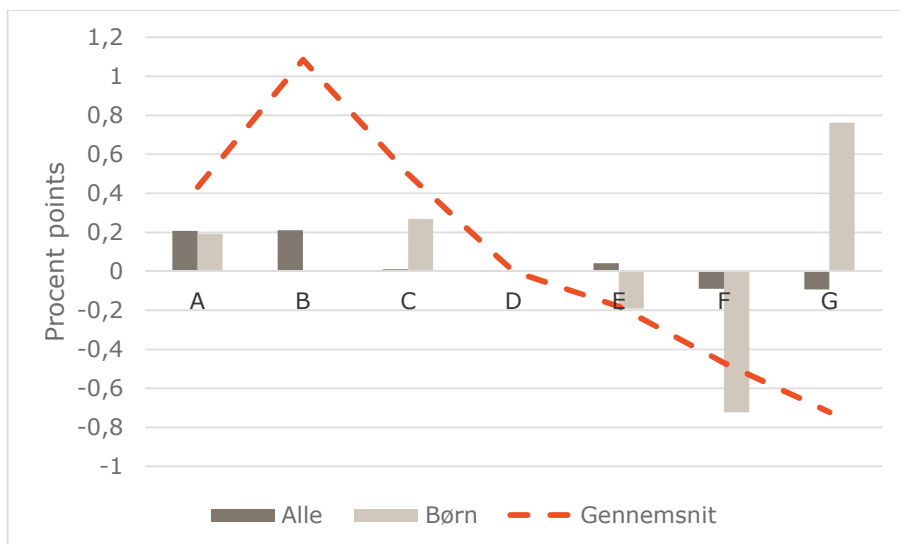
For yderligere at undersøge om der kan påvises en samvariation, således at beboere med forskellige socioøkonomiske forhold påvirkes forskelligt i samme energimærke, er der kørt en række modeller, hvor energimærker og udvalgte socioøkonomiske variable såsom alder, indkomst, uddannelse mv. er krydset. Det nuværende datagrundlag er imidlertid ikke tilstrækkeligt til at identificere signifikante tendenser. I stedet skulle sådanne tendenser, som tidligere beskrevet, være inddraget på anden vis, eksempelvis via undersøgelser over tid af beboernes socioøkonomiske forhold, generelle sundhedstilstand og adfærd, samt en analyse af, hvordan beboere med forskellig sygelighed placeres i boliger med forskellige karakteristika og energistandard.

### Sygdomme i øvre- og nedre luftveje samt astma

For disse tre undersøgte sundhedsindikatorer gør sig gældende, at undersøgelsens resultater ikke viser nogen eller meget få signifikante udslag, når beboerne i forskellige energimærkede boliger måles i forhold til en D-mærket bolig. Disse sundhedsindikatorer understøtter således i nogen grad hypotesen om, at en boligs indeklime er betinget af en række øvrige forhold, der kan variere på tværs af energimærker. På denne baggrund vil man ikke forvente en forskel i sygeligheden på tværs af beboere i forskellige energimærker. Dette gør sig gældende for sygdomme i de øvre og nedre luftveje samt astma.

Figur 18 viser sammenhængen mellem energimærker og sygdomme i øvre luftveje. I modsætning til de øvrige undersøgte sundhedsindikatorer viser gennemsnittet, uden der er taget højde for modellens kontrolvariable, en relativt højere sandsynlighed for at være diagnosticeret med sygdomme i de øvre luftveje for boliger med højere energistandard. Inkluderer kontrolvariablene ses imidlertid udelukkende en lavere forekomst af diagnosen for børn i F-mærkede boliger, relativt til børn i en D-mærket bolig.

Figur 18: Sammenhæng mellem energimærker og sygdomme i øvre luftveje



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. Den eneste signifikante parameter er energimærket F for børn under 10 år. Mens ingen parameterestimer er signifikant forskellige fra en D-mærket bolig i aldersgruppen 0-70 år. Gennemsnittet angiver den ubetingede gennemsnitlige sandsynlighed relativt til en D-mærket bolig for at have sygdomme i de øvre luftveje for hvert energimærke. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at være diagnosticeret med sygdomme i de øvre luftveje er 3 pct. for alle og 8 pct. for børn. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

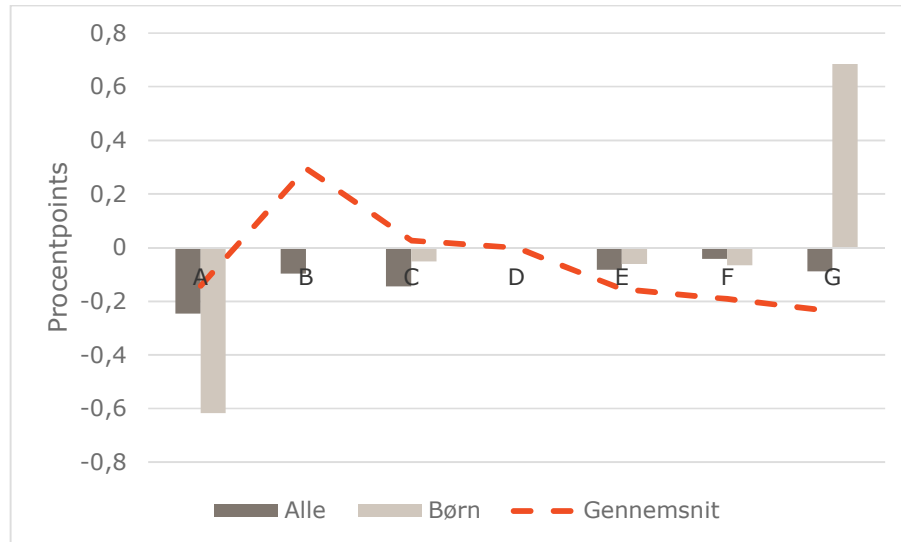
Samme forhold gør sig gældende for astma, hvor den gennemsnitlige sygelighed, når der ikke er taget højde for modellens kontrolvariable, er faldende med dårligere energistandard, se Figur 19. Som med sygdomme i øvre luftveje forsvinder tendensen på tværs af energimærker, når der korrigeres for kontrolvariablene, og kun beboere i energimærke A har en signifikant lavere sandsynlighed for blive diagnosticeret med astma, end beboere i en bolig med energimærke D.

For børn ses imidlertid et lidt anderledes billede, med relativt mindre sandsynlighed for at have astma for energimærke A, men med større sandsynlighed for energimærke F. Dette kunne væ-



re en meget svag indikation på, at boliger med bedre energistandard er bedre for små børn set i forhold til forekomst af astma. Børn har særligt følsomme luftveje, og der er fundet lavere risiko for respiratoriske infektionssygdomme og episoder med astma og allergi i boliger uden fugt og skimmelvækst (Andersen og Toftum, 2013). Fugt og skimmelvækst kan i nogen grad forebygges ved effektiv ventilation, men også dårligt konstruerede klimaskærme, og nedbrudte konstruktioner kan lede til problemer med fugt og skimmelsvamp. Dette forhold forventes at være mere hyppigt fremkommende i boliger med lav energistandard, se Kapitel 1.

Figur 19: Sammenhæng mellem energimærke og astma



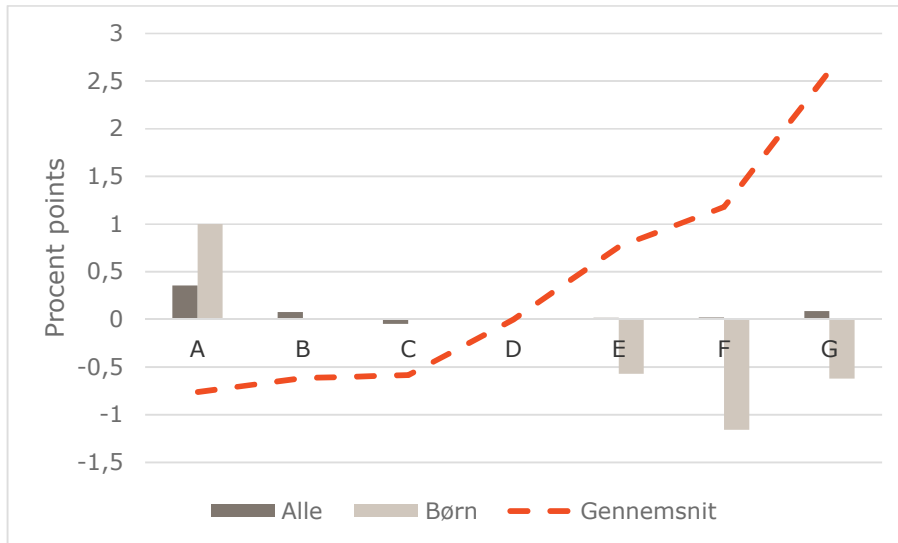
Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. De signifikante parametre er for aldersgruppen 0-70 år (alle) A og for børn under 10 år A og G. Gennemsnittet angiver den ubetingede sandsynlighed for at have astma for hvert energimærke relativt til en D-mærket bolig. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at have astma er 2 pct. for alle og 5 pct. for børn under 10 år. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

For så vidt angår sygdomme i nedre luftveje viser Figur 20, at der umiddelbart er en tendens til – særligt for børn – at beboere i boliger med energimærke A har en relativt større sandsynlighed for at have en diagnose målt i forhold til et D-mærket hus, end beboere i de øvrige energimærker. Det er dog vigtigt at have in mente, at det kun er få af udslagene i graferne, der er signifikante, hvilket betyder, at de ikke nødvendigvis udtrykker en bestemt tendens. Til gengæld viser den røde stiplede graf i Figur 20, at antallet af beboere i boliger med energimærke G er langt mere udsatte for sygdomme i de nedre luftveje, når der ikke er justeret for kontrolvariable.

At der kan spores et betydeligt udsving i sandsynligheden for at være syg i boliger med energimærke A, målt relativt til energimærke D, kan ikke umiddelbart forklares på baggrund af litteraturen. Givet de få signifikante udslag og usikre resultater underbygger det som udgangspunkt hypotesen om, at indeklimaet er betinget af en række øvrige forhold end boligens energistandard, og yderligere undersøgelser er nødvendige for at afdække den sande sammenhæng.

Figur 20: Sammenhæng mellem energimærke og sygdomme i de nedre luftveje



Note: Alle tal skal ses i forhold til et D-mærket hus. Signifikante parametre er for aldersgruppen 0-70 år (alle) A, og for børn under 10 år E og F. Alle øvrige parametre er ikke signifikant forskellige fra et D-mærket hus. Gennemsnittet angiver den ubetingede gennemsnitlige sandsynlighed relativt til en D-mærket bolig, for at have sygdomme i de nedre luftveje for hvert energimærke. Den gennemsnitlige sandsynlighed for at have en diagnose i de nedre luftveje er 2 pct. for alle og 7 pct. for børn. Der er i modelresultaterne korrigeret for forhold relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed samt beboernes socioøkonomiske forhold.

Kilde: COWI

### 3 Vores statistiske metode

Til at belyse sammenhængen mellem energistandard og beboernes sundhed har vi anvendt et omfattende datasæt på mere end 160.000 energimærkede énfamiliehuse i perioden 2006 til 2014. Sundhedstilstanden er undersøgt for mere end 380.000 forskellige personer i alderen 0-70 år.

Som beskrevet i Kapitel 2 har vi ud over oplysninger om selve energimærket trukket på en række oplysninger vedrørende både boligens beskaffenhed, beliggenhed, samt en række socio-økonomiske forhold til at danne kontrolvariable, der kan være medvirkende til at beskrive sundhedstilstanden for den enkelte person. Tabel 1 viser, hvordan nogle af disse kontrolvariable er fordelt på tværs af energimærker.

Tabel 1: Kort om data

Energi- mærke	Antal obs.	Antal kon- takter til praktise- rende læ- ge	Antal kontak- ter til sygehus	Andel Medi- cin til ånde- drætsorg- ner	Andel med KOL	Andel med sygdomme i nedre luft- veje	Andel med sygdomme i øvre luft- veje	Andel med astma	Opførel- selsår (median)	Gns. An- tal per- soner i husstan- den	Gns. Alder	Indkomst (1.000 kr.)	Andel med mellemlang el. lang vide- regående ud- dannelse
<b>A</b>	7.880	8,0	2,2	13,8	0,28	2,6	3,8	1,9	2011	3.7	30	263	53
<b>B</b>	21.264	8,2	2,2	15,0	0,33	2,2	3,9	2,2	2007	3.7	28	256	50
<b>C</b>	105.055	8,8	2,3	16,1	0,43	2,0	3,4	1,9	1978	3.5	32	270	45
<b>D</b>	141.715	9,3	2,7	16,6	0,63	2,1	3,2	2,0	1965	3.2	35	261	42
<b>E</b>	81.098	9,4	2,8	16,7	0,78	2,1	3,2	1,9	1954	3	35	251	41
<b>F</b>	45.706	9,4	3,0	16,4	0,99	2,1	3,1	2,0	1946	2.8	36	219	39
<b>G</b>	28.933	9,7	3,3	16,6	1,27	2,3	3,1	2,0	1935	2.6	37	237	34
<b>I alt</b>	431.651	9,2	2,7	16,3	0,67	2,1	3,3	2,0	1965	3.4	34	262	42

Note: Hvis ikke andet er angivet, fremstiller tabellen de gennemsnitlige værdier for det pågældende energimærke. Alle tal er opgjort for aldersgruppen 0-70 årige på tværs af alle individer i husstandene. Antal kontakter til praktiserende læge og sygehus er opgjort som det gennemsnitlige årlige gennemsnit, mens andel med henholdsvis KOL, sygdomme i nedre- og øvre luftveje og astma er opgjort som andelen af personer med en diagnose eller et registreret medicinforbrug inden for 5 år før energimærkningen af personens bolig. Indkomst er opgjort som den personlige bruttoindkomst. Det vil sige, at i husstande, hvor der er børn og derved flere individer med meget lav eller ingen indkomst, vil husstanden samlet komme til at fremstå med en lavere gennemsnitlig personindkomst end husstanden med ingen børn. Andel med mellemlang el. lang videregående uddannelse er opgjort på husstands niveau, hvor mindst ét individ i husstanden har en mellemlang, eller lang videregående uddannelse. Kilde: COWI

Af Tabel 1 fremgår det, at langt de fleste boliger har energimærke C eller D. Disse er typisk bygget i perioden 1960 til 1980. Ligeledes fremgår det, at der er væsentlige forskelle på den socioøkonomiske profil på de personer, der bor i de forskellige energimærkede boliger. Boliger med en bedre energistandard er typisk både nyere, har flere og yngre beboere. Dertil kommer, at husstanden har en højere indkomst og en relativt længere uddannelse end personer i boliger med lavere energistandard.

Til at undersøge disse data har vi benyttet os af tre forskellige statistiske tilgange. De forskellige tilgange har haft særligt fokus på at modellere den enkelte persons sundhedstilstand under hensyntagen til, at personer i samme husholdning i vid udstrækning er udsat for den samme indeklimapåvirkning. De tre tilgange beskrives i Boks 1.

### Boks 1: Vores statistiske metode

Vi afprøver i analysen tre overordnede tilgange til at belyse sammenhængen mellem boligens energistandard og beboernes sundhedstilstand.

Den første tilgang er baseret på henholdsvis en **OLS-** og **probit-**tilgang. OLS-modellen anvendes til at belyse kontakter til praktiserende læge samt kontakter til sygehus for hvert individ. Begge tilgange er følsomme over for kovarians i fejlleddet mellem individer, hvorfor de ikke anvendes til endelig afrapportering af resultaterne. Denne vil bl.a. opstå som følge af fælles udluftningsadfærd mellem individer i samme husstand eller individer, der deler samme livsstil og sundhedsvaner.

Den næste tilgang anvender **Generalized Estimation Equations** (GEE). Denne type model kan anvendes til at estimere parameterestimer for både lineære og ikke-lineære modeller (OLS og probit) i tilfælde, hvor observationer er korrelerede, men den eksakte korrelationsstruktur er ukendt. Modellen tager således højde for, at individer i samme husstand højst sandsynligt deler nogle adfærds karakteristika, der påvirker deres sundhedstilstand, som vi ikke kan tage højde for med vores kontrolvariable. Eksempelvis vil individer i samme husholdning i høj grad dele påvirkning fra brændeovn i boligen, udluftningsmønster samt boligens husdyr. Resultaterne fra modellen skal fortolkes som ændringer for den gennemsnitlige befolkning, og ikke på individniveau som OLS- eller probit-modellen. GEE-modellens resultater er afrapporteret i undersøgelsens figurer.

Endelig har vi afprøvet en **simuleringstilgang**, hvor én person for hver husholdning tilfældigt udvælges, og hhv. OLS- eller probit-modellen køres 1.000 gange. For hver kørsel trækkes en ny person for hver husstand, og modellens parameterestimer udregnes. Da det er tale om udvælgelse med tilbagelægning kan den samme person udvælges ad flere omgange. Slutteligt dannes et gennemsnit på hvert parameterestimat, varians, mv., således at man i praksis står tilbage med samme informationer som i en almindelig modelkørsel. Denne tilgang har den fordel, at variation i fejlleddet mellem individer fra samme husholdning omgås, mens information fra den fulde population stadig udnyttes som følge af simulationen. Resultater fra simuleringstilgangen er ikke afrapporteret, da de i vid udstrækning underbygger resultaterne fra GEE-tilgangen.

Udgangspunktet for analyserne har været en undersøgelse af sammenhængen mellem energimærket og beboernes sundhedstilstand målt ved de syv beskrevne sundhedsindikatorer, hvor vi har kontrolleret for en række forhold, der ud over boligens energibeskaftning også forventes at påvirke den enkelte beboers sundhedstilstand, se Kapitel 2. Vi har ligeledes undersøgt, om der forefindes krydseffekt mellem energistandarden og karakteristika omkring boligen og boligens beboere, der ligger ud over den effekt selve energimærket og kontrolvariablene bidrager med. Med det eksisterende datagrundlag har det ikke været muligt at isolere sådanne effekter.

For en mere uddybende beskrivelse af datagrundlag, kontrolvariable, deskriptiv statistik og metode henvises til Bilag A.

## 4 Litteratur

- › Andersen, R. K., & Toftum, J. (2013). *Rapport over analyse af boligejerens socioøkonomiske gevinst ved indeklimaforbedring som følge af energirenovering*. Center for Indeklima og Energi, DTU. Udarbejdet for Energistyrelsen
- › Andersson, Kjeld (2008) 'Indoor climate and health: What do we really know?' Indoor Air, Paper ID: We9K1
- › Bekö, G., Lund, T., Nors, F., Toftum, J., & Clausen, G. (2010). Ventilation rates in the bedrooms of 500 Danish children. *Building and Environment*, 45(10), 2289-2295.
- › Bornehag, C. G., Sundell, J., Hägerhed-Engman, L., & Sigsgaard, T. (2005). Association between ventilation rates in 390 Swedish homes and allergic symptoms in children. *Indoor air*, 15(4), 275-280.
- › Callesen, M., Bekö, G., Weschler, C. J., Sigsgaard, T., Jensen, T. K., Clausen, G., & Høst, A. (2014). Associations between selected allergens, phthalates, nicotine, polycyclic aromatic hydrocarbons, and bedroom ventilation and clinically confirmed asthma, rhinoconjunctivitis, and atopic dermatitis in preschool children. *Indoor air*, 24(2), 136-147.
- › CISBO. (2015). Siden er senest besøgt d. 8 december 2015
- › Diderichsen, F., Andersen, I., & Manuel, C. (2011). *Ulighed i sundhed. Årsager og indsatser*. Sundhedsstyrelsen, København.
- › Dimitroulopoulou, C. (2012). Ventilation in European dwellings: A review. *Building and Environment*, 47, 109-125.
- › Fernandes, E. O., Jantunen, M., Carrer, P., Seppänen, O., Harrison, P., & Kephelopoulos, S. (2009). ENVIE Coordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects.

- › Flachs E.M., Eriksen L, Koch M.B., Ryd J.T., Dibba E, Skov-Ettrup L, Juel K. Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet. (2015). *Sygdomsbyrden i Danmark – sygdomme*. Sundhedsstyrelsen, København
- › Frisk, M., Magnuson, A., Kiviloog, J., Ivarsson, A. B., & Kamwendo, K. (2007). Increased occurrence of respiratory symptoms is associated with indoor climate risk indicators—A cross-sectional study in a Swedish population. *Respiratory medicine*, 101(9), 2031-2035.
- › Gunnarsen, L., Sigsgaard, T., Andersen, N.T., Linneberg, A., Knudsen H.N., Afshari, A., Pedersen, C.M., Larsen, J.C., & Nielsen E. (2006). *Status og perspektiver på indeklimaområdet*. Miljøstyrelsen.
- › Gunnarsen, Lars (2011). *Energibesparelser og indeklima' i Tænk sundhed ind i miljøet – et prioriteringsværktøj og inspiration til kommuners forebyggende indsats*. Gennemskrevet og tilrettet for Sundhedsstyrelsen af Rambøll Management Consulting.
- › Heseltine, E., & Rosen, J. (Eds.). (2009). *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. WHO Regional Office Europe.
- › Kolarik, B., Andersen, Z. J., Ibfelt, T., Engelund, E. H., Møller, E., & Bräuner, E. V. (2015). Ventilation in day care centers and sick leave among nursery children. *Indoor air*.
- › Liddell, C., & Morris, C. (2010). Fuel poverty and human health: a review of recent evidence. *Energy policy*, 38(6), 2987-2997.
- › Medinfo. (2015). <http://medinfo.dk/>, siden er seneste besøgt d. 8 december 2015
- › Mzavanadze, N., Kelemen, Á., & Üрге-Vorsatz, D. (2015). *Literature review on social welfare impacts of energy efficiency improvement actions*. University of manchester, Grant Agreement No. 649724
- › Niras. (2015). *Sammenhængen mellem energistandard og komfort – Interviewundersøgelse*. Udarbejdet for Energistyrelsen
- › SDU. (2007). *Kronisk obstruktiv lungesygdom (KOL) i Folkesundhedsrapporten, Danmark*. Statens Institut for Folkesundhed
- › Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W. W., Cain, W. S., Fisk, W. J., Grimsrud, D. T., & Samet, J. M. (2011). Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor air*, 21(3), 191-204.
- › Sundhedsstyrelsen (2005). *Helbredsproblemer ved fugt og skimmelsvampe i bygninger – om udredning og diagnostik hos alment praktiserende læger*. Sundhedsstyrelsen, København



- › Valbjørn, O., Laustsen, S., Høwisch, J., Nielsen, O., & Nielsen, P. A. (2000). *Indeklimahåndbogen*. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI.
  
- › WHO. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. WHO



## Bilag A Tekniske data og beskrivelser

### Data

Data til analysen er sammensat af et udtræk fra BBR, energimærker, geografiske variable baseret på BBR og KORT10, samt en række registerdata fra Danmarks Statistik, der beskriver den enkelte persons sundhedstilstand samt socioøkonomiske profil. Samlet giver dette en beskrivelse af henholdsvis boligens beskaffenhed, boligens beliggenhed samt beboerne sundheds- og socioøkonomiske profil, jf. Tabel Bilag A 1.

Tabel Bilag A 1: Datakilder

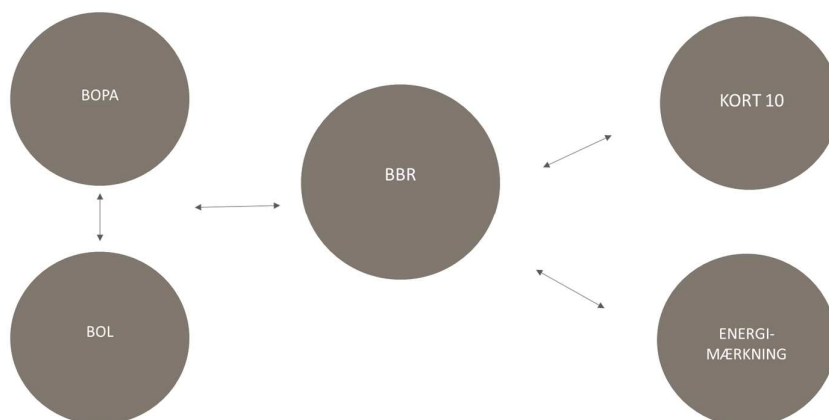
Tema	Datakilde	Periode
<b>Boligbeskrivelse</b>	BBR, Udtræk fra energimærker	Boliger energimærket i perioden 2006-2014
<b>Boligens beliggenhed</b>	BBR, KORT10	Udtræk af Kort10 fra Geodatastyrelsen juni 2015
<b>Sundhedsprofil</b>	SSSY, LPR, LPRDIAG, SSSY, SSKO	2005-2013
<b>Socioøkonomisk profil</b>	BEF, FAM, UDDA, INDK, DREAM, RAS, BOPA, DOD	2006-2014
<b>Koblingsdatasæt</b>	BOL	2006-2014

### Afgrænsning og koblingsstrategi

Udgangspunktet for analysen er énfamilieshuse på 50-600 kvadratmeter i hele Danmark, der er blevet energimærket i perioden 2006-ultimo 2014. Analysens beskrivelse af boliger og deres energimærke tager afsæt i BBR registret, der indeholder en række oplysninger omkring hver enkelt bolig i forhold til areal, opførelsesår, beliggenhed, opvarmningsforhold, energimærke mv<sup>11</sup>. Observationer med manglende eller afvigende oplysninger omkring beliggenhed (x,y, koordinater), tidspunkt for energimærkning, energiklasse mv. frasorteres. Det rensede datasæt indeholder 250.000 unikke boliger. Boligerne kobles til de personer, der havde bopæl i boligen samme år, som boligen blev energimærket. I de tilfælde, hvor en bolig er energimærket mere end én gang, udvælges den, hvor beboerne har boet længst.

<sup>11</sup> Energimærker fra tidligere energimærkeskalaer er konverteret til 2013-skalaen. Boliger med energimærke A2010, A2015 og A2020 tildeles i denne rapport en fælles energiklasse A.

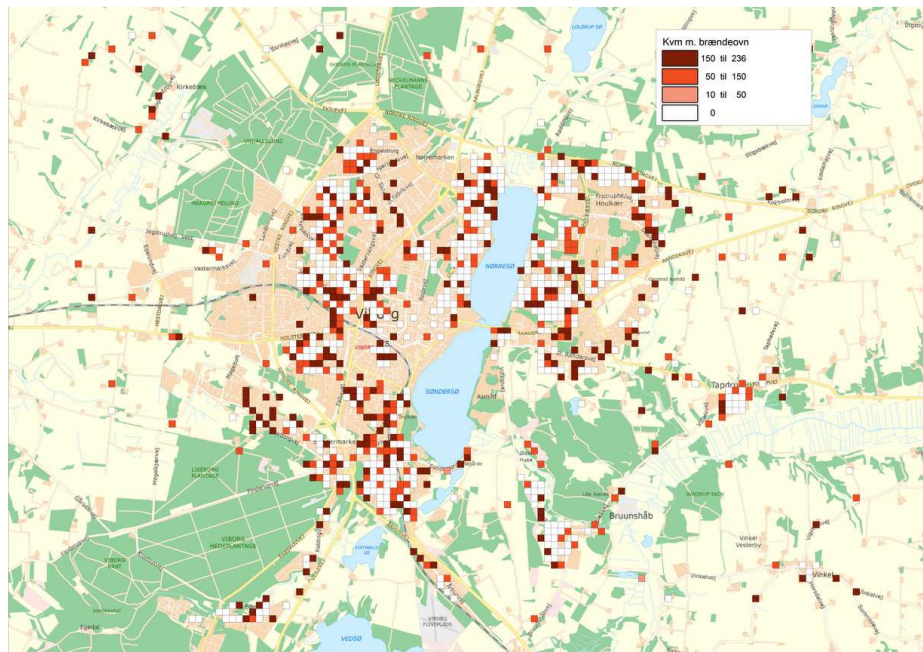
Figur Bilag A 2: Afgrænsning af boliger i det endelige datasæt, samt boligens beskaffenhed og geografi.



Kilde: COWI

Koblingen af personer og boliger sker gennem boligens kommunekode og ejendomsnummer, og går gennem registret BOL. For at kunne danne et billede af boligens beliggenhed i forhold til luftforurening analyseres boligens placering relativt til større veje, togbaner, lufthavne, samt lokal luftforurening fra brændeovne vha. Geografiske Informations Systemer (GIS). GIS-analysen har fokus på nærhed og intensiteten af forekomsten af forureningskilder, eksempelvis ved opgørelse af antallet af større veje og antal kvadratmeter bolig opvarmet med brændeovn inden for et 100x100m kvadrat, se Figur Bilag A 3.

Figur Bilag A 3: Eksempel på opgørelse af luftforureningsmål, areal opvarmet med brændeovn i Viborg



Note: Figuren viser antal kvadratmeter bolig opvarmet med brændeovn inden for et areal af 100x100 m.

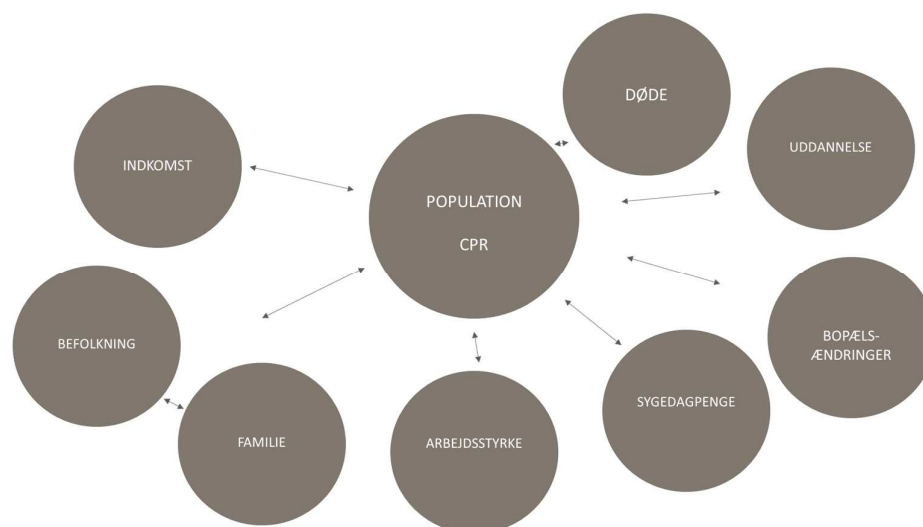
Kilde: COWI på baggrund af BBR og Kort10

Boligens energistandard søges yderligere belyst ved variable, der beskriver boligens ventilations- og isoleringsgrad, og som er opgjort i de energimærkerapporter, der udarbejdes i forbindelse med energimærkning.

Ikke alle boliger kan kobles til en beboer. Dette skyldes bl.a. uoverensstemmelse mellem oplysninger i forhold til henholdsvis boligens adresse-identificeringsvariable (ejendomsnummer og variabelen "bopikom") samt det forhold, at nogle boliger sættes til salg i forbindelse med et dødsfald, hvor der ikke er nogen registreret beboer på bopælen. Det endelige datasæt, der danner grundlag for analyserne, indeholder således knap 210.000 unikke boliger.

Oplysninger omkring beboernes socioøkonomiske profil samt sundhedstilstand tilknyttes ved brug af personens CPR-nummer. De anvendte socioøkonomiske registre har fokus på at danne et billede af personens alder, køn, tilknytning til arbejdsmarkedet og boligen, indkomstforhold, uddannelse, etnicitet, civilstand samt regionale bopæl i landet vha. registrene (BEF, FAM, UDDA, INDK, DREAM, RAS, BOPA, DOD), jf. Figur Bilag A 4.

Figur Bilag A 4: Registre til beskrivelse af personens socioøkonomiske profil



Kilde: COWI

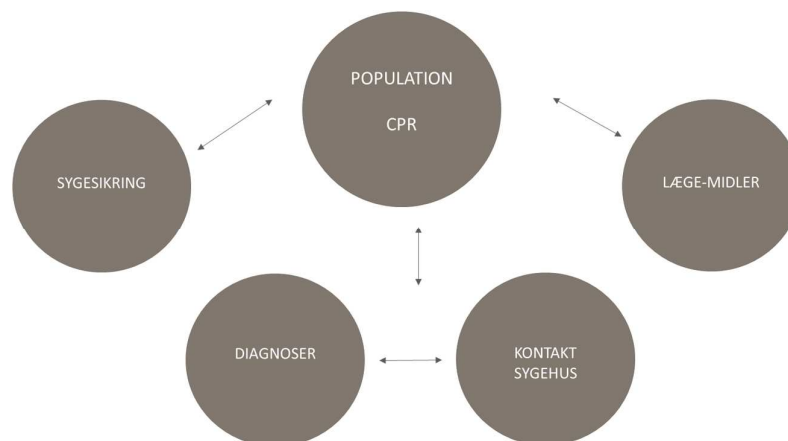
For at give et bredt billede af den enkelte persons sundhedstilstand dannes følgende sundhedsindikatorer:

- 4 Kontakt til praktiserende læge, målt som antal besøg hos praktiserende læge
- 5 Kontakt til sygehusvæsenet, målt som antal ambulante besøg, skadestuebesøg og antal indlæggelsesdage
- 6 Receptpligtigt medicin forbrug relateret til sygdomme i åndedrætsorganerne
- 7 KOL-diagnose
- 8 Diagnose for sygdomme i øvre åndedrætsorganer
- 9 Diagnose for sygdomme i de nedre åndedrætsorganer
- 10 Diagnose for astma.

For sundhedsindikator 1-3 undersøges en given persons sundhedstilstand året før, dennes bolig blev energimærket. Det vil sige, at for eksempel antallet af kontakter til praktiserende læge opgøres i 2013 for beboerne i en bolig, der energimærkes i 2014. For sundhedsindikator 4-7 opgøres denne fem år før energimærkningstidspunktet. For beboere i et hus, der energimærkes i 2014, undersøges det således, om de for eksempel er diagnosticeret med astma i perioden 2009 til 2013.

Indikatorerne dannes vha. en række sundhedsregistre (SSKO, SSSY, LPR, LMDB), jf. Figur Bilag A 5.

Figur Bilag A 5: Oversigt over kobling af sundhedsregistre til dannelse af personens sundhedstilstand



Kilde: COWI

Sundhedsindikatorer relateret til mere specifikke sygdomme, el. sygdomsgrupper afgrænses ved brug af aktions- og bi-diagnoser, jf. Tabel Bilag A 1. Udvælgelsen af aktions- og bi-diagnoser er sket på baggrund af Flachs m.fl. (2015) og Medinfo (2015).

Tabel Bilag A 1: Afgræsning af sygdomme vha. aktionsdiagnoser

Sundhedsindikator	Diagnoser	Sygdomstekst
<b>KOL</b>	J40-J44, J47	Inkluderer kronisk og ikke-kronisk bronkitis, lungeemfysem, KOL samt udvidelse af bronkier
<b>Astma</b>	J45, J46	Inkluderer astma, dog ikke kronisk bronkitis (dækkes af KOL), Eosinofil astma, samt lungelidelse årsaget af ydre agentia
<b>Sygdomme i nedre luftveje</b>	J09-J46	Inkluderer visse typer af influenza, lungebetændelse, akutte infektioner i nedre luftveje, såsom akut bronkitis, sygdomme i næse og bihuler mv. Bemærk at denne indikator dækker bredt, og derfor også indeholder aktionsdiagnoser under KOL, astma og øvre luftvejsinfektioner
<b>Sygdomme i øvre luftveje</b>	J00-J06, J30-J39	Inkluderer forkølelse og andre akutte betændelsestilstande i bihuler og hals. Derudover medtages kroniske sygdomme i næse og bihuler som i sygdomme i nedre luftveje.

Kilde: COWI på baggrund af (Medinfo, 2015) samt (Flachs, 2015)

Beskrivende statistik for det grundlæggende datasæt til analyse ses i Tabel Bilag A 2.

Tabel Bilag A 2: Beskrivende statistik for grunddatasæt

Variabel	mean	sd	Min.	Maks.
<b>KOL</b>	0,01	0,1	0	1
<b>Astma</b>	0,02	0,1	0	1
<b>Sygdomme i nedre luftveje</b>	0,02	0,1	0	1
<b>Sygdomme i øvre luftveje</b>	0,03	0,2	0	1
<b>Kontakter til praktiserende læge</b>	9,2	11,7	0	328,0
<b>Kontakter til sygehus</b>	2,7	10,7	0	1.150
<b>Medicin til åndedrætsorganerne</b>	0,2	0,4	0	1
<b>A</b>	0,02	0,1	0	1
<b>B</b>	0,05	0,2	0	1
<b>C</b>	0,2	0,4	0	1
<b>D</b>	0,3	0,5	0	1
<b>E</b>	0,2	0,4	0	1
<b>F</b>	0,1	0,3	0	1
<b>G</b>	0,1	0,3	0	1
<b>Gennemsnitlig isoleringsgrad (U-værdi)</b>	0,4	0,2	0,1	2,3
<b>Mekanisk ventilation i boligen (dummy)</b>	0,1	0,2	0	1
<b>Afstand til nærmeste lufthavn (m)</b>	50.710	30.172	377,6	170.637
<b>Antal personer i husstanden</b>	3,4	1,3	1,0	10,0
<b>Antal dage i boligen</b>	4.250	3.540	0,0	51.356
<b>Antal kvm bolig opvarmet med brændeovn, 100m omkring boligens kvadrat</b>	1.426	1.187	0,0	23.205
<b>Afstand til nærmeste jernbane</b>	4.919	15.279	7,1	169.121
<b>Antal primær/sekundær ruter, 100m omkring boligens kvadrat</b>	6,7	2,3	0	9
<b>Antal primær/sekundær ruter, 100m</b>	1,0	1,7	0	9
<b>Antal motorveje og motortrafikveje, 100m</b>	0,02	0,3	0	8
<b>Opførelsesår</b>	1.955	39	1.477	2.015
<b>Ombygningsår/opførelsesår</b>	1.974	31	1.477	2.015
<b>Mand (dummy)</b>	0,5	0,5	0	1
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, Ufaglært (dummy)</b>	0,2	0,4	0	1
<b>Højest fuldførte uddannelse, Gymnasiale og erhvervsfaglige uddannelser, (dummy)</b>	0,3	0,5	0	1
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, kort videregående (dummy)</b>	0,0	0,2	0	1
<b>Mellemlange uddannelser (dummy)</b>	0,4	0,5	0	1
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, lang videregående (dummy)</b>	0,1	0,2	0	1
<b>Beskæftigede (dummy)</b>	0,6	0,5	0	1
<b>Arbejdsløs (dummy)</b>	0	0,1	0	1
<b>Uden for arbejdsstyrken (dummy)</b>	0,3	0,4	0	1



Variabel	mean	sd	Min.	Maks.
Førtidspensionist (dummy)	0,0	0,1	0	1
Social stillingskode barn (dummy)	0,2	0,4	0	1
Bruttoindkomst for personen (1.000 kr.)	261,7	478,5	-	-
Bruttoindkomst, hvis personen er selvstændig (1.000 kr.)	17,4	228,4	-	-
Alder	34	20	1	69
Brændeovn i boligen (dummy)	0,5	0,5	0	1,0
Kælder i boligen (dummy)	0,1	0,3	0	1,0
Boligareal	155,9	48,3	0	973
København (dummy)	0,1	0,3	0	1
Nordsjælland (dummy)	0,1	0,3	0	1
Østsjælland (dummy)	0,1	0,2	0	1
Vest- og Sydsjælland (dummy)	0,1	0,3	0	1
Bornholm (dummy)	0,01	0,1	0	1
Fyn (dummy)	0,1	0,3	0	1
Sydjylland (dummy)	0,2	0,4	0	1
Vestjylland (dummy)	0,1	0,3	0	1
Østjylland (dummy)	0,2	0,4	0	1
Nordjylland (dummy)	0,1	0,3	0	1
Dansk oprindelse (dummy)	1	0,2	0	1
Indvandrer (dummy)	0,04	0,2	0	1
Efterkommere (dummy)	0,01	0,1	0	1

## De anvendte statistiske modeller

Modellerne i rapporten er estimeret med udgangspunkt i to basismodeller.

Kontakter til praktiserende læge og sygehusvæsenet estimeres ved hjælp af en OLS-regression og er specificeret som:

$$1. \quad S_i = \beta_0 + \beta_1 Emærke_{G_i} + \dots + \beta_6 Emærke_{A_i} + \beta_k Kontrolvariable_{ki} + \varepsilon_i$$

Den afhængige variabel  $S_i$  er sundhedsindikatoren, f.eks. antal besøg hos praktiserende læge.

De øvrige sundhedsindikatorer (indikator 3-7) er estimeret ved hjælp af en probit-model. Modellen er specificeret som:

$$2. \quad P(y_i = 1|x) = P(\beta_0 + \beta_1 Emærke_{G_i} + \dots + \beta_6 Emærke_{A_i} + \beta_k Kontrolvariable_{ki} + \varepsilon_i > 0)$$

Forskellen på de to modeller er, at OLS-modellen er beregnet til at modellere kontinuerte variable, såsom forbrug eller antal kontakter til sygehusvæsenet, mens probit-modellen er en diskret model, der udregner sandsynligheden for, at en hændelse indtræffer, f.eks. at man diagnosticeres med astma.

For begge modeller angiver leddet " $\beta_1 Emærke_{G_i} + \dots + \beta_5 Emærke_{A_i}$ " en dummyvariabel for hvert energimærke fra F til A<sup>12</sup>. Fortegnet og størrelsen på estimerede koefficienter danner baggrund for en estimering af effekten af det pågældende energimærke relativt til referencepunktet Energimærke D, på den pågældende sundhedsindikator. Endelig indeholder modellen et fejledd ( $\varepsilon_i$ ), som fanger de faktorer, der påvirker en persons sundhedstilstand, men som vi ikke kan kontrollere for med de tilgængelige data, f.eks. adfærd relateret til, hvor hyppigt der luftes ud.

Givet at individer i den samme husholdning må formodes at dele en række karakteristika i forhold til adfærd, livsstil, genetik mv., der alle kan påvirke personens følsomhed over for et godt indeklima og dennes sundhed, må det formodes, at fejlleddet mellem individer i samme husstand er korreleret. Dette bryder med antagelserne i både OLS- og probit-modellen. Ydermere vil gentagne observationer fra samme husholdning medføre en "inflatering" i mængden af statistisk information tilgængelig i antallet af observationer, der undersøges, da en række variable, f.eks. relateret til boligens beskaffenhed og beliggenhed vil være identisk for alle individer i den givne husholdning. For at tage højde for dette bør modellens variansparametre korrigeres svarende til den faktiske mængde statistisk information.

På denne baggrund, og for at lave følsomhedsanalyse på vores resultater, har vi afprøvet to yderligere modeltilgange.

### 3. Simulering på baggrund af hhv. OLS og probit-modellen

Den første tilgang er en simuleringstilgang, hvor én person for hver husholdning tilfældigt udvælges, og hhv. OLS eller probit-modellen køres 1.000 gange. For hver kørsel trækkes en ny person for hver husstand og modellens parameterestimer udregnes. Da der er tale om udvælgelse med tilbagelægning, kan den samme person udvælges ad flere omgange. Slutteligt dannes et gennemsnit på hver parameterestimat, varians, mv., således at man i praksis står tilbage med samme informationer som i en almindelig modelkørsel. Denne tilgang har den fordel, at variation i fejlleddet mellem individer fra samme husholdning omgås, mens information fra den fulde population stadig udnyttes som følge af simulationen.

### 4. Generalized Estimation Equation

Generalized Estimation Equations (GEE) kan anvendes til at estimere parameterestimer for både lineære og ikke-lineære modeller i tilfælde, hvor observationer

---

<sup>12</sup> Energimærkerne A2010, A2015 og A2010 er grupperet samlet som energimærke A.

er korrelerede, men den eksakte korrelationsstruktur er ukendt. I dette tilfælde korrelation i fejleddet mellem individer af samme husholdning. GEE-modellen anvender en semiparametrisk tilgang, og kan estimere påvirkninger fra ændringer i energimærket for den gennemsnitlige befolkning, men ikke på individniveau.

For alle syv sundhedsindikatorer beskrevet i Tabel Bilag A 3 er der i modellerne estimeret med henholdsvis en OLS-model eller probit-model, samt GEE-modellen. Vi fandt forskelle i både signifikansniveauer, samt fortegn på parameterestimerne ved at gå fra den simple OLS- og probit-tilgang til at estimere med GEE-modellen. Dette skyldes formodentligt korrelation i fejleddet på tvær af individer, hvilket kan lede til misvisende parameterestimer. Simuleringstilgangen er afprøvet på en håndfuld sundhedsindikatorer, men har i store træk givet resultater svarende til GEE-modellens. De samme kontrolvariable er anvendt på tværs af alle modeller, dog med den undtagelse, at modellen for børn har medtaget husstandens højeste indkomst, uddannelsesniveaut samt tætteste tilknytning til arbejdsmarkedet i stedet for barnets eget niveau. Et eksempel på modeloutput fra en af GEE-modelkørslerne kan ses i nedenstående tabel.

## Resultater

Tabel Bilag A 3: Estimationsresultater; GEE-model for samlet indikator over sygdomme i åndedrætsorganerne

Variabel	Koefficient estimat	Marginal effekt
<b>A</b>	-0.0447**	-0.0120**
	(0.0190)	(0.00501)
<b>B</b>	-0.0256**	-0.00694**
	(0.0126)	(0.00340)
<b>C</b>	-0.00287	-0.000785
	(0.00667)	(0.00182)
<b>E</b>	0.00188	0.000514
	(0.00706)	(0.00194)
<b>F</b>	-0.0113	-0.00309
	(0.00871)	(0.00237)
<b>G</b>	-0.0140	-0.00381
	(0.0105)	(0.00286)
<b>Brændeovn i boligen (dummy)</b>	-0.00617	-0.00169
	(0.00515)	(0.00141)
<b>Kælder i boligen (dummy)</b>	-0.0187**	-0.00510**
	(0.00782)	(0.00212)
<b>Ombygningsår/opførelsesår for boligen</b>	6.18e-05	1.69e-05
	(8.69e-05)	(2.38e-05)
<b>Nordsjælland</b>	0.00490	0.00134
	(0.0114)	(0.00312)
<b>Østsjælland</b>	0.0245*	0.00677*
	(0.0134)	(0.00371)
<b>Vest- og Sydsjælland</b>	-0.0191*	-0.00518*

Variabel	Koefficient estimat	Marginal effekt
	(0.0108)	(0.00294)
<b>Bornholm</b>	-0.0879***	-0.0232***
	(0.0265)	(0.00675)
<b>Fyn</b>	-0.00734	-0.00200
	(0.0112)	(0.00307)
<b>Sydjylland</b>	-0.0305***	-0.00824***
	(0.0100)	(0.00272)
<b>Vestjylland</b>	-0.0160	-0.00435
	(0.0117)	(0.00319)
<b>Østjylland</b>	-0.0524***	-0.0140***
	(0.0104)	(0.00281)
<b>Nordjylland</b>	-0.0243**	-0.00659**
	(0.0111)	(0.00301)
<b>Antal opvarmede kvadratmeter med brændeovn, 100 m omkring boligens kvadrat</b>	1.18e-06	3.22e-07
	(2.34e-06)	(6.42e-07)
<b>Antal motorveje og motortrafikveje, 100 m omkring boligens kvadrat</b>	0.00423	0.00116
	(0.00720)	(0.00197)
<b>Antal primære/sekundære ruter, 100 m omkring boligens kvadrat</b>	0.00847***	0.00232***
	(0.00204)	(0.000559)
<b>Antal veje ml. 3-6 m og øvrige veje, 100 m omkring boligens kvadrat</b>	0.00547***	0.00150***
	(0.00161)	(0.000440)
<b>Børn under 3 i husstanden (dummy)</b>	0.0632***	0.0178***
	(0.00731)	(0.00210)
<b>Mand (dummy)</b>	-0.104***	-0.0273***
	(0.00468)	(0.00124)
<b>Alder</b>	0.00644***	0.00176***
	(0.000163)	(4.74e-05)
<b>Arbejdsløs (dummy)</b>	-0.0143	-0.00388
	(0.0178)	(0.00482)
<b>Uden for arbejdsstyrken (dummy)</b>	0.133***	0.0385***
	(0.00594)	(0.00175)
<b>Førtidspensionist (dummy)</b>	0.385***	0.122***
	(0.0254)	(0.00905)
<b>Social stillingskode barn (dummy)</b>	0.550***	0.183***
	(0.0110)	(0.00404)
<b>Bruttoindkomst for personen</b>	-1.95e-08**	-5.69e-09**
	(9.15e-09)	(2.51e-09)
<b>Bruttoindkomst hvis personen er selvstændig</b>	1.01e-05	2.64e-06
	(1.38e-05)	(3.79e-06)
<b>Herkomst, indvandrere (dummy)</b>	-0.111***	-0.0289***
	(0.0121)	(0.00304)

Variabel	Koefficient estimat	Marginal effekt
<b>Herkomst, efterkommer (dummy)</b>	0.0126	0.00348
	(0.0276)	(0.00765)
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, Ufaglært (dummy)</b>	0.0230***	0.00637***
	(0.00692)	(0.00191)
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, gymnasie eller erhvervsfaglig (dummy)</b>	-0.0108	-0.00293
	(0.00665)	(0.00182)
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, kort videregående (dummy)</b>	0.0145	0.00400
	(0.0131)	(0.00364)
<b>Højest fuldførte uddannelsesniveau, lang videregående (dummy)</b>	-6.31e-05	-1.73e-05
	(0.0113)	(0.00310)
<b>Konstant</b>	-1.267***	
	(0.172)	
<b>Observationer</b>	381,988	381,988
<b>Antal husstande</b>	160,350	
<b>Antal grupper</b>		160,350

*Note: Sygdomme i åndedrætsorganer er opgjort som sygdomme relateret til hhv. astma, KOL, sygdomme i øvre og nedre luftveje, samt hvorvidt en given person modtager receptpligtig medicin til åndedrætsorganer. Tallene i parentes angiver standardafvigelsen på parameterestimerne. Da GEE-modellen er estimeret med udgangspunkt i en ikke-lineær model, kan koefficientestimerne ikke tolkes som ændringen i sandsynligheden for at have en sygdom i åndedrætsorganerne givet en ændring på én enhed af f.eks. indkomst. Koefficientestimerne skal i stedet tolkes i forhold til deres fortegn. En positiv koefficient angiver, en øget sandsynligheden for at have en sygdom i åndedrætsorganerne, og omvendt for negative koefficienter. Den marginale effekt angiver ændring i sandsynligheden for have en sygdom i åndedrætsorganerne, målt for en gennemsnitlig værdi for de forklarende variable. Dummyer er i udregningen af den marginale værdi angivet til nul.*

*Kilde: COWI*