


Sunde Boliger



”Der er lang vej fra at definere et problem til at opnå et resultat, også når det gælder indeklima. Men et demonstrationsbyggeri som Sunde Boliger er et effektivt tiltag til at gøre det muligt at handle på forskningsresultater.”

Arkitekt og projektleder, Jørgen Søndermark,
Realdania By & Byg

Forord

Sunde Boliger - et eksperimenterende nybyggeri

Sunde Boliger er et innovativt, eksperimenterende byggeprojekt. Et projekt, som skal bygge bro mellem forskning og praksis, og som med afsæt i byggematerialer, byggemetoder og teknologi skal afsøge muligheder for et bedre indeklima.

Omdrejningspunktet for projektet er tre familieboliger, tre gårdhavehuse, der er opført i et naturskønt parcelhuskvarter i Holstebro.

Hypotesen for projektet er, at de senere års fokus på energi og miljø kan have haft en negativ betydning for beboernes sundhed og komfort. Projektet skal vise, at hensynet til indeklimaet kan løftes uden at give køb på energi og miljø og uden fordyrende omkostninger. Husene er opført inden for en almindelig anlægsøkonomi.

Formålet med projektet er at afprøve en række nye indeklimaløsninger i skala 1:1 og få mulighed for at teste noget af den viden, der kendes fra indeklimateforskningen og omsætte den til konkrete løsninger, der kan bruges i både nybyggeri og eksisterende boliger.

Ambitionen er at skabe robuste og tilgivende boliger, hvor det ikke kun er beboernes ansvar at sikre et godt indeklima, men hvor en del af ansvaret er flyttet over på husene, der er bygget og indrettet indeklimavenligt.

Forventningen er, at projektet vil kaste en masse ny viden af sig, bl.a. om, hvordan huse – hvis de er bygget, disponeret og indrettet rigtigt – kan hjælpe beboerne til at skabe et godt indeklima.

Sunde Boliger - et levende laboratorium

De Sunde Boliger blev opført i efteråret 2016. I foråret 2017 stod de færdige, og herefter rykkede et hold af eksperter ind i de ubeboede huse for at foretage en lang række tests og målinger af temperatur, CO₂-niveauer, støj, partikelniveau, afgangninger osv.

Næste fase bliver at følge de familier, som køber husene. I forbindelse med huskøbet har familierne indvilliget i at være testpiloter de næste to-tre år. Nu skal husene virke i virkeligheden; nu skal de stå deres prøve.

Alle registreringer fortsætter, som da husene stod tomme, og der vil ligeledes blive udført flere grundige målinger af forskellige afgangninger. Derudover bliver der de næste par år gennemført en række interviews med familierne - både for at høre om deres personlige oplevelse af indeklimaet under forskellige forhold, og naturligvis også for at spørge ind til deres erfaring med husenes alternative indretninger og teknologiske løsninger.

Fungerer 'koreografien' om morgenen? Er det rigtigt, at ventilationen nærmest ikke kan høres? Er et systemloft pænt? Hvad siger gæster til familiernes nye, spændende hjem? Og mange andre spørgsmål. Resultaterne vil blive samlet og formidlet på forskellige platforme, i rapporter og ved foredrag, både midtvejs - forventeligt i efteråret 2018 - og som afslutning på eksperimentet, forventeligt i efteråret 2020.

Projektet er en del af Realdanias initiativ 'Et godt indeklima' og en del af Realdania By & Bygs arbejde med eksperimenterende nybyggeri.

Realdania By & Byg
juni 2017

Sund bolig

Med sin indretning, byggemetoder, materialevalg og teknologiske løsninger kan boligen understøtte det gode indeklima.

Sundt indeklima

En bolig med et ideelt indeklima smyger sig om beboeren som en lækker silkeskjorte, hverken for varm eller kold, hverken for tør eller fugtig, altid med en rar vellyd. Og så gavner det optimale indeklima sundheden.

Sund økonomi

Rent praktisk og konkret kan det sagtens lade sig gøre at bygge og bo sundere, i balance med energiforbruget og inden for en almindelig anlægsøkonomi.

Sund bevægelse

Energi- og miljøhensyn har længe været på byggebranchens dagsorden, og nu har endnu en bevægelse fået fart. Den handler om et øget fokus på at skabe boliger, der er sundere og behageligere at opholde sig i.



Sunde Boliger



Om Realdania By & Byg

Realdania By & Byg udvikler eksperimenterende nybyggeri – konkrete eksempler, der kan inspirere til udvikling af moderne byggerier.

Derudover køber og restaurerer Realdania By & Byg bygningsværker, der repræsenterer væsentlige eksempler på byggestil og arkitektur fra forskellige tidsperioder og egne i Danmark, ligesom selskabet medvirker ved areal- og byudvikling.

Når Realdania By & Byg investerer i ejendomme og arealer, sker det for at udvikle eller sikre kvaliteter, som ellers ville gå tabt, og typisk kun ved projekter, som andre ikke kan løfte. Det er ved alle projekter en forudsætning, at anvendelsen er nutidig, og at driften er økonomisk bæredygtig. Således også med de Sunde Boliger i Holstebro.

Indhold

Sunde Boliger – et demonstrationsbyggeri om indeklima	08
Fokus på indeklima – derfor!	10
Pilen peger på byggebranchen	14
Fra forskning til Indeklimahjul	18
Den personlige sundhed på agendaen	20
Sunde Boliger – et eksperimenterende byggeprojekt	22
Eksperimentets udgangspunkt	24
YES-tech, NOW-tech og NO-tech	26
Tre huse – tre løsningsmodeller	28
Indeklimaet måles og vejes	40
Indeklimahjulet	42
Oplevet indeklima	44
Sundt indeklima	58
Kilder til forurennet indeklima	72

Sunde Boliger

– et demonstrationsbyggeri om indeklima

Ved et af Holstebros smukke naturlandskaber, i kanten af parcelhuskvarteret Tommelise, ligger tre nybyggede gårdhavehuse.

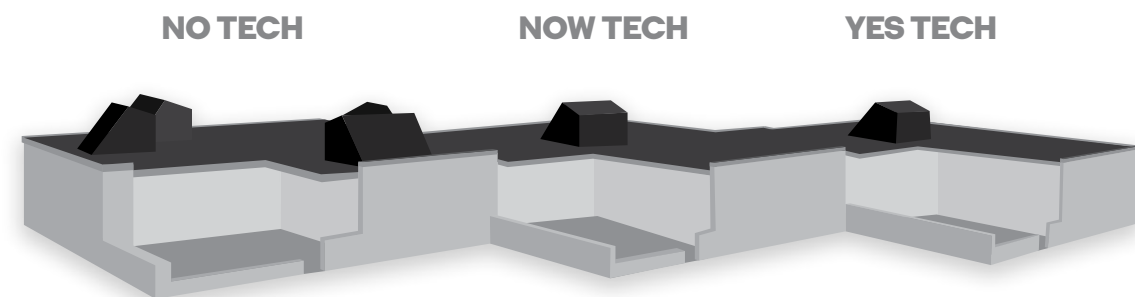
Skarptskårne rager de op med gullige sten i alt det grønne, og ganske ens ser de ud ved første øjekast. Men når dørene åbner sig, åbenbarer de sig som levende laboratorier med en vifte af progressive bud på sunde indeklimaløsninger.

De tre huse med navnene NO-tech, NOW-tech og YES-tech udgør tilsammen et eksperiment og et demonstrationsbyggeri med det fælles navn Sunde Boliger. De er en udløber af Realdanias initiativ 'Et godt indeklima' og en del af Realdania By & Bygs arbejde med eksperimenterende nybyggeri.

Husene adskiller sig fra hinanden ved den måde, de er indrettet på, ved byggemetoder, valg af materialer og teknologi, og tilsammen skal de afprøve, om det kan lade sig gøre at bygge og bo indeklimavenligt inden for et almindeligt byggebudget.

Husene skal vise, at selve huset kan hjælpe sine beboere til at leve med et godt indeklima, og at indeklimaet dermed ikke kun er den enkelte beboers ansvar. Nu peger pilen også på byggebranchen, der skal tænke i mere robuste og tilgivende boligløsninger, som ikke i samme grad som nu er afhængige af beboernes adfærd.

I Danmark tilbringer vi i gennemsnit to tredjedele af livet i vores huse og lejligheder. Samtidig er tre fjerdedele (76 procent) af alle sundhedsskadelige partikler i hjemmet



De Sunde Boliger ligger i Tommelisekvarteret i udkanten af Holstebro i et smukt naturlandskab.

skabt i hjemmet, og derfor giver det rigtig god mening, at et team af ingeniører, arkitekter, læger og forskere nu har sat sig sammen og udviklet nye bud på solide boliger, hvor indeklima er tænkt sammen med energi og design.

Men hvorfor egentlig vælge at etablere et demonstrationsbyggeri og ikke blot udgive en rapport om indeklima?

Erfaringen er, at vi som mennesker nemmere lader os overbevise af et budskab, når vi kan se, mærke og opleve, at teorien rent faktisk virker i virkeligheden. Erfaringen viser også, at der ofte opstår overraskende og ny viden, når en lang række enkeltstående idéer bliver bragt i spil og skal virke sammen i den kompleksitet, som en nybygget bolig rent faktisk er.

Første spadestik til byggeriet af de sunde boliger i Holstebro fandt sted i efteråret 2016, og et halvt år efter stod boligerne klar til at tage imod tre familier. Både før familierne flyttede ind og efterfølgende bliver der målt på, hvor effektive husene er til at skabe et optimalt indeklima for beboerne.

Næste step er, at byggebranchen og flere boligejere lader sig inspirere til i endnu højere grad at bygge og renovere mere indeklimavenligt. Bolden til endnu flere sunde boliger er hermed givet op.

Fokus på indeklima – derfor!

“Ingen har førhen set det som deres naturlige ansvarsområde. Når det gælder luftforurening, har landene i for eksempel Europa været enige om at regulere området, og i den forbindelse har de igangsat forskning og vedtaget standarder. Men når det drejer sig om indeklimaet i folks private boliger, har det været op til folk selv at gøre noget ved det.”

Sådan lyder det fra den lægeuddannede professor Torben Sigsgaard, når det handler om indeklima, og sådan havde også den generelle forklaring i årevis lydt blandt eksperter inden for klima og indeklima, dengang – i 2009 – da det danske forskningscenter CISBO [Center for Indeklima og Sundhed i Boliger] blev etableret med støtte fra Realdania.

I årene op til var der kommet mere fokus på de sundhedsproblemer, der bunder i fødevarer og livsstil, navnlig de såkaldte KRAM-faktorer [Kost, Rygning, Alkohol, Motion]. Men nu ville en tværfaglig gruppe af forskere med den lægeuddannede professor Torben Sigsgaard i spidsen også kortlægge og formidle, hvad indeklimaet i bygninger og boliger betyder for vores sundhed.

“Visionen for projektet er at skabe sunde boliger, hvor ren luft, lys, lyd og behagelige temperaturer går op i en højere enhed, i balance med energiforbruget, og inden for en almindelig anlægsøkonomi.”

Arkitekt og projektleder, Jørgen Søndermark, Realdania By & Byg

“Uvidenheden om, hvordan adfærd, byggeri og bolig påvirker indeklimaet, både det sundhedsmæssige og oplevede, var dengang foruroligende stor,” fortæller Torben Sigsgaard fra Institut for folkesundhed, Aarhus Universitet, og daværende leder af CISBO, der lukkede i 2016, efter at have fuldført sin seksårige forskningsforpligtigelse.

Et tværfagligt forskningscenter

CISBO var et tværfagligt forskningscenter med fokus på at afdække og formidle de basale sammenhænge mellem boligbyggeriets design, konstruktion og materialevalg, indeklima, beboernes adfærd og helbred.

Centeret blev finansieret af Realdania og etableret i et samarbejde mellem Institut for Folkesundhed [Aarhus Universitet], Institut for Byggeri og Anlæg [Danmarks Tekniske Universitet], SBI [Aalborg Universitet], Institut for Folkesundhedsvidenskab [Københavns Universitet] og Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.

Den ene af de tre Sunde Boliger, det såkaldte NO-tech hus, er forsynet med et udekøkken, så madlavning – og dermed mange usunde partikler – indimellem kan rykkes udendørs.



Skadelige partikler i familiens skød

I årevis har der været en forholdsvis stor erkendelse af, hvordan vores helbred tager skade af partikelforureningen fra for eksempel tung trafik. Men partikkelkoncentrationen indendørs kan faktisk være endnu højere, og ligesom de udendørs kan også de indendørs skade helbredet.

Cirka to tredje dele af vores tid tilbringer vi inden for hjemmets fire vægge. Vores boliger og den måde, vi lever i dem på, har dermed en kolossal betydning for vores velvære og sundhed, slår Torben Sigsgaard fast:

”Gennem indeklimaet udsættes vi for talrige påvirkninger i form af luftforureninger, støj, træk, dårligt lys samt en række kemiske og mikrobiologiske påvirkninger, men det var der tidligere ikke den store bevidsthed om. Nu er der imidlertid en større erkendelse af, at sundhedsskadelige partikler i hjemmet kan medvirke til for eksempel astma, kræft, KOL og hjertekarsygdomme, ligesom mere end 1,2 millioner danskere lider af en eller anden form for allergi.”

Et positivt vidensløft

Indeklimaet er med andre ord afgørende for vores livskvalitet – lige fra søvnvaner, humør og produktivitet til helbred og livslængde, og der er et stort og uudnyttet helbredsmæssigt potentiale i at nedbringe partikelforureningen i vores hjem, lyder det fra Torben Sigsgaard, der nævner, at beboernes hverdagsaktiviteter som madlavning, tøjvask og hygge med stearinlys er nogle af de væsentligste kilder til partikelforurening i boligen:

”Tag sådan noget som stearinlys og stegning. Når man hygger sig ved at lave mad og tænde stearinlys, kan nogle mennesker være generede af de partikler, lysene frigiver. Det gælder især følsomme individer.”

I situationer med madlavning og stearinlys er der således en markant forskel mellem det oplevede hyggeniveau og den potentielle sundhedsmæssige påvirkning.

Indeklima er kommet mere i søgelyset, og flere aktører er i gang. Det er fortsat et langt sejt træk at udbrede viden, når det gælder sammenhængen mellem indeklima, sundhed og trivsel.

På det seneste er der dog sket et positivt vidensløft. Med CISBO blev der igangsat en række tværfaglige forskernetværk, som fortsat eksisterer, ligesom forbrugere og byggebranchen fortsat og løbende får konkrete indspark til, hvordan det er muligt at handle på den viden, der er blevet indsamlet.

Stearinlys er sammen med madlavning en af de væsentligste kilder til partikelforurening i boligen.





I de Sunde Boliger er det ikke kun beboernes ansvar at sikre et godt indeklima; en del af ansvaret ligger hos husene, der er bygget og indrettet indeklimavenligt.

”I Sunde Boliger har vi gennem arkitekturen forsøgt at bidrage til løsninger på nationale sygdomsproblemer som for eksempel astma, allergier og hjertekarsygdomme.”

Anders Lendager, arkitekt MAA og medejer af Lendager GROUP A/S, en del af vinderteamet bag Sunde Boliger.

viden i hånden vil flere imidlertid vide, at indeklimaet kan være en forklaring på, at den enkelte skranter, ligesom det kan have betydning for det fremtidige helbred.”

Fra ny viden til nyt byggeri

Da indeklimaprojektet Sunde Boliger i Holstebro blev planlagt og designet, blev der trukket på den nyeste viden fra CISBO og ikke mindst den afsluttende rapport, som opsummerede de mange nye resultater, fortæller Realdania By & Bygs projektleder, arkitekt Jørgen Søndermark:

”I CISBO har en lang række fageksperter på hvert deres felt været samlet. Nogle har vidst en masse om arbejdsmiljø, andre om folkesundhed, andre om for eksempel partikler, støv og ozon, og sammen har de udviklet ny viden. Med Torben Sigsgaard som leder af dette store forskerfelt er de begyndt at tale sammen og parre deres viden.”

Jørgen Søndermark slår fast, at der er lang vej fra at definere et problem til at opnå en løsning, også når det gælder indeklima, og at et demonstrationsbyggeri som Sunde Boliger er et effektivt tiltag til at gøre det muligt at handle på forskningsresultater:

”Vores Sunde Boliger i Holstebro giver en helt unik mulighed for at samle den teoretiske viden op og afprøve mulige løsninger i den virkelige verden, hvor de skal spille sammen med alle de andre krav, vi stiller til det at bygge boliger. Vores tværgående hold af ingeniører, arkitekter og indeklimaeksperter har jo i første omgang parret de forskellige indeklimaproblematikker med de sundhedsmæssige risici og de mulige byggetekniske løsninger, og så er de rangordnet efter, hvor alvorlige de er for os mennesker. Og nu afprøver vi så nogle af løsningerne i de tre huse og glæder os utroligt meget til at se, hvad de kommende tests og målinger vil vise! Hvad virker, og hvad virker ikke?”

Projektlederen ser de konkrete 1:1 byggerier som et stærkt supplement til de øvrige indsatser, der foregår i Realdania på indeklimatefeltet: ”Realdania har den store force, at hele spektret kan dækkes; vi kan forske, vi kan teste, vi kan bygge, og vi kan formidle – alt efter, hvilket værktøj der passer bedst. Vores overbevisning er, at hvis den viden, vi har, for alvor skal ud at arbejde, skal vi bruge hele paletten; fra forskningscentre over byggeri til videnformidling, indslag i tv-forbrugerprogrammer osv.”

Pilen peger på byggebranchen

Ikke kun beboernes gøren og laden, men også selve byggeriet, dvs. indretning, materialevalg, byggemetoder og teknologiske løsninger, er afgørende for, hvor sundt eller usundt indeklimaet i den private bolig er, og det er der behov for, at vi fokuserer meget mere på, anbefaler Torben Sigsgaard: ”Indeklimaet er ikke kun boligejerens eget ansvar. Men det, at vi kigger på selve byggeriet som en kilde til et godt eller dårligt indeklima, er fortsat i sin vorden.”

Danske forbrugere plejer ellers at være gode til at råbe op, når det gælder at få producenter til at leve op til deres

produktansvar. Men lige netop når det gælder at stille krav til boligens indeklima og dermed vores sundhed og trivsel, har forbrugerne typisk været tilbageholdende.

Torben Sigsgaard slår fast: ”Tilbageholdenheden bunder også i, at de fleste som udgangspunkt har det indeklima, de gerne vil have og synes er godt. Ofte oplever de slet ikke, at det er nødvendigt at ændre noget. Måske mærker de blot, at de har symptomer som træthed og hovedpine, men forbinder det ikke med et skadeligt indeklima. ’Det oplevede indeklima’ og ’det sundhedsmæssige indeklima’ er nemlig IKKE nødvendigvis det samme. Med den nyeste

Stærk formidling

De indeklimavenlige huse i Holstebro er ikke i sig selv at regne for et egentligt forskningsprojekt – dertil skulle der mere end tre huse til. Derimod står de som stærke cases og som gode rammer, hvori teamet omkring projektet kan eksperimentere i praksis, afprøve, måle og formidle.

De tre huse kan medvirke til at inspirere både forbrugere og byggebranche til at gå fra viden til handling, vurderer Steffen E. Maagaard, koncernkompetencechef hos ingeniørvirksomheden MOE A/S, der var med i det rådgiver-team, som vandt opgaven med at designe, planlægge og projektere Sunde Boliger:

”De seneste små femten år har der været meget lidt fokus på indeklimaet. Der har ikke været den fornødne forskning i, om indeklimaet reelt set indvirker på os mennesker. Det skete først, da Realdania investerede i CISBO. Indtil da var byggebranchen mere fokuseret på energi, og det er den fortsat, men nu er en bevægelse ved at blive sat

i gang. Den er i sin spæde start og kommer forhåbentlig til at rulle stærkt, når blandt andet resultaterne fra Sunde Boliger løbende ser dagens lys. Projektet kan bidrage til at sprede budskabet om, at det faktisk kan lade sig gøre at designe sig til en bolig med et bedre indeklima, uden det nødvendigvis koster mere og tynger energiregnskabet og økonomien i byggeriet. Vi skal blot tænke os om og prioritere.”

Den nye viden om indeklima gør det alt andet lige mere komplekst at bygge boliger, erkender Steffen E. Maagaard:

”Men som byggebranche kan vi ikke tillade os at sænke farten og læne os tilbage. Vi skal konstant flytte os og blive bedre til at bygge bygninger med både et lavt energiforbrug og et sundt indeklima. Jeg ser da gerne, at indeklimaet opprioriteres i vores bygningsreglementer og blandt bygherrerne. Dette fokus er slet ikke overbevisende nok endnu.”

”En bevægelse er ved at blive sat i gang – både via eksperimentet med de Sunde Boliger og via andre aktører. Bevægelsen er i sin spæde start, men kommer forhåbentlig til at rulle, når bl.a. resultaterne fra Sunde Boliger løbende ser dagens lys.”

Steffen E. Maagaard, koncernkompetencechef hos MOE A/S og med i vinderteamet bag Sunde Boliger.

I Danmark tabes der årligt cirka 22.000 såkaldt sygdomsjusterede leveår på grund af dårligt indeklima, anslår en europæisk ekspertgruppe ifølge CISBO. Sygdomsjusterede leveår omfatter både mistede leveår på grund af død og leveår, der kunne være levet uden sygdom, men blev levet med alvorlige sygdomme.



Alle tre Sunde Boliger er forsynet med store vinduespartier, som trækker natur og lys ind i boligen og dermed forstærker oplevelsen af et godt indeklima.

Fra forskning til Indeklimahjul

”Vi har skabt en idébank og en huskeliste, der er lige til at gå til, når forbrugere og byggebranche skal finde ud af, hvori indeklimaopfordringer består, og hvordan de kan håndteres”. Sådan lyder det fra Anders Lendager, arkitekt og ejer af Lendager Group A/S, der er med i vinderteamet bag Sunde Boliger og en af idémændene bag det såkaldte Indeklimahjul:

”Med Sunde Boliger har vi haft en fantastisk og fin anledning til at tænke arkitektur ind i indeklimaproblematikken og udvikle Indeklimahjulet, der forhåbentlig er en brugbar idébank og huskeliste, som byggebranchen fremover kvit og frit kan anvende, når de skal indtænke indeklimahensyn i byggeprojekter”.

”Som team fik vi mulighed for at teste en lang række abstrakte og skøre idéer med den nok ypperste danske ekspert på indeklimaområdet, professor Torben Sigsgaard. Han gav os et strategisk overblik, og herfra kunne vi gennemgå de mange kilder til indeklimaforurening, og fra rum til rum i boligen kunne vi kortlægge de enkelte forureningskilder og mulige løsningsmodeller”, forklarer Anders Lendager.

Sund økonomi

Også selve byggeøkonomien er en essentiel del af hele eksperimentet med de Sunde Boliger; økonomien skal nemlig også være sund:

”Boligen er for de fleste danskere den største økonomiske investering i livet. Vi sympatiserer med ambitionen, om at sunde boliger og indeklimaløsninger skal være til at finansiere for familier med almindelige indkomster,” siger Anders Lendager.

Han bakkes op af Kristian Nordheim, partner ved arkitektfirmaet Pluskontoret A/S fra vinderteamet: ”Vi har haft en bunden opgave i at holde økonomien på et realistisk og sammenligneligt niveau – det har skubbet byggeteamet til at træffe meget velargumenterede valg og fravalg. Med udgangspunkt i Indeklimahjulet har vi i planlægnings- og designfasen taget fat i, hvad der er vigtigt for henholdsvis det sunde og det oplevede indeklima. Vi har beskrevet relevante løsningsmodeller i en overordnet matrix, og denne bruttoliste har vi så brugt som udgangspunkt for de prioriteringer, vi har foretaget, og de løsninger, vi har valgt at bygge ind i eksempelhusene.”

Kristian Nordheim uddyber: ”Vi har dermed i hele processen siddet og prikket punkter ud i listen. Det har været et stort og meget spændende puslespil: Hvilke aktiviteter har det største aftryk på sundheden? Hvordan kan vi løse en udfordring rent praktisk og konkret? Hvad er det mest sygdomsfremkaldende, og hvor kan vi sætte ind bedst muligt?”



Køkkenet i YES-tech huset er indrettet med en særlig kraftig emhætte over komfuret, der er placeret ved væggen i stedet for midt i rummet.

Byggeriets hovedentreprenør, tømrer og bygningskonstruktør Gorm Lind fra Børge Lind & Sønner A/S, bekræfter, at de avancerede indeklimaløsninger er finansieret indenfor et normalbudget:

”Prisen har været en vigtig parameter at arbejde med. Det her er jo ikke luksushuse, men boliger for almindelige familier. De omkostninger, vi har arbejdet med, har samtidig skullet være realistiske. Det har blandt meget andet betydet, at når nogle leverandører for eksempel har tilbudt at levere billigere end sædvanligt, har vi takket nej.”

Fravalg i Sunde Boliger – to eksempler

For at få sundt indeklima og sund økonomi til at gå op i en højere enhed, er der foretaget en del fravalg ved opførelsen af de Sunde Boliger.

”Nogle af de super lækre køkkener har vi måttet vælge fra. I stedet har vi købt gode, men billigere køkkener, og så har vi i stedet brugt pengene på for eksempel effektive ventilationsanlæg i YES-tech huset”, forklarer Steffen E. Maagaard. Han suppleres af Kristian Nordheim med et eksempel fra NO-tech huset: ”En spektakulær plantevæg i NO-tech huset måtte lade livet, da den blev vurderet til ikke at have så stort et aftryk på det sunde indeklima som andet, men den kan let vælges til senere, hvis beboerne ønsker det.”

Den personlige sundhed på agendaen

Boligen skal være lækker, have en god placering, en tilpas størrelse og være til at betale. Sådan har de fleste danskere hidtil prioriteret, når de har bygget et hus, lyder det fra Gorm Lind, som ejer byggefirmaet Børge Lind & Sønner, der ligger i Struer, og har en god, tæt føling med, hvad der er vigtigt for den typiske private boligbygger:

”Prioriteringerne kan imidlertid rykke sig i takt med, at den personlige sundhed fylder mere og mere i folks bevidsthed, og det kan på sigt påvirke byggeriet af private boliger”.

”Kan vi med de her sunde boliger vise, at vi bliver meget sundere, hvis vi lever i sådan et indeklimavenligt hus, ja så tror jeg, at folk vil lytte og ændre krav og adfærd. Og kan vi måske ovenikøbet vise, at vi alt andet lige vil leve længere, hvis vi bor i en indeklimavenlig privatbolig, ja så vil der for alvor komme gang i salget af indeklimaløsninger. Især når det ikke gør den samlede byggesum dyrere”, siger Gorm Lind.

Udluftning og ventilation

Ordentlig udluftning og ventilation! Sådan lyder en enkel måde at komme af med partikelforureningen, de kemiske stoffer og fugten i boligen. Det slår professor Torben Sigsgaard fast og henviser til undersøgelser fra professor Geo Clausen fra Danmarks Tekniske Universitet, som viser, at over halvdelen af danske boliger har for lavt luftskifte, og at der dermed er et massivt indeklimaproblem i en stor del af boligmassen, specielt i de private enfamiliehuse.

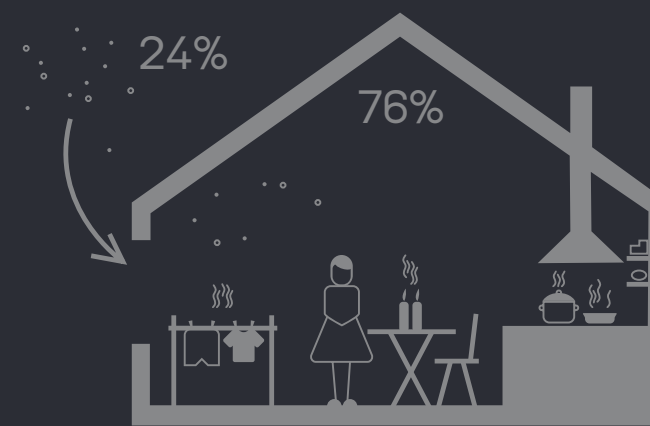
”I mange boliger kan det knibe med at få luften ud flere gange om dagen, og et fint supplement kan være mekanisk ventilation, der automatisk suger luft ud og blæser luft ind i boligen,” siger Torben Sigsgaard og skyder samtidig to myter om ventilation i sænk.

Den første handler om, at den ene eller anden type af ventilation skulle være sundest: ”Det har umiddelbart intet på sig. I bund og grund handler det om at få nogle molekyler ud af boligen og nogle friske ind, og molekylerne er ligeglade med, om det sker naturligt eller mekanisk.”

Den anden myte er, at det skulle være usundt at bo i et tæt hus: ”Folk forestiller sig, at det er lidt ligesom at bo i en plastikpose uden at kunne ånde, men vi har brug for at bygge tæt, så vi kan kontrollere luftgennemstrømningen. Blot skal vi sørge for at ventilere tilstrækkeligt. Vejen frem er derfor: Byg tæt, ventilér rigtigt og luft ud!”

Når stearinlys og madlavning oser

Tre fjerdedele [76 procent] af partiklerne i boligerne stammer fra indendørs kilder; kun en fjerdedel [24 procent] fra udendørs!



Det viser en undersøgelse, som lektor Gariel Bekö fra Danmarks Tekniske Universitet står bag. Han har undersøgt kilderne til partikelforurening i 56 københavnske boliger [alle ikke-ryger hjem] og er dykket ned i, hvordan og i hvilken grad beboernes adfærd har indflydelse på forureningen.

Undersøgelsen peger desuden på, at den vigtigste årsag til partikelforureningen er stearinlys. Osen fra lysene står for over halvdelen af den samlede partikelforurening af indeluften, inklusive den del af forureningen, der kommer udefra. Nummer to på listen over forureningskilder er madlavning; især ved stegning, bagning og brødristning frigives mange partikler. I de boliger, hvor beboerne laver mad, står madlavning for lidt under 30 procent af den samlede partikelforurening.

Dårligt indeklima

Vi er mest sårbare over for dårligt indeklima, når vi:

- opholder os meget i hjemmet
- er oppe i årene
- allerede er disponeret for allergi og astma
- er et spædbarn eller et lille barn, hvis lunger endnu ikke er færdigudviklede

Den kemiske cocktail

Stoffer som for eksempel pthalater afdamper fra byggematerialer, møbler, ledninger og andre produkter. De fleste af sådanne organiske stoffer er ikke farlige i den koncentration, de forekommer i indeklimaet, men forskere mistænker, at der kan opstå cocktaileffekter, når flere af disse stoffer optræder i lave koncentrationer samtidig, eller der kan opstå nye skadelige kemiske produkter, hvor stofferne reagerer med for eksempel ozon, som i forvejen findes i luften.

Limonen er et af de hyppigst forekommende stoffer i boligen. De anvendes på grund af deres friske citrusduft i alt fra rengøringsmidler til luftfriskere. Når Limonen reagerer med ozon, opstår en række nye kemiske reaktionsmønstre, blandt andet Formaldehyd. Særligt stoffet 4-OPA, som er en af cocktaileffekterne af Limonen og ozon, kan give vejtrækningsproblemer, og det er derfor værd at overveje, om det er vigtigt at rengøringsmidlet dufter, eller om man kunne bruge et uden parfume?

Teamet bag Sunde Boliger:

Realdania By & Byg – Bygherre

Pluskontoret A/S – Totalrådgiver, arkitekt

Lendager GROUP A/S – Arkitekt

MOE A/S – Rådgivende ingeniør

Børge Lind & Sønner A/S – Hovedentreprenør

Professor Torben Sigsgaard – Aarhus Universitet, Indeklimaekspert

Sunde Boliger

– et eksperimenterende byggeprojekt

Et innovativt, eksperimenterende byggeprojekt som Sunde Boliger ser kun dagens lys, når mange byggekyndige tænker sammen, arbejder sammen, lytter til hinandens forslag og indvendinger og er parate til midt i byggeriet at gå en helt ny vej, fordi ny viden siger det.

Eksperimentets udgangspunkt

”Det lyder spændende, det skal vi da være med til”.

Sådan var den hurtige reaktion i den rådgivende ingeniørvirksomhed MOE A/S, da Realdania By & Byg inviterede til konkurrencen om at designe og projektere tre huse i Holstebro, der hver især og sammen viser vejen, når det gælder innovative, indeklimavenlige løsninger.

Sammen med arkitektfirmaerne Pluskontoret A/S og Lendager GROUP A/S var MOE A/S en del af det team, der vandt opgaven med at udtænke de sunde boliger.

”Men først skulle vi overvinde et væsentligt benspænd, og det var professor Torben Sigsgaard,” mindes Steffen E. Maagaard fra MOE A/S: ”Som udgangspunkt tænkte vi, at et godt oplevet indeklima handler om dagslys, akustik, fugt, lugtgæner og temperatur. Men allerede ved kickoff-møde hos Realdania slog Torben Sigsgaard fast, at det her projekt var langt mere kompliceret end som så. Det handlede i høj grad om de sundhedsmæssige indeklimaparametre. Det var dem, der var i fokus.”

Indeklima er alt det synlige og mærkbare som støj, dagslys og temperaturer, men også det mere skjulte som partikler og afgangninger. Og i Sunde Boliger er der især opmærksomhed på partikler og afgangninger, ligesom der også har været en lang række energihensyn at tage. Byggeriet fik desuden i opdrag at overholde de forholdsvis skrappe energikrav i bygningsreglementet BR2015 og søge løsninger, der ikke gjorde boligerne dyrere end tilsvarende standardbyggerier.

”Med benspændet fik vi et helt nyt fokus,” slår Steffen E. Maagaard fast: ”Det her havde vi ikke prøvet før. Vi kunne

sagtens designe et hus til at have en god indeklimatemperatur. Men når vi skulle medtænke nye sundhedsparametre, var det langt mere komplekst at arbejde med, understreger Steffen E. Maagaard, som personligt har fået en aha oplevelse ved at se, hvor mange skadelige partikler der opstår, når vi for eksempel tænder et stearinlys og laver mad. Hjemme i sin egen familie har han i kølvandet på projektet nu helt bandlyst stearinlys.

Indeklimaproblemer og løsningsmuligheder

Eksperimentets udgangspunkt er de senere års store og måske ensidige fokus på energiforbrug. ”I eksperimentet med Sunde Boliger sætter vi blandt andet spørgsmålstejn ved, om dette ensidige fokus måske har haft en negativ indflydelse på det helt basale, som energiforbruget rent faktisk anvendes til – nemlig at skabe et godt indeklima”, forklarer Jørgen Søndermark fra Realdania By & Byg.

Eksperimentets omdrejningspunkt er tre hustyper – et hus med lavteknologiske indeklimaløsninger, et hus med højteknologiske indeklimaløsninger og et referencehus. Opgavet er, at der skal måles på, om det ene eller andet hus hjælper beboeren bedst, når det gælder at skabe et godt og sundt indemiljø.

Rammen for byggerierne er Indeklimahjulet, der blev udviklet undervejs [se side 42-43]. I starten brugte teamet meget tid på at definere konceptet for de tre huse og være præcise på de enkelte indeklimaproblemer og løsningsmuligheder. Bruttolisten over løsninger i husene var lang, og nogle blev valgt til og fra. Der var ikke råd til det hele, fortæller Steffen E. Maagaard, som her, helt overordnet, beskriver processen:



NO-tech huset er indrettet med et udekøkken, så nogle af de usunde partikler fra madlavning kan holdes udenfor.

”Vi startede med NOW-tech huset – referencehuset – et standardhus, der skulle se ud, som lokalplanen foreskrev, så her var der ikke så mange muligheder. YES-tech huset var en kopi af dette hus med de samme materialer, men med avanceret teknologi til at løse indeklimaudfordringer. Og så var der NO-tech huset, hvor rumdisponeringen var helt anderledes – her er og var der tale om lavteknologiske løsninger, hvor det mere drejer sig om ’at tænke sig om’ og flytte rundt, så det giver mening”, forklarer Steffen E. Maagaard og giver et eksempel:

”Madlavning er en klassisk udfordring, når det gælder partikelforurening. I YES-tech er løsningen en langt mere effektiv udsugning/emhætte. Det ligger lige for. I NO-tech derimod løser vi denne udfordring ved at lukke køkkenet af fra de andre rum i boligen og ved at etablere et udekøkken. Én udfordring – to huse – forskellige løsningsmodeller”.

YES-tech, NOW-tech og NO-tech

“Se dem, de ligger jo fuldstændig fantastisk!”, siger Sunde Boligers projektleder Jørgen Søndermark fra Realdania By & Byg, mens han slår ud med begge arme og skuer over den grønne eng, der er trukket helt op til de tre Sunde Boliger i Tommelisekvarteret tæt ved Vandkraftsøen i udkanten af Holstebro.

I snart et par år har projektlederen i de fleste af sine vågne timer tænkt på, overvejet, planlagt, diskuteret og besluttet, hvordan de tre huse tilsammen og på bedste vis kan inspirere os til at skabe flere sunde boliger, der både styrker vores velvære og sundhed, er til at betale og samtidig ikke belaster miljø- og energiregnskabet unødigt.

Ambitionen er, i bygningsjargon, at skabe såkaldt ‘tilgivende og robuste’ huse, slår Jørgen Søndermark fast: “Det skal ikke kun være op til beboerne via deres adfærd at sikre et godt indeklima. En del af ansvaret har vi flyttet over på huset, der indretter sig efter sine beboere. Uanet om der bor en børnefamilie, en flok teenagere eller en pensionist, skal huset i alle tilfælde kunne bakke op om adfærden. Der skal kunne holdes et fornuftigt indeklima med den svingning, der nu engang er i den måde, folk bruger husene. Man skal ikke være nødt til at følge en manual for at kunne bo i dem.”

Et eksempel på det ‘tilgivende og robuste’ ses i YES-tech huset, hvor der hele tiden er mest frisk luft, hvor beboerne er: “Når de sover om natten, flytter vi for eksempel luften derind. Og når beboerne står op om morgenen, flytter vi luften ud i køkkenalrummet. Normalt er der et nogenlunde ens luftskifte i hele boligen, men her flytter vi luften hen, hvor der er brug for den. Dermed får vi et luftskifte, der er

op til tre gange så stor som i normale boliger, og det giver et langt bedre indeklima. Det her system er revolutionerende og ikke set andre steder”, understreger Jørgen Søndermark og giver et eksempel på det modsatte, nemlig at arkitekter og byggebranche ikke altid har designet huse, der tilgodeser adfærd og individuelle behov:

“Tag for eksempel nogle af de lavenergikontorhuse, man byggede for år tilbage. Her var der for eksempel ingen mulighed for at åbne vinduerne, men det ville folk ikke finde sig i. De vil have adgang til frisk luft fra naturen.”

Smukke huse – smukke omgivelser

Før starten på rundturen i de tre boliger fortæller projektleder Jørgen Søndermark, at husene af udseende læner sig op ad Jørn Utzons æstetisk smukke Romerhuse i Helsingør, og at et naturlandskab som det, der omkranser husene, er oplagt at vælge som placering for netop indeklimavenlige huse.

“Vi skal jo hele tiden huske på, at der både er et oplevet og et sundhedsmæssigt indeklima at tænke ind,” forklarer Jørgen Søndermark:

“Det sundhedsmæssige indeklima kan vi måle og veje – og det gør vi løbende i de tre Sunde Boliger, både med og uden beboere. Men i de løsninger, vi har indarbejdet i de tre huse, er det sundhedsmæssige og det oplevede indeklima ofte smeltet sammen. Et eksempel: Når beboerne står udenfor i kulden under en brændende varm vandstråle i deres udendørsbad – og dermed slipper for dampen indendørs – så kigger de samtidig på smukke omgivelser. De oplever, at huset nærmest smelter sammen med naturen, og det må unægteligt bidrage positivt til den samlede indeklimaoplevelse,” fastslår projektlederen.



Det oplevede og det sundhedsmæssige indeklima smelter sammen i de Sunde Boliger: Det udendørs bad holder fugt og damp ude af huset, og samtidig kan den smukke natur og Vandkraftsøen nydes under bruseren.

Tre huse

– tre løsningsmodeller

Sunde Boliger repræsenterer tre vidt forskellige indgangsvinkler til at skabe et sundt indeklima. Fra det mest højteknologiske til en slags 'back to nature'-tilgang med fokus på kildekontrol.

Udefra ligner husene hinanden til forveksling; lokalplanen har sat en ramme. To af dem er indrettet ens, mens det tredje er markant anderledes. Der er imidlertid både synlige og usynlige løsninger indbygget til at sikre et sundere indeklima i boligerne, og inden husene blev solgt, var et hold eksperter på besøg for at måle og teste, hvordan husenes indbyggede indeklimaløsninger virkede. Det samme hold forskere kommer på besøg igen med måleudstyret og besøger de familier, der har købt husene.

Referencebyggeriet NOW-tech ligner de fleste nye huse, som de bygges i dag. Det er den velkendte måde at bygge hus på, som langt hen ad vejen også fungerer i forhold til at håndtere indeklimaet. Ikke så meget nyt her, men så er der de to ekstraordinære huse med helt særlige løsninger:

I YES-tech huset er der fokus på mekanisk at ventilere afgasning og partikelforurening bort, mens det i NO-tech huset drejer sig om at kontrollere kilden til indeklimaforureningen, dvs. helt at undgå, at problemerne overhovedet opstår.

NO TECH

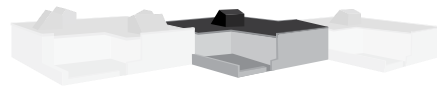
NOW TECH

YES TECH



NOW-TECH

- referencehuset



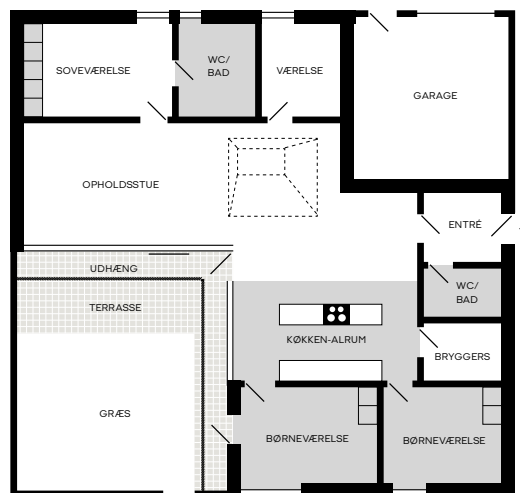
NOW-tech huset ligger mellem de to andre sunde huse og er bygget som de fleste nye familiehuse, der bygges i dag, og huset lever således også op til Bygningsreglement 2015. Det er i indretning og materialevalg magen til YES-tech huset, men har ikke den samme avancerede teknologi.

Formålet med referencehuset er at kunne sammenligne indeklimaet i et typisk nybygget dansk familiehus direkte med indeklimaet i de to eksperimenterende huse.

Målinger

Huset er vigtigt, når der skal måles på, hvor godt eller dårligt husene hver især præsterer, når det gælder et sundt indeklima. Et eksempel: Når det handler om afgasning af de kemiske forbindelser i byggematerialer, hvordan er afgasningen så i dag, om to uger, fire uger og om to måneder? Vil dette hus have et indeklima, der er meget usundere end husene NO-tech og YES-tech? Eller vil det vise sig, at den måde, vi bygger på i dag, allerede sikrer et udmærket udgangspunkt for et sundt liv i boligen?

NOW-tech huset



NOW-tech huset ligner de fleste nye huse, som bygges i dag. Det gælder både valget af materialer, rumopdeling og ventilation. Formålet med dette hus er at sammenligne indeklimaet her med de to andre huse, hvor der er mange nye tiltag.



I NOW-tech huset er huset indrettet med en kogeø og en almindelig emhætte. Fremover skal der bl.a. måles på, hvor hurtigt og hvor langt partikler ved madlavning spredes sig.

YES-TECH

- huset med tekniske løsninger



I YES-tech huset er der skruet op for de tekniske løsninger for at optimere indeklimaet. Ventilation er den primære metode til at komme af med partikler og gasser, og der er udviklet et specielt udsugnings- og ventilationssystem.

Intelligent designet ventilation

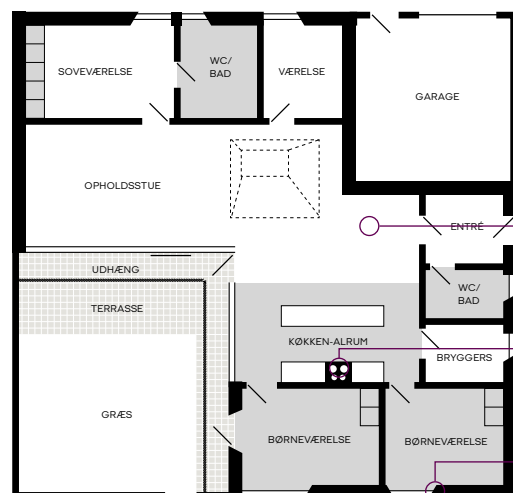
Huset er designet med en behovsstyret ventilationsløsning, der samtidig sikrer et neutralt energiforbrug. Ventilationen er forsynet med sensorer i hvert rum, som blandt andet registrerer partikler, fugt, temperatur og CO₂-niveau, og via disse registreringer har systemet styr på, hvor beboerne befinder sig i huset. Disse data bruger systemet til at tilpasse ventilationsmængden i de enkelte

rum, sådan at luftmængden styres zoneopdelt og efter behov. Dermed øges mængden af frisk luft på en klog måde, og energikravene er stadig overholdt.

Diffus loftsventilation

En af udfordringerne ved at øge ventilationsmængden kan være øget støj og træk, som er typiske gener, der ind imellem opleves med mekaniske ventilationsanlæg. I YES-tech huset bringes den friske luft imidlertid ikke ind ét centralt sted i rummet, men gennem tusindvis af små huller i loftet. Princippet kaldes 'diffus loftsventilation' og findes i dag i visse avancerede kontorbyggerier, men er ikke tidligere afprøvet i et enfamiliehus.

YES-tech huset



I YES-tech huset er der skruet op for tekniske løsninger, som skal optimere indeklimaet for eksempel et specialudviklet ventilationssystem.

Differentieret og støjsvagt ventilationssystem over loft med huller. Systemet regulerer automatisk luftskiftet i rummene efter behov. Loftet forbedrer samtidig akustikken.

Specialudviklet og særlig effektiv emhætte sørger for at begrænse spredning af partikler. Indbygget centralstøvsuger sørger for, at alle partikler suges direkte ud af huset.

Skrå lysninger omkring vinduer øger dagslysmængden i rummet, da lyset reflekteres på en større flade.



I både YES-tech og NO-tech huset er loftet forsynet med tusindvis af små huller, hvorigennem der indblæses frisk luft.

Idéen består i, at den friske luft indblæses over et systemloft, som er perforeret, hvorefter luften langsomt 'daler' ned i rummene. Den lave lufthastighed - som skyldes, at det samlede areal, som luften kommer ind igennem, er væsentligt større end normalt - betyder samtidig, at man ikke hører luftens bevægelse, sådan som man gør i et almindeligt anlæg, og dermed sænkes eller fjernes støjgenen.

Det samme er tilfældet med træk; dvs. oplevelsen af luft, som bevæger sig hurtigt forbi kroppen, som når man

tænder for en vifte eller lignende. I kraft af den meget lave lufthastighed er også problemet med træk elimineret.

Emhætte med ekstra sugeevne

YES-tech huset er desuden udstyret med en særlig effektiv emhætte. Denne ligner de kraftige emhætter, som bruges i restaurationskøkkener, og fjerner på effektiv vis både røg, partikler og damp fra køkkenet.

NO-TECH

- huset med naturlig kildekontrol



NO-tech huset er udstyret med naturlig ventilation uden megen teknologi, men til gengæld med fokus på indeklima-venlige byggematerialer og nye måder at indrette boligen på. Kodeordet er kildekontrol, og idéen er helt at undgå, at der opstår partikel- og afgasningsforurening. Desuden er ambitionen via indretningen at anspore beboerne til en adfærd, der afhjælper potentielle indeklima-problemer.

Børneværelserne

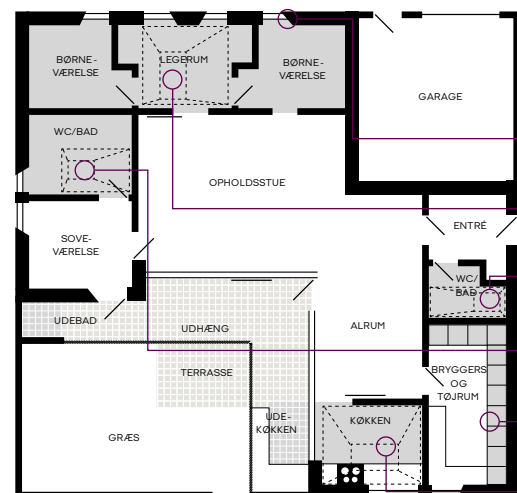
I huset har børnene både et legerum og et soverum. Denne opdeling skyldes, at det er usundt for børn at sove i samme rum som deres støvede, snavsede og phtalat-afgassende plastiklegotøj. Når børnene bliver større og ikke

har den samme mængde plastiklegotøj, kan soverummene lægges sammen. Spørgsmålet er, om beboerne vil synes, at denne rumdeling fungerer? Det vides endnu ikke, og det er blandt andet et af de mange spørgsmål, som Sunde Boliger-eksperimentet skal give svar på.

Køkkenet

I NO-tech huset har køkkenet fået en - set med indeklima-briller - intelligent placering. Det ellers så populære åbne køkkenalrum er i NO-tech erstattet af et lukket køkken, ligesom der er suppleret med et udendørskøkken, hvor der kan jongleres med de udendørs kødgrøder i stedet for grillen med de partikelforurenende grillkul.

NO-tech huset



NO-tech huset er uden særlige tekniske installationer. Det er opført i afgasningsfrie materialer og med indeklima-venlig rumopdeling.

Skrå lysninger omkring vinduer øger dagslysmængden i rummet. Lyset reflekteres på en større flade og kommer derved længere ind i rummet.

Børneværelset er opdelt i et lege- og soverum for at undgå afgasning fra legetøj og støv, når børnene sover.

Der er ingen mekanisk ventilation; udluftning foregår via ovenlys i solskorstene - også kaldet naturlig ventilation.

Udluftning ved badning foregår via solskorstene. Desuden gør et udendørsbad det muligt at begrænse fugt i boligen.

Familiens tøj er samlet i et garderobeskab i bryggerset for at undgå partikler og fibre i soverum. I bryggerset er også vaskemaskine og tørretumbler placeret.

Køkkenet er placeret dels i et separat rum, dels udendørs, for at begrænse spredning af fugt og partikler.

For alligevel at fastholde nogle af fordelene ved det åbne køkkenalrum, er døren ind til stuen af klart glas, så man stadig kan holde øje med børn, der laver lektier, eller snakke med gæster, der venter på maden.

Badeværelset

Huset er udstyret med stort badeværelse med ovenlysvinduer. Udluftning i badet foregår via solskorstene. Desuden er der suppleret med et udendørsbad.

Solskorstenene og solceller

Solskorstenene er placeret fire strategiske steder. Med deres markante højde sætter de fart på naturens egne drivkræfter, så der skabes en luftbevægelse op og ud af ovenlysvinduerne og dermed samtidig et undertryk, der suger luft ind over lofterne i de ventilerede rum.

Solskorstenene har mindst én tung væg, opbygget af ubrændte lersten. Idéen er, at væggen opvarmes og lagrer solens varme gennem ovenlysvinduerne, og på grund af varmen sættes yderligere opdrift i sving. Ventilationssystemet bag solskorstene reguleres så vidt muligt efter vejret, men energimæssigt er den naturlige ventilation alligevel en udfordring.

Det er ikke muligt som ved den mekaniske ventilation at genanvende i omegnen af 80 procent af den varmeenergi i luften, der blæses ud. I NO-tech huset er energirammen derfor overholdt ved at installere solceller på taget. Dermed er der skabt et konkret billede på, hvad det vil sige at ramme balancen mellem at ventilere naturligt og kompensere med lokal energiproduktion.



Solskorstenene sætter med deres markante højde fart på naturens egne drivkræfter, så der skabes en luftbevægelse op og ud af ovenlysvinduerne.

Både NO-tech og YES-tech har ...

Ruder i to lag

I stedet for tre-lags ruder med jernholdigt glas er der i NO-tech huset valgt to-lags ruder med jernfrit glas. Forskning peger nemlig på, at vi har mindre risiko for alt fra stress til hjertekarsygdomme, når vi producerer D-vitamin, der samtidig kan bidrage til at give os velvære. Traditionelle standardruder i tre lag holder imidlertid de D-vitamin-gavnende UVA- og UVB- stråler ude af huset, og derfor er der i stedet valgt ruder i to lag.

Samtidig er gevinsten ved to-lags ruder, at beboerne bedre kan høre vinden i træerne og solsorten, der synger. Dette skal ses i den kontekst, at Sunde Boliger ligger i et område uden for eksempel belastende trafikstøj.

Walk-in closet for hele familien

Garderobeskabene er rykket ud af soveværelserne. Familiens tøj er i stedet samlet i et fælles skab i bryggeret, hvor vaskemaskinen og tørretumbleren også er placeret. Dermed undgår familien at indånde fibre fra tøjet, når de sover.

Rene byggematerialer

Byggematerialerne til både konstruktion og indvendige overflader er i stor udstrækning naturlige, for eksempel træ, kork, sten, ler og naturmaling, og dermed er kritisk afgasning af skadelige kemiske stoffer minimeret. Der er også genanvendt materialer, der allerede har haft tid til at gasse af, ligesom der er bygget med såkaldt reversible mekaniske samlinger som skruer, bolte, fjedre og klæbefolie, og kun i beskedent omfang med støbte og kemiske samlinger som lim og fuger.

Huset der kan ånde

Ydermuren er opført uden brug af dampspærre og isolering, og nogle af de gamle byggeskikke og materialer er benyttet. Der er for eksempel anvendt lersten, som ikke afgasser, da de blot er fremstillet af stampet jord og muret op på stedet. De har en unik termisk egenskab, der samtidig får huset til at ånde, optage fugt og varme og afgive varmen igen.

Byggetekniske udfordringer

"Den største udfordring har været at bygge NO-tech huset, som ikke ligner den måde, vi plejer at bygge på," fortæller projektets hovedentreprenør Gorm Lind og giver et eksempel på en af udfordringerne:

"Vi skulle være helt sikre på, at byggematerialerne var afgasset, før de blev anvendt, og vi måtte derfor opmagasinere meget af inventaret, før vi kunne bruge det. Rent logistisk var dette en udfordring. Vi måtte desuden finde nye leverandører, der tilbød produkter uden for eksempel den sædvanlige fugemasse og lim i konstruktionerne. Sådanne varer findes, men mange af dem må importeres fra Tyskland. Der er tale om alternative leverandører med længere leveringstid. En sundere maling blev også anvendt i NO-tech huset, og i de første par måneder fornemmede man derfor en karakteristisk linolieagtig duft, der dog ikke er skadelig, og som fortog sig efter kort tid."

Fugten kan dermed bevæge sig og sætter sig ikke i husets konstruktion. Behovet for ventilation er således meget mindre i et såkaldt åndbart hus, selv om det næsten er lufttæt. Materialerne fungerer som en buffer, der optager og afgiver fugten.

Et loft med tusindvis af huller

Tre fluer er her slået med ét smæk. I stedet for de få, små studse, som man normalt ser i loftet i forbindelse med ventilation, kommer luften ind gennem mange små huller, og det skaber både mere og bedre ventilation, samtidig med at træk- og støjgener fjernes. Hullerne giver et meget stort indblæsningsareal, hvilket betyder lavere lufthastighed. Samtidig fordobles luftmængden, mens det næsten helt lykkes at fjerne indblæsningslyden. Netop lyden er ofte en ulempe ved mange moderne ventilationsanlæg, især da de ofte bliver sat ind i moderne huse med tre-lags ruder, som effektivt lukker af for lyde udefra. En yderligere gevinst ved de mange små huller er, at de styrer akustikken flot på plads, så man får samme venlige rumfølelse som med træuld.

Skrå lysninger

Hjørnerne omkring vinduerne er skåret skrå, sådan som man også ser det i gamle borge og slotte. Dette øger mængden af dagslys; nogle steder med mere end 20 procent. Lyset reflekteres på en større flade og kommer derved længere ind i rummet.

Centralstøvsuger

Når vi støvsuger, suger vi typisk stort støv op, der ikke er farligt for os mennesker, kører det igennem et filter, der så findeler støvet til meget små partikler, som så til gengæld kan være skadelige at indånde. Derfor er støvsugeren flyttet ud af selve boligen, og der er i stedet etableret en centralstøvsuger i garagen. To steder i boligen kan støvsugerslangen kobles til.



Rengøringsvenlige flader

Rengøringsvenlige overflader er et must, og der er derfor i alle tre huse så vidt muligt skabt rengøringsvenlige overflader. Er der meget støv i hjørnerne, og er der for eksempel ozon fra printere eller lignende elektronisk udstyr, kan det nemlig interagere med støvet og skabe gasser, der kan være skadelige at indånde.

Sammenligning af certificeringsordninger

	BR15	HQE	LEED	BREEAM	DGNB	Sunde Boliger
Temperatur	x	x	x	x	x	x
Træk	x	x	x	x	x	x
Strålingsasymmetri	x	x	x	x	x	x
Relativ luftfugtighed	x	x	x	x	x	x
Dagslys faktor	x	x		x	x	x
Lysstransmittans for vinduer						x
Skærpet tiltag ift. sollys				x	x	x
Farvegengivelse i vinduesglas					x	x
Lyd	x	x	x	x	x	x
Akustisk designproces				x		x
Styringsmuligheder af indeklimaet	x	x	x	x	x	x
Ventilation	x	x	x	x	x	x
Forøget ventilation		x	x		x	x
Monitorering af luftkvalitet			x	x		x
Avanceret monitorering af luftkvalitet				x		x
Partikelfilter i ventilation		x	x	x		x
Støvsugning med hepa-filter eller centralstøvsuger						x
Fravalg af væg-til-væg tæpper					x	x
Fravalg af materialer med indhold af afgassende giftstoffer	x	x	x	x	x	x
Skærpet fravalg af materialer med indhold af afgassende giftstoffer				x		x
Fremmende tiltag for rengøring					x	x
Udsigt til flora fauna sky			x			x
Analyse af byggegrund og plandisponering mod udsigtskvaliteter		x				x
Arkitektonisk kvalitet					x	x
Afskærmning af garage fra bolig			x			x
Fravalg af partikelforurenende installationer [pejs, brændeovn eller gaskomfur]			x			x
Total score	9	12	14	15	15	26



Certificeringsordninger for indeklima

Bygningsreglementet regulerer et antal indeklimaparametre. Derudover findes en række internationale certificeringsordninger, som – ud over de basale indeklimakrav – på forskellig måde belønner for flere indeklimatiltag.

Sunde Boliger dækker samtlige af disse parametre, men på basis af Indeklimahjulet har teamet bag Sunde Boliger derudover forsøgt at inddrage en række ekstra parametre.

I skemaet ses en sammenligning mellem de forskellige certificeringsordninger og det felt, som Sunde Boliger favner.

Det er vigtigt at bemærke, at vurderingen af de enkelte certificeringsordninger baserer sig på tilgængeligt materiale, og at ordningerne løbende udvikles.

Indeklimaet måles og vejes

Hvor hurtigt er YES-tech huset til at få fjernet afgangsgasser fra byggematerialer? Fungerer den zoneopdelte ventilation efter hensigten, eller er der behov for mere brugerinteraktion?

Skaber det et sundere indeklima, at køkkenet i NO-tech huset er placeret i et separat rum? Giver det bedre søvn hos børnene, at de ikke sover i det samme rum som legetøjet?

Sådan lyder nogle af de mange spørgsmål, som Realdania By & Byg søger svar på, når der i løbet af de næste par år sættes et hold eksperter til at måle og teste, hvordan Sunde Boligers indeklimaløsninger virker.

Før beboerne flyttede ind i de tre sunde boliger, blev der foretaget målinger, og målingerne fortsætter i samarbejde med beboerne.

Mens husene stadig stod tomme, blev der blandt andet foretaget målinger af indeklimalastningen, når man steger kød på stegepanden, og når man kører en tur med støvsugeren? Hvilket af de tre huse præsterede bedst?

De første målinger

Ordentlig udluftning og ventilation er, som tidligere nævnt, en effektiv måde at komme af med den skadelige partikel-forurening, de kemiske stoffer og fugten i boligen. Over halvdelen af danske boliger har for lavt luftskifte, viser undersøgelser, men allerede de første spæde målinger i de tre Sunde Boliger i Holstebro peger på, at det rent faktisk er muligt at gøre noget effektivt ved problemet.

Luftskiftet i de tre boliger er fastslået ved at inducere sporegasser i husene, og målingerne indikerer, at de tre boliger opretholder en tilførsel af friskluft, som ligger over det niveau, som Bygningsreglementet kræver.

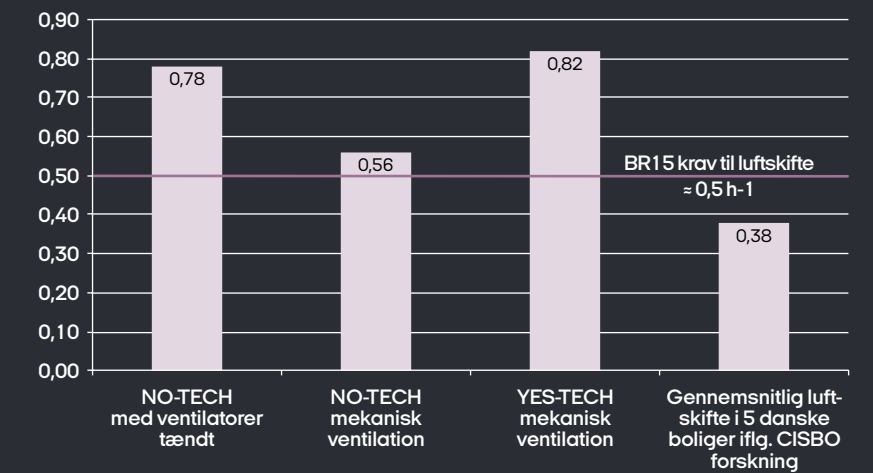
YES-tech huset opretholder, som forventet, et luftskifte, der svarer til cirka 50 procent forøget luftmængde, mens NO-tech huset viser en forøget luftmængde sammenlignet med referencehuset NOW-tech. I NO-tech huset er luftskiftet målt med lukkede ovenlysvinduer, hvor små ventilatorer, integreret i de individuelle solskorstene, sikrer et basisluftskifte, når det ikke er muligt at have åbne vinduer.

Grafen til højre viser også et luftskifteforsøg, der er udført i forbindelse med CISBO-forskning, hvor fem danske boliger i gennemsnit havde et lavere luftskifte end 0,5 h⁻¹).

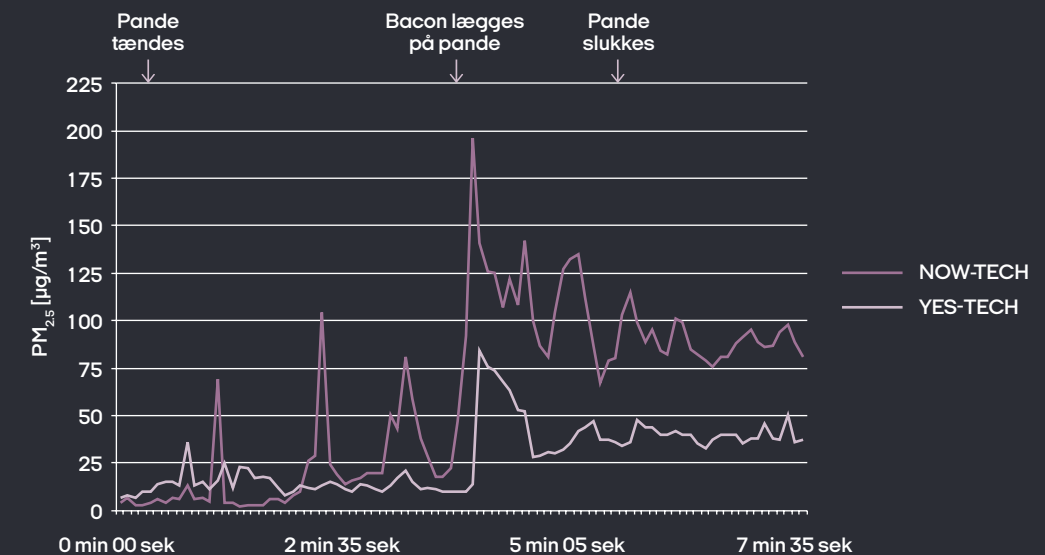
Antal luftskifte i timen

En effektiv emhætte

De første målinger i de Sunde Boliger giver svar på, hvor effektive husene er til at håndtere de store mængder partikler, der produceres, når der steges på en stegepande. Som vist på figuren, sker der en klar stigning i partikelniveauet, så snart fire skiver bacon lægges på en varm pande. De første målinger tyder på, at YES-tech husets emhætte med ekstra sugeevne reducerer antallet af fine partikler i nærmiljøet omkring emhætten.



Tidslinje



Indeklimahjulet

Indeklimahjulet er et effektivt hjælpeværktøj til at skabe overblik over de mange elementer, et indeklime består af: Hvordan påvirker de os, og hvordan kan et byggeri påvirke dem?

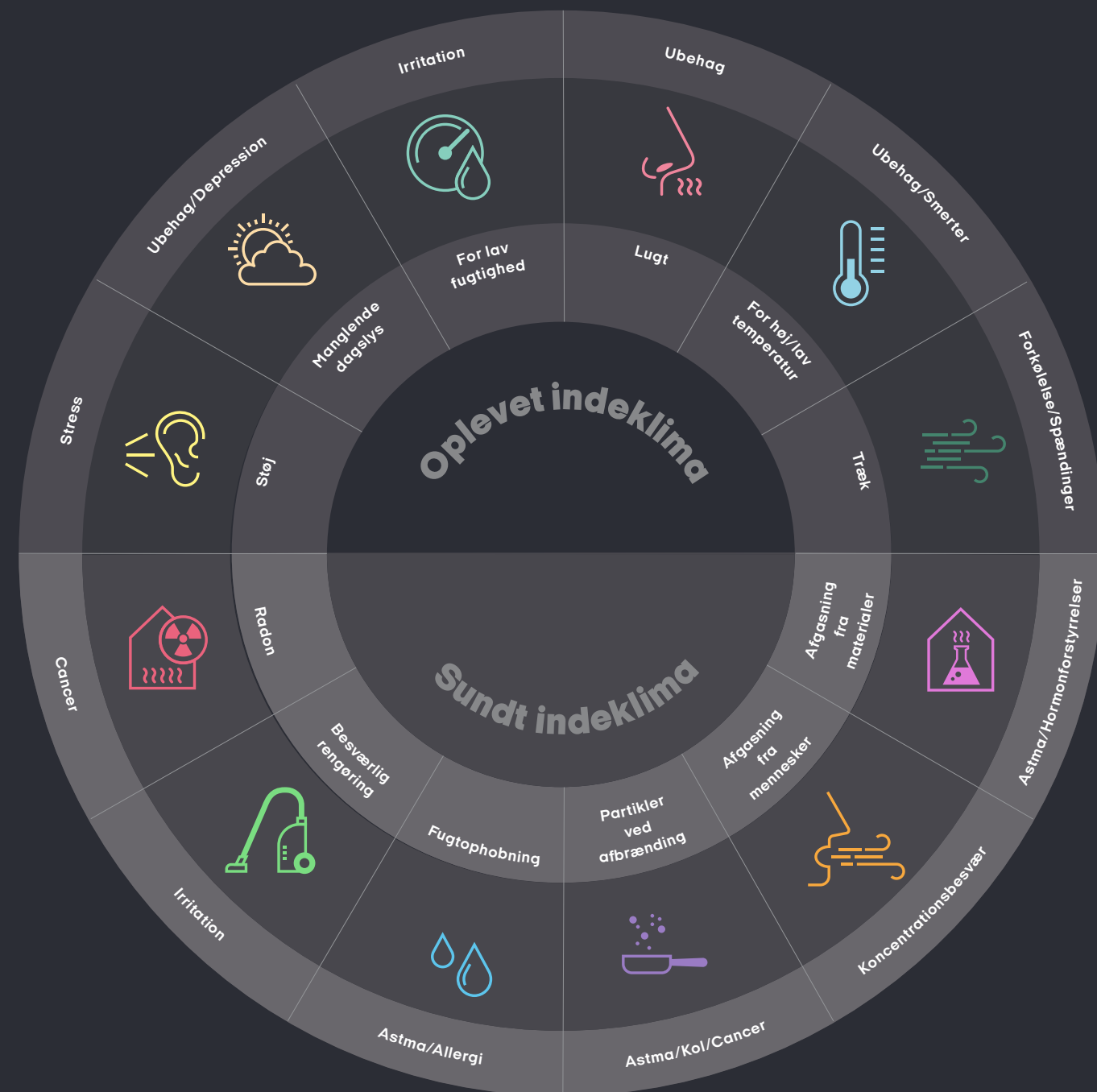
Da Sunde Boliger i Holstebro blev planlagt og designet, var det med udgangspunkt i dette værktøj, at de væsentligste indeklimeudfordringer blev spottet, og via hjulet at der blev taget stilling til, hvad der er mest problematisk for vores helbred, og hvad det bedst kan betale sig at gøre noget ved.

Indeklimahjulet er delt i to halvdele, den ene handler om sundt indeklime; den anden om oplevet indeklime.

Når det gælder om at skabe et sundt indeklime, er målet blandt andet at mindske partikler og VOC'er [Volatile Organic Compounds] – dvs. organiske stoffer som ethanol, isopren og acetone osv. - samt fugt, som ligeledes umiddelbart eller over tid kan irritere eller skade vores sundhed.

Det oplevede indeklime drejer sig mere om velvære og komfort. Er vi tilpasse og trives vi i vores bolig? Det oplevede indeklime skal også tilgodeses, og her er målet at håndtere alt fra sollys, akustik, træk, temperaturer, strålingsasymmetri og luftfugtighed i boligen.

På de næste sider gennemgås de enkelte elementer i Indeklimahjulet.





Oplevet indeklima

Oplevet indeklima er det, vi registrerer med vore fem sanser. Det er typisk noget, vi ikke bemærker – når det vel at mærke er i orden. Det er optimalt, når der er ro, behageligt dagslys, rar lugt, ingen træk, en temperatur, der hverken er for høj eller lav, samt en luft uden for meget tørhed eller fugt. Når disse forhold IKKE er på plads, oplever vi det som 'dårligt indeklima'.

Støj

- en kilde til stress

Bygningsreglementet

Der henvises generelt til DS490, hvor der blandt andet stilles krav til, at det indendørs støjniveau fra installationer i beboelsesrum ikke må overstige 30 dB. Flere anbefaler yderligere, at støjniveauet fra netop installationer skærpes til 25 dB i soverum. Læs mere i BR15 afsnit 6.4 - Akustisk indeklima.

Udfordring

Førhen indrettede vi os med væg-til-væg tæpper, tykke gardiner, polstrede møbler og bunker af puder. Dette var skidt i forhold til bakterier og partikelforurening, men fint i forhold til akustikken, som blev reguleret på fornem vis. I dag indretter vi os typisk langt mere minimalistisk, og det betyder, at vi mangler effektive lyd-buffere i vores indretning og derfor må stille ekstra store krav til den akustiske performance i de boliger, vi bygger eller renoverer.

Typisk løsning

Luftlyd opstår, når en kilde sætter luften i svingninger, for eksempel trafikstøj, mens trinlyd opstår, når vi færdes på gulve eller trapper, hvorved lyden vandrer igennem konstruktionen. I ældre boliger kan det ofte betale sig at dæmpe gulvkonstruktionens trinlyd, og når det gælder luftlyd, er metoden blandt andet at undgå utætheder og vælge lyddæmpende materialer. Der kan generelt skabes mindre støj og god akustik ved hjælp af lydabsorberende materialer, fleksibel rumopdeling, gennemtænkt ruminddeling, lydisolering og bevidst indretning.

Sunde Boligers alternative løsning

Lyden kan være en ulempe ved mange ventilationsanlæg, især i moderne boliger, hvor isolerende tre-lags ruder holder næsten alt støj fra omgivelserne ude, hvorved vores logaritmiske hørelse lægger ekstra meget mærke til lave lydtrykniveauer.

I YES-tech huset skaber et perforeret loft med tusindvis af huller ikke bare mere og bedre ventilation, men fjerner også trækgener, reducerer støjkilder, mindsker efterklangstiden og skaber generelt et bedre akustisk miljø.

Den forbedrede akustik skyldes især, at det areal, man blæser luft ind af, er gjort markant større. Større areal betyder lavere lufthastighed og dermed lavere eller ingen lyd eller trækfølelse.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests i de Sunde Boliger udføres med henblik på at kortlægge boligernes akustiske beskaffenhed. Specialister i akustik måler blandt andet efterklangstider, ligesom de måler, hvordan støj breder sig ud fra kilder som emhætte og ventilationsanlæg.

Oplevet indeklima



Støj

Mangel på dagslys

For lav fugtighed

Lugt

For høj eller lav temperatur

Træk

Radon

Besværlig rengøring

Fugtophobning

Partikler ved afbrænding

Afgasning fra mennesker

Afgasning fra materialer

Mangel på dagslys

– en kilde til ubehag og depression

Bygningsreglementet

I beboelsesrum og køkkener er dagslyset tilstrækkeligt, når glasarealet ved sidelys svarer til mindst 10 procent af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 procent af gulvarealet, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. Alternativt kan dagslyset i beboelsesrum og køkkener anses som værende tilstrækkeligt, når der kan eftervises en dagslysfaktor på 2 procent i halvdelen af rummet. Læs mere i BR15 afsnit 6.5.2 – Dagslys.

Udfordring

Tilstrækkeligt dagslys er essentielt for vores velbefindende. Eftersom vi i gennemsnit opholder os inden døre omkring 90 procent af tiden, er det vigtigt, at vi modtager dagslys i de rette mængder og rette bølgeområder for bl.a. at styre vores biologiske ur, som har betydning for søvnrytme, appetit, humør mv. Derudover indeholder dagslys UV-stråling, som skaber D-vitamin i huden. I dag indrettes de fleste huse med rimelige vinduesåbninger, som giver et udmærket dagslys, men den stigende brug af tre-lags-ruder udelukker - i forhold til to-lagsruder - mere dagslys og lukker reelt helt for UV-stråling.

Typisk løsning

Bevidst indretning, jævn og tilpasset belysning, bestræbelser på at undgå blænding og kontrast i lysforhold samt strategisk placering af vinduer.

Sunde Boligers alternative løsning

I NO-tech huset er der valgt to-lags ruder med jernfrit glas i stedet for tre-lags ruder med jernholdigt glas.

Først og fremmest skal de færre lag glas sikre, at en større mængde dagslys trænger ind i boligen. For hvert lag glas reflekteres mindst 13 procent dagslys bort. Jernindholdet i glas grønfarver lyset, så målet med at isætte jernfattigt glas er at øge selve farvekvaliteten; dvs. at hjemmets ting ses så tæt på samme farve som udendørs i dagslys. Forskning peger desuden på, at beboerne har mindre risiko for alt fra stress til hjertekarsygdomme, når de producerer D-vitamin, og da standardruder i tre lag holder de D-vitamin-gavnende UVA- og UVB- stråler ude af huset, er disse ruder valgt fra.

Ydermere har YES- og NO-tech husene afskærne false, dvs. vinduesnicher, som bringer mere lys ind i boligerne

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests af to-lags ruderne med jernfrit glas og tre-lags ruderne med jernholdigt glas udføres af lysspecialister, som undersøger forskelle i lysmængde og – om muligt – forskelle i farveægthed samt forskelle i forhold til penetrering af UVA- og UVB-stråler. Også de generelle lysforhold kortlægges for at undersøge, om og hvordan de afskærne false gør en forskel.

Oplevet indeklima



Støj

Mangel på
dagslys

For lav
fugtighed

Lugt

For høj eller lav
temperatur

Træk

Radon

Besværlig
rengøring

Fugtphobning

Partikler ved
afbrænding

Afgasning fra
mennesker

Afgasning fra
materialer

For lav fugtighed

- en kilde til irritation

Bygningsreglementet

Bygninger skal ventileres, ligesom ventilationssystemer skal projekteres, udføres, drives og vedligeholdes, så der opnås en tilfredsstillende luftkvalitet og optimale fugtforhold. Der stilles ikke et konkret krav til luftfugtighed i Bygningsreglementet, men det anbefales, at man ikke kommer under 25-30 procent i relativ luftfugtighed.

Udfordring

En tør luft kan give irriterede slimhinder og ubehag. Nogle gange forveksles tør luft eller for lav luftfugtighed imidlertid med en luft, der er fuld af støv eller forurening.

Typisk løsning

I ældre bygninger uden ventilation kan fugtniveauet ophobe sig indendørs til niveauer, der potentielt skaber grobund for skimmel og andre svampesporer. Dette

skyldes også, at beboerne sveder og for eksempel laver mad, bader med åben dør eller tørrer tøj indendørs. Modsat kan nyere bygninger med ventilation i visse tilfælde resultere i for tør luft på grund af mangelfuld forståelse af fugtbalancen.

Sunde Boligers alternative løsning

I YES-tech huset er der installeret et intelligent, behovsstyret ventilationssystem, forsynet med sensorer i hvert rum. Sensorerne registrerer partikler, fugt, temperatur og CO₂-niveau og kompenserer, hvor det er nødvendigt. Temperaturen holdes mellem 20 og 22 grader.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests i boligerne udføres som hygrometertest af luftfugtigheden i forbindelse forhøjet luftskifte.

Oplevet indeklima



Støj

Mangel på dagslys

For lav fugtighed

Lugt

For høj eller lav temperatur

Træk

Radon

Besværlig rengøring

Fugtophobning

Partikler ved afbrænding

Afgasning fra mennesker

Afgasning fra materialer

Lugt

- en kilde til ubehag

Bygningsreglementet

Bygninger skal ventileres, ligesom ventilationssystemer skal projekteres, udføres, drives og vedligeholdes, så der opnås en tilfredsstillende luftkvalitet og optimale fugtforhold. Herudover stilles der krav til udsugning i badeværelser, køkkener og bryggerser, som alle kan være rum med lugtgener.

Udfordring

Lugt er ubehageligt og kan både skyldes skimmelsvamp og os fra madlavning samt dårligt vedligeholdte rør og ventilationsanlæg.

Typisk løsning

Vi forsøger os ofte lidt frem, hvis boligen lugter grimt. Hjælper udluftningen ikke i længden, tyr vi i bedste fald til en nærmere analyse for at lokalisere problemet.

Sunde Boligers alternative løsning

I YES-tech huset sikrer et zoneopdelt ventilationssystem, at luften – også den dårligt lugtende – skiftes ud efter behov. Vigtigt er det imidlertid, at beboerne jævnligt renser og vedligeholder systemet. En emhætte, der er lige så kraftig som dem, vi ser i restaurationskøkkener, er også installeret.

I NO-tech huset er der prioriteret materialer, som ikke afgiver potentielt sygdomsfremkaldende stoffer, og derved undgås en række af de ildelugtende stoffer, man ind imellem kan konstatere i nye huse. Til gengæld er der anvendt visse naturlige, sunde materialer, som man, alt efter temperament, vil karakterisere som duftende eller lugtende. Alle lugte forsvandt dog indenfor få måneder efter opførelsen.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests udføres som luftskiftemålinger og målinger af emhætternes effektivitet. Desuden vil beboerne blive interviewet flere gange efterfølgende, med mulighed for at spørge ind til, om der opleves lugtgener.

Oplevet indeklima



Støj

Mangel på dagslys

For lav fugtighed

Lugt

For høj eller lav temperatur

Træk

Radon

Besværlig rengøring

Fugtphobning

Partikler ved afbrænding

Afgasning fra mennesker

Afgasning fra materialer

For høj eller lav temperatur

– en kilde til ubehag og smerter

Bygningsreglementet

Hensigtsmæssige temperaturforhold er en parameter, der skal tages hensyn til, når byggerier planlægges og der vælges byggematerialer, vinduesarealer, orientering og solafskærmning. Læs mere i BR15 afsnit 6.2, hvor der blandt andet stilles krav til det maksimale antal timer over henholdsvis 27 og 28 grader.

Udfordring

Når det er for varmt, bliver vi sløve og utilpasse, og når vi fryser, bruger vi kræfter på at holde varmen. Det kan dog være svært at styre temperaturen i en bolig, og samtidig er der store individuelle forskelle på, hvor varmt eller koldt vi ønsker det.

Varmen kan både komme udefra og indefra, og især i sommerperioden kan det være nødvendigt at begrænse varmen fra for eksempel sollys ind gennem vinduerne, lamper og teknisk udstyr. Både sommer og vinter er det vigtigt, at bygninger og vinduer er godt isolerede, så beboerne opnår en komfortabel operativ temperatur.

Typisk løsning

Klima- og ventilationsanlæg tilstræber, at temperaturen ligger mellem 20 og 22 grader.

Sunde Boligers alternative løsning

I YES-tech huset sikrer det højteknologiske, zoneopdelte ventilationssystem, at luften skiftes ud efter behov. Her registrerer sensorer blandt andet temperaturen, og der skrues op eller ned for varmen efter behov.

I det lavteknologiske NO-tech hus er de såkaldte solskorstene et miljøvenligt ventilationssystem, som ved øget varme inden døre naturligt vil øge luftskifte og lufthastighed, idet varme stiger opad og naturens egne drivkræfter dermed aktiveres yderligere. I NO-tech huset er der desuden etableret et øget udhæng for at afskærme mod solen, der ellers kan skabe en overophedning i huset.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger består af kontinuerlig data-logning af temperaturerne i alle rum i alle tre huse for at følge med i det termiske indeklima og for at kunne vurdere, hvordan de tre forskellige principper klarer sig. Desuden foretages måling af kuldestråling på en kold vinterdag, hvor to-lags ruderne i NO-tech huset sammenlignes med tre-lags ruderne i de to øvrige huse.

Oplevet indeklima



- Støj
- Mangel på dagslys
- For lav fugtighed
- Lugt
- For høj eller lav temperatur
- Træk
- Radon
- Besværlig rengøring
- Fugtphobning
- Partikler ved afbrænding
- Afgasning fra mennesker
- Afgasning fra materialer

Træk

- en kilde til snue og spændinger

Bygningsreglementet

Lufthastighed i opholdszonen i lokaler med stillesiddende aktivitet = 0,15 m/s. Læs mere i BR15 - 6.3.1.1 - Luftkvalitetsventilation generelt.

Udfordring

Træk føles ubehageligt og kan blandt andet føre til stivhed og spændinger i nakken, der giver hovedpine. En typisk klage over moderne ventilationsanlæg er træk.

Typisk løsning

Indtil videre er der ikke mange vellykkede forsøg på at skabe ventilationssystemer helt uden trækgener.

Sunde Boligers alternative løsning

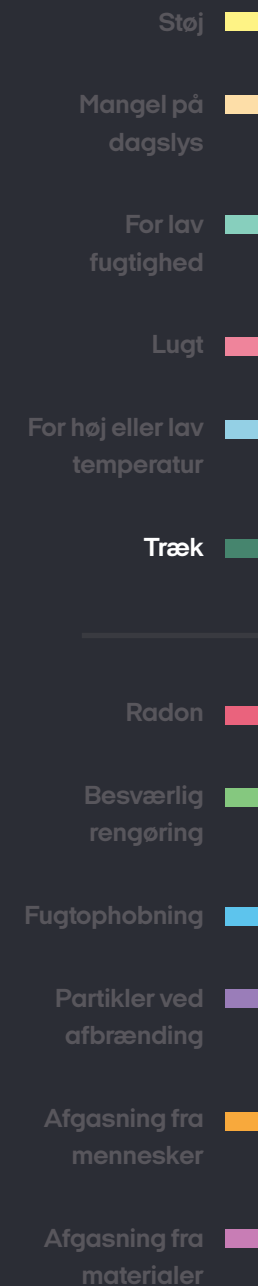
I YES-tech huset og NO-tech huset kommer luften ind i sove- og opholdsrummene gennem tusindvis af små huller, spredt ud over loftet. De mange huller giver tilsammen et meget stort indblæsningsareal, hvilket alt andet lige betyder, at luften bevæger sig langsommere og derfor ikke giver samme anledning til træk og støjgener.

Arealet er så meget større, at det faktisk samtidig er muligt at øge luftskiftet sammenlignet med et normalt anlæg. Som et yderligere plus dæmper de mange små huller akustikken.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests undersøger lufthastigheder i opholdszonen, og der foretages simulering af en situation med stillesiddende arbejde. Desuden måles på forskellen mellem loftarmaturets indblæsning i NOW-tech huset overfor diffus indblæsning i YES-tech huset.

Oplevet indeklima





Sundt indeklima

Sundt indeklima er IKKE det samme som oplevet indeklima. Selv om vi oplever indeklimaet i boligen som fint, kan målinger vise, at vores helbred er under pres, fordi luften er fyldt med skadelige partikler eller problematisk kemi.

Radon

- en kilde til øget kræftrisiko

Bygningsreglementet

Nybyggeri skal sikres således, at radonindholdet ikke overstiger 100 Bq/m³. Læs mere i 6.3.3.2 Radon.

Udfordring

Radon er en naturlig, men kræftfremkaldende radioaktiv gasart, der dannes i undergrunden, og som kan trænge ind i en bygning gennem revner og sprækker mod jorden. Gassen kan hverken ses, lugtes eller mærkes på anden måde. Radon henfalder til radioaktive isotoper af tungmetaller, som kan sætte sig i lungerne. For høj radonkoncentration i boliger øger risikoen for lungekræft, særligt hos rygere og eksrygere.

Typisk løsning

I de fleste ældre huse har der slet ikke været fokus på at sikre sig mod Radon. Nyere huse skal være sikret mod

radon ifølge Bygningsreglementet, men selv helt nye huse har desværre i stikprøvekontroller vist sig ikke i praksis at have den lovede tæthed mod radon.

Sunde Boligers alternative løsning

I Sunde Boliger er der udført radonsikring som vanligt i nybyggeri. Der har dog været et særligt fokus på tætte løsninger i terrændækkets detaljer, i teknikskabets bund og andre steder, hvor man ind imellem ser indtrængning af radon på grund af ukorrekt eller sjusket udførelse.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og test udføres i form af tre indledende Radon-tests uden beboere i husene, efterfulgt af tre tests, når husene er beboet

Sundt indeklima



Støj

Mangel på dagslys

For lav fugtighed

Lugt

For høj eller lav temperatur

Træk

Radon

Besværlig rengøring

Fugtophobning

Partikler ved afbrænding

Afgasning fra mennesker

Afgasning fra materialer

Besværlig rengøring

– en kilde til irritation og ophobning af støv

Bygningsreglementets krav

Der stilles ikke krav til rengøring i boliger, kun i bekendtgørelsen om faste arbejdssteders indretning. Ikke desto mindre har rengøringsstandarder stor betydning for indeklimaet.

Udfordring

Rengøring besværliggøres ofte af mangel på rengøringsvenlige overflader og af støvsugere, der oftest blot finder støvet og blæser det ud igen, så det er endnu mere skadeligt at indånde. Støv kan gøre indeklimaet i boligen dårligere, da det kan indeholde for eksempel bakterier, kemikalier, svampesporer og afføring fra husstøvmider. Kemiske cocktails hober sig op og kan både føre til allergi, astma og kræft.

Typisk løsning

De fleste indretter sig i dag uden for eksempel væg til væg-tæpper, ligesom lukkede reoler og skabslåger er ved at være normen. Det gør alt andet lige rengøringen nemmere.

Sunde Boligers alternative løsning

Støvsugeren er flyttet ud af selve boligen i både YES-tech og NO-tech huset. Der er etableret en centralstøvsuger

i garagen, og to steder i boligen kan støvsugerslangen kobles til. Dermed er den uheldige generering af partikler fra støvsugning flyttet helt væk. Der er samtidig så vidt muligt skabt rengøringsvenlige overflader.

I YES-tech huset registrerer sensorerne blandt andet partikler, herunder støv. I tilfælde med forhøjet niveau vil der blive sendt besked til ventilationsanlægget om at øge luftskiftet lokalt, hvor problemet er opdaget.

I NO-tech huset er garderobeskabene rykket ud af soveværelserne. Familiens tøj er i stedet samlet i et fælles skab i bryggerset, hvor vaskemaskine og tørretumbler også er placeret. Dermed undgår familien at indånde fibre fra tøjet, når de sover. Det bærende ventilationsystem er solskorstene, der består af sten i ovenlyset. Når de opvarmes af solens stråler, stiger luften indeni til vejrs og ud gennem ovenlysvinduet.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests udføres som partikelmålinger ved støvsugning af teststøv, nærmere betegnet 'Arizona Road Dust'. Ved partikelmålinger søges der blandt andet svar på, hvorvidt der kan registreres partikler i soveværelset ved støvsugning i stuen, hvor lang henfaldstiden er osv.

Sundt indeklima



- Støj
- Mangel på dagslys
- For lav fugtighed
- Lugt
- For høj eller lav temperatur
- Træk
- Radon
- Besværlig rengøring**
- Fugtophobning
- Partikler ved afbrænding
- Afgasning fra mennesker
- Afgasning fra materialer

Fugtophobning

- en kilde til astma og allergi

Bygningsreglementet

Bygninger skal ventileres. Ventilationssystemer skal projekteres, udføres, drives og vedligeholdes, så de skaber tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold. Herudover er der krav om udsugning i badeværelser, køkkener og bryggerser, som alle er rum med høj risiko for ophobning af fugt. Der stilles ikke direkte krav til boliger i Bygningsreglementet, men det anbefales typisk, at den relative luftfugtighed holder sig under 70 procent.

Udfordring

Fugt har en negativ indvirkning på indeklimaet. Fugt er ikke i sig selv skadeligt for helbredet, men er der fugt i en bygning, vil det fremme vækst af skimmelsvampe og husstøvmider og dermed give et dårligt indeklima. Husstøvmider og skimmelsvampe kan blandt andet give hovedpine, træthed, irriterede øjne, næse og luftveje samt forværre symptomerne hos personer, som i forvejen lider af astma og allergi.

Typisk løsning

Temperaturer på mellem 20 og 22 grader, udendørs tørring af tøj, tæt klimaskærm, ikke-fugtoverførende ventilation og udluftning af fugtige rum er typisk løsninger, som tages i brug for at mindske fugt.

Sunde Boligers alternative løsning

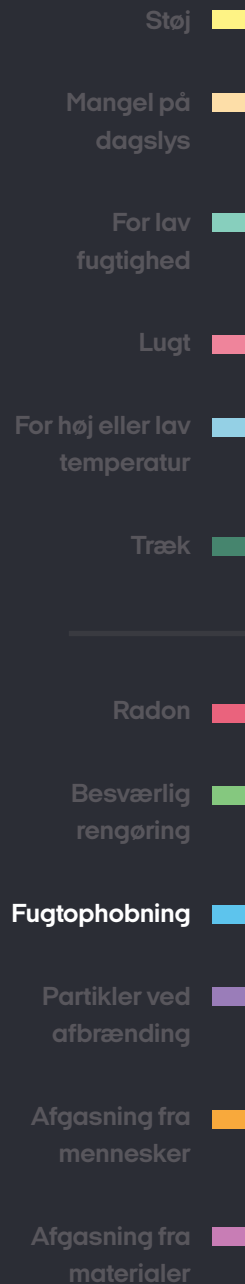
I YES-tech huset sørger sensorer blandt andet for at registrere og reagere på fugtniveauet. Ved fugtophobning i bestemte rum dirigeres ekstra udluftning derhen for at fjerne problemet.

I NO-tech huset er der beregnet et stabilt naturligt luftskifte, som under normale omstændigheder fjerner fugtophobning. Desuden er huset konstrueret med materialer med fugtabsorberende egenskaber, det vil sige at, indervægge mv. kan optage en vis fugtmængde fra indeluften, for derefter enten at afgive den igen, når luften er tør, eller over tid afdampe fugten gennem den diffusionsåbne klimaskærm - altså en ydervæg, der kan 'svede'. Endelig er huset født med en udebruser, så man har mulighed for helt at flytte en væsentlig kilde til fugt; brusebadene, ud af boligen og ud i den friske luft og den gode udsigt.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og test udføres som luftskifteforsøg med sporegasser samt som hygrometertest af luftfugtighed i forbindelse med bad og vask af tøj.

Sundt indeklima



Partikler ved afbrænding

- en kilde til usunde og skadelige partikler

Bygningsreglementet

Partikelforurening er i indeklimasammenhæng et nyt fokusområde, ikke mindst på baggrund af CISBO's tværgående samarbejde. Der er ingen krav til partikler ved afbrænding, men der er normkrav til eksempelvis brændeovne i forhold til forureningsmængde pr. afbrændt kilo brændsel.

Udfordring

Stearinlys og madlavning danner mange partikler, som man formoder er usunde, idet nogle for eksempel ligner dieselpartikler.

Typisk løsning

Mange gange er 'de usunde partikler' svære at forholde sig til, fordi vi ikke kan se dem. Derfor har vi det med blot at lade stå til. Desuden er der tale om relativ ny viden.

Sunde Boligers alternative løsning

I NO-tech huset forsøges partikelproduktionen begrænset ved kilden. Køkkenet er placeret bagerst i huset og har en glasdør, der kan lukke rummet af fra resten af boligen. Der er suppleret med et udekøkken, så man har mulighed for at rykke helt ud af boligen med stegning, grill osv.

I YES-tech huset er der installeret et særligt sug over ovnen - og et forbedret mekanisk ventilationssystem, som blandt andet reagerer på forøget partikelforekomst ved at øge luftskiftet lokalt. Ydermere har huset et forøget luftskifte, som forventes at fjerne mange partikler fra for eksempel afbrænding af stearinlys.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests udføres ved at tænde stearinlys og stege bøffer og måle på, hvordan partiklerne fordeler sig i huset, hvordan ventilationen evner at neutralisere partikelniveauet efter endt afbrændingsproces osv.

Sundt indeklima



- Støj
- Mangel på dagslys
- For lav fugtighed
- Lugt
- For høj eller lav temperatur
- Træk
- Radon
- Besværlig rengøring
- Fugtphobning
- Partikler ved afbrænding**
- Afgasning fra mennesker
- Afgasning fra materialer

Afgasning fra mennesker

- en kilde til ubehag og koncentrationsbesvær

Bygningsreglementet

Krav til minimumsluftskifte generelt i boligen; i køkkener 20 l/s, i bade- og WC-rum 15 l/s og i særskilte WC-rum, bryggerser og fra kælder skal der kunne udsuges en volumenstrøm på mindst 10 l/s. Dog altid minimum 0,3 l/s pr. m² for hele boligen.

Udfordring

Afgasning fra mennesker ses især i soverum, som er små, og hvor flere personer er sammen i lang tid med lukket dør. Mængden af de menneskelige uddunstninger - de såkaldte bioeffluenter - vil stige gennem natten og vil generelt give træthed, 'tungt hoved' mv. Afgasning fra mennesker kan også give lugtgener.

Typisk løsning

Nyere huse har ofte mekanisk ventilation i sove- og opholdsrum, som vil sikre, at niveauerne ikke bliver for høje. I huse uden ventilation ses ofte, at beboere sover med åbent vindue året rundt, har døren stående åben eller som minimum har den på klem ca. ti centimeter.

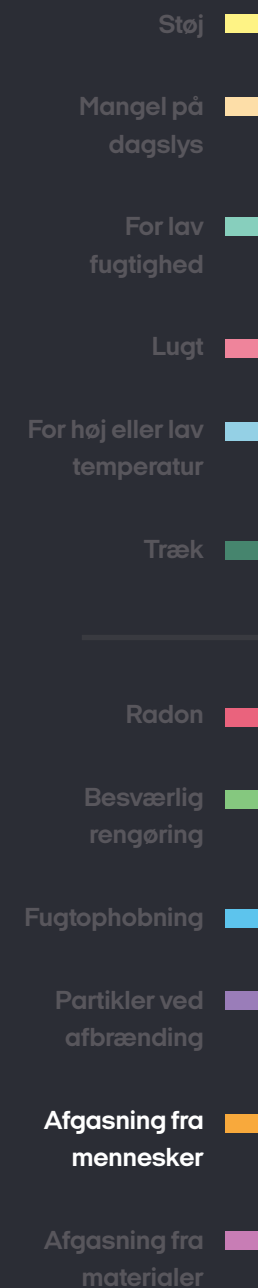
Sunde Boligers alternative løsning

I YES-tech huset sørger sensorerne i soverummene for at 'kalde' på forøget ventilation, hvis CO₂-niveauet stiger. CO₂-niveauet ses som et generelt udtryk for det samlede niveau af forskellige menneskelige afgasninger. I NO-tech huset er der et stabilt naturligt ventilationsflow, og alle soverum står i umiddelbar forbindelse med rum med store loftshøjder, således at den samlede volumen er væsentlig større end i normale soverum - og 'den dårlige luft' kan derfor fordeles tyndere.

Fremadrettede målinger og tests

I alle tre huse monitoreres indeklimaet løbende, og CO₂-niveauet er ét af de parametre, som følges tæt gennem hele forsøgsperioden. Det vil derfor fremgå af målingerne, om det lykkes at holde de menneskelige afgasninger især i soverummene på tilstrækkeligt lavt niveau. Det generelle luftskifte i boligerne er allerede undersøgt, hvor det kan konstateres, at boligerne lever op til Bygningsreglementets minimumskrav.

Sundt indeklima



Afgasning fra materialer

– en kilde til høfeber og astma

Bygningsreglementet

Byggematerialer må ikke afgive gasser, dampe, partikler eller ioniserende stråling, der kan give anledning til et usundt indeklima. Reglementet slår desuden fast, at der altid bør anvendes byggematerialer, der forurener indeklimaet mindst muligt. Der henvises til en database for mærkning af byggevarer, Dansk Indeklima Mærkning.

Udfordring

Kemikalier kan stamme fra afgasning af byggematerialer og maling, nye tæpper og møbler. Nogle kemikalier deponeres i støvet i boligen, hvilket kan resultere i symptomer som høfeber, astma og forværring af børneeksem. Andre forbrugsvarer afgiver også kemikalier. Det Økologiske Råd har i børneværelser fundet både phtalater og flammehæmmere, der blandt andet stammer fra legetøj og skum i madrasser.

Typisk løsning

De typiske løsninger er at lade stå til, fordi vi i mange tilfælde hverken kan se eller lugte kemikalierne. Ofte går vi blot ud fra, at forbrugsvarerne er fri for kemikalier, men dette er langt fra altid tilfældet.

Sunde Boligers alternative løsning

I YES-tech huset er der indbygget zoneopdelt mekanisk ventilation.

I NO-tech huset anvendes naturlig ventilation (solskorstene) og kildekontrol, dvs. forsøg på at eliminere problemet, før det overhovedet opstår.

Byggematerialer er så vidt muligt fri for afgasning af skadelige stoffer og er i vid udstrækning 'naturlige', for eksempel træ, kork, sten, ler og naturmaling, hvorved den kritiske afgasning af skadelige kemiske stoffer er minimeret. Desuden søger boligens indretning at fremme en mere indeklimavenlig adfærd som eksempelvis opdeling af børneværelser i et rum, hvor der soves, og et legerum, hvor legetøjet befinder sig. På denne måde indånder børnene ikke kemikalier som blødgørere, flammehæmmere mv. samt kemiske reaktionsprodukter mellem støv på legetøjet og for eksempel duftstoffer fra rengøringsmidler.

Fremadrettede målinger og tests

De fremadrettede målinger og tests foretages af specialister i kemi, som måler afgasninger fra byggematerialer via metoderne GC-MS og PTR-MS.

YES-tech huset og NOW-tech huset er bygget af ens materialer. Der måles flere gange med jævne mellemrum for at se, om den forøgede luftmængde i YES-tech huset har positiv betydning for afgasningsperioden, og der måles på luftens indhold af kemikalier i forhold til niveauerne i NOW-tech huset. Ligeledes måles der i NO-tech huset for at registrere, om anvendelsen af afgasningsfrie materialer har en reel effekt.

Der opsamles desuden støvprøver, og der måles blandt andet på, hvorvidt der er forskel på støvets sammensætning og indhold af kemikalier i for eksempel børnenes sove- og legeværelse.

Sundt indeklima



Støj

Mangel på dagslys

For lav fugtighed

Lugt

For høj eller lav temperatur

Træk

Radon

Besværlig rengøring

Fugtphobning

Partikler ved afbrænding

Afgasning fra mennesker

Afgasning fra materialer

Kilder til forurenet indeklima

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Partikler

Der er mange kilder til partikelforurening i boligen. Nogle partikler kommer ind udefra og stammer fra trafik og afbrænding til opvarmning. Men langt de fleste partikler i boligen kommer fra madlavning, rygning, brug af stearinlys, brændeovne og elektriske apparater.

Helbredsgener: Nedsat lungefunktion og hjertekarsygdomme.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Bakterier

De fleste bakterier i boligen stammer fra beboerne selv og deres aktiviteter. Når beboerne er hjemme, er der flere bakterier i luften. Koncentrationen af bakterier i luften indenfor er højest tidligt om foråret og lavest om sommeren.

Helbredsgener: Sygdomsfremkaldende, hvis man i forvejen er svækket. Kan forårsage betændelse i kroppen, fx i et sår. Mistænkt for at give hovedpine, allergi samt luftvejs-sygdomme som astma, bronkitis og infektioner i luftvejene.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Allergener

Mange af de allergener (allergifremkaldende stoffer), der findes i indeklimaet, og som allergikere reagerer på, stammer fra for eksempel skimmelsvampe, husstøvmider, husdyr, afgangning fra byggematerialer og møbler samt fra kosmetik.

Helbredsgener: Astma og allergi.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Skimmelsvampe

Skimmelsvampe findes både ude og inde. I boligen vokser skimmelsvampe på fugtige steder. Fugten kan komme fra beboerne og deres aktiviteter eller fra bygningen på grund af vandskader eller kuldebroer. Svampene indeholder allergifremkaldende stoffer (allergener), og nogle skimmelsvampe er giftige.

Helbredsgener: Astma- og allergilignende symptomer, fx træthed, åndedrætsbesvær, hovedpine, snue og kløende øjne. Symptomerne er værst for mennesker med allergi over for skimmelsvampe.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Fugt

Fugt i boligen er ikke i sig selv skadeligt for beboernes sundhed. Men skimmelsvampe og husstøvmider er afhængige af fugt, og det kan have stor betydning for folk, der er følsomme overfor de allergifremkaldende stoffer (allergener), der kommer fra dem.

Helbredsgener: Astma og allergi.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Støv

Støv kan gøre indeklimaet i boligen dårligere. Støv kan indeholde for ekesempel bakterier, kemikalier, svampesporer og afføring fra husstøvmider.

Helbredsgener: Allergi over for husstøvmider kan give symptomer som høfeber, astma og forværring af børne-eksem. Støv i luften kan genere alle med følsomme luftveje. Desuden kan kemikalier ophobes i støv og påvirke helbredet negativt.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Kemikalier

Kemikalier, der stammer fra afgangning af for eksempel byggematerialer og maling, nye tæpper og møbler, elektrisk udstyr og rengøringsmidler kan forurene indeklimaet. Nogle kemikalier kan deponeres i støvet i boligen.

Helbredsgener: Kemikalier kan give allergiske reaktioner, luftvejsirritationer, hovedpine og svimmelhed. Andre stoffer som phtalater mistænkes for at give allergi og astma, ligesom formaldehyd kan være kræftfremkaldende.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
PCB

PCB [Poly-Chlorede Biphenyer] blev tidligere brugt i blandt andet byggematerialer som fugemasser og termoruder. I 1970'erne blev det konstateret, at PCB er skadeligt for mennesker og miljø, og i dag er al anvendelse af PCB forbudt, men stoffet findes fortsat i byggematerialer i nogle bygninger og kan afdampe til indeklimaet.

Helbredsgener: Skader på nervesystemet, hormon-påvirkninger, diabetes og kræft.

<div><div></div></div>
<div><div></div></div>
Radon

Radon er en naturlig, men kræftfremkaldende radioaktiv gasart, der dannes i undergrunden, og som kan trænge ind i en bygning gennem revner og sprækker mod jorden. Radon henfalder til radioaktive isotoper af tungmetaller, som kan sætte sig i lungerne.

Helbredsgener: For høj Radon-koncentration i boliger øger risikoen for lungekræft, særligt hos rygere og eksrygere.

Healthy Homes

- An Experimental Construction Project

Summary in English

Healthy Homes is an innovative, experimental construction project that aims to bridge the gap between research and practice. On the basis of building materials, construction methods and technology, it is investigating options for a better indoor climate.

At the heart of the project are three family homes – three courtyard houses constructed in a scenic residential neighbourhood in Holstebro.

The hypothesis of the project is that the focus of recent years on energy and environment may have a negative impact on the health and comfort of residents. The aim of the project is to show that consideration for indoor climate can be tackled without compromising on energy and environment, and without hefty expenses. The houses were built within the confines of an ordinary construction budget.

The goal of the project is to try out a series of new indoor climate solutions on a scale of 1:1. This represents an opportunity to put to the test some of the knowledge that is familiar from research into indoor climate, and to translate it into specific solutions that can be applied to both new buildings and existing homes.

The ambition is to create resilient, 'forgiving' homes, in which it is not the responsibility of the residents alone to ensure a good indoor climate. Part of the responsibility is transferred to the houses, which are built and fitted out in a way that is sympathetic to the indoor climate.



The expectation is for the project to shed a substantial knowledge on how houses, if they are built, planned and fitted out correctly, can help residents to create a good indoor climate.

A living laboratory

Construction started on the Healthy Homes in autumn 2016. They were finished in spring 2017. A team of experts then moved into the uninhabited houses to conduct extensive tests and measurements of temperature, CO2 levels, noise, particle level, degasifications etc.

The next stage will be to monitor the families who buy the houses. In the context of buying the houses, the families consented to play the role of test pilots for the next two to three years. Now it is time for the houses to work for real and time for them to pass the test.



All registration will continue as if the houses were still empty. Experts will also perform more thorough measurements of various degasifications. Over the next couple of years the experts will also conduct a number of interviews with the families: both to hear about their personal experience of the indoor climate in various conditions, and of course to find out about their experience of the houses' alternative layouts and technological solutions.

Does the 'choreography' work in the morning? Is it true that you can barely hear the ventilation? Is a ceiling system

attractive? What do visitors think about the families' exciting new homes? Along with many other questions. The results will be collated and disseminated on various platforms, in reports and at lectures: both at the halfway stage [probably in autumn 2018] and at the conclusion of the experiment [probably in autumn 2020].

The project is part of Realdania's A Good Indoor Climate initiative, and part of Realdania By & Byg's work on new, experimental construction.

**Tak til følgende personer, som
har bidraget til denne bog**

Kristian Nordheim

Arkitekt MAA, partner og medejer hos Pluskontoret A/S og en del af vinderteamet.

Anders Lendager

Arkitekt MAA, stifter af og partner i Lendager GROUP A/S, en del af vinderteamet.

Steffen E. Maagaard

Civilingeniør og koncernkompetencechef hos MOE A/S og en del af vinderteamet. Projektleder på alle indeklimatemålinger.

Torben Sigsgaard

Professor ved Institut for folkesundhed, Aarhus Universitet og leder af det tidligere CISBO. Projektets indeklimakonsulent.

Nicolai Vestergård

Bygningskonstruktør og tømrer, byggeleder for Pluskontoret A/S, da de Sunde Boliger blev opført.

Gorm Lind

Tømrer- og bygningskonstruktør og projektets hovedentreprenør og koordinator af alle entrepriser. Indehaver af entreprenørvirksomheden Børge Lind & Sønner A/S.