



**BYGNINGER OG
GRØN OMSTILLING**

Værdien af et godt indeklima

Fremsynsnotat

Forfattere: Søren Dyck-Madsen, CONCITO, Christian Jarby, Rådet for Grøn Omstilling og Camilla Damsø Pedersen, CONCITO

Dette fremsynsnotat er en del af projektet "Bygninger og Grøn Omstilling" støttet af Realdania og Grundejernes Investeringsfond.

Udgivet: april 2021

Indhold

1. Introduktion.....	3
2. Hvad kendetegner det gode indeklima?.....	3
3. Effekter af et godt indeklima	5
4. Forøgelse af produktiviteten med et godt indeklima.....	6
5. Corona-tiden giver uventet indsigt i værdien af godt indeklima og god adfærd i børns hverdag.....	7
6. Betydningen af korrekt CO ₂ -indhold, temperatur og fugt	8
7. Reduktion af partikelforureningen har stor sundhedsmæssig værdi	10
8. Kemikalier, støv og rengøring	11
9. Indretningen af bygningen og dens installationer har stor betydning	13
10. Dagslys og solindfald uden overophedning giver kvalitet.....	14
11. God akustik og ingen lydgener har stor betydning for en bygning	15
12. Sikring mod radon i nybyggerier og i eksisterende bygninger	17
13. Forbedring af indeklimaet gennem adfærd.....	18
14. Værdien af et godt indeklima i bygninger skal medregnes.....	19
15. God økonomi i godt indeklima i vores skoler.....	20
16. Et sundt indeklima betaler sig	21
17. Klassisk eksempel fra Holland	22
18. Investering i bedre indeklima giver overskud	22
19. Reguleringen af indeklimaet i bygningsreglementet.....	23
20. Indeklimakrav i den frivillige bæredygtighedsklasse	25
21. Indeklimaklassen i DGNB	27
22. Indeklimakrav i Svanemærket.....	28
23. Betydning af et godt indeklima for byggeriets aktører.....	29
24. Målgrupper for dette fremsynsnotat.....	30

1. Introduktion

Der har været fokus på at reducere energiforbruget i særligt nye bygninger i snart mange år. Tanken har hidtil været, at energi er en knap ressource, hvor fremskaffelsen og anvendelsen af den nødvendige energi har en betydelig miljømæssig og klimamæssig ulempe. De øgede omkostninger ved opnåelse af et lavt energibehov i forbindelse med nybyggeri og renoveringer er typisk blevet modsvaret af besparelsen på energikøb ved det lavere energibehov.

For øjeblikket er der et meget stort fokus på at reducere klimapåvirkningen fra nye byggerier og en øget renoveringsindsats. I den bestræbelse er fokus udvidet fra kun at omfatte energibehovet til driften og klimaeffekten heraf, til nu også at omfatte klimapåvirkningen fra de byggematerialer, som anvendes til bygningens opførelse, drift og vedligeholdelse samt eventuelle bortskaffelse og genanvendelse. Og det er en vigtig udvikling.

Men bygninger opføres hverken for at skulle spare energi eller byggematerialer, men for at skabe en optimal ramme om menneskers daglige liv.

Det er derfor vigtigt at fokusere på den gode bygning, både set i forhold til indretning, anvendelighed, kvalitet, holdbarhed, æstetisk skønhed, indeklima m.v.

Især fokus på det gode indeklima, og dermed på den positive påvirkning af vores sundhed, vores kreativitet, vores koncentration, vores indlæringssevne osv. er i fokus i disse dage – og forventes fremover at få endnu større fokus. Dette fokus vil derfor øge værdien af de bygninger, der leverer disse kvaliteter til vores liv.

Der er store potentialer for forbedring af indeklimaet, hvor virkemidler, der samtidigt reducerer energiforbruget, er helt centrale. Fokus på indeklima vil således også være et fokus på energibesparelser i den eksisterende bygningsmasse, og dermed et vigtigt element i opfyldelsen af Danmarks klimamål.

Det øgede fokus på værdien af et godt indeklima forventes også at være en væsentlig motivationsfaktor i forhold til at få sat gang i renoveringerne af den eksisterende bygningsmasse.

Dette fremsynsnotat beskriver, hvad der kendetegner det gode indeklima, hvilke effekter der er af det gode indeklima og det beskriver værdien af et godt indeklima - både i forhold til nybyggeriet, men især i forhold til renoveringsindsatsen af den eksisterende bygningsbestand.

2. Hvad kendetegner det gode indeklima?

Det gode indeklima er typisk kendetegnet ved, at følgende parametre er gode:

Luft

- CO₂-niveauet i rummet er på et lavt niveau.
- Forbrændingspartikler er minimeret via kildekontrol og ventilation.
- Støvparkler er minimeret (via god rengøring).
- Mængderne af afdampede kemiske stoffer til luften og kemikalier bundet til støvparkler er minimeret.

- Luften er fri for skimmelsvamp.

Temperatur og relativ luftfugtighed

- Temperatur i rummet er på et behageligt niveau i forhold til aktivitetsniveauet.
- Luftfugtigheden er tilpas.
- Termisk lagdeling i rummet og varmestrålingsassymetrier undgås, f.eks. ved at undgå kolde overflader og kuldene-fald fra vinduer eller facade.
- Luftens bevægelse i opholdszonen er behagelig, afstemt efter årstiden og giver ikke anledning til gener.
- Vinduer lukker tæt og ventilationen er udformet, så generende træk ikke opstår.

Lys

- Der er tilstrækkeligt dagslys.
- Der er ensartet lysniveau uden blænding, og der er mulighed for solafskærmning.
- Der er et godt kunstlys, som giver generel belysning og koncentrationsskabende arbejdslys af god kvalitet.
- Der er taget hensyn til lysbehov ved placering af aktiviteter.

Lyd

- Efterklangstiden er tilpasset rummets funktion.
- Der er et lavt maksimalt lydtrykniveau.
- Der er et lavt støjniveau udefra og fra installationer.

Disse parametre er alle billigst at opfylde, når bygningen nybygges, eller når der alligevel skal gennemføres større renoveringer. Der er derfor også specifikke krav i Bygningsreglementet til opfyldelsen af en række af disse forhold (se kapitel 16).

Det ses dog ofte, at bygningerne ændrer anvendelse i forhold til det, de blev projekteret til. Eksempelvis kan der komme flere børn i hver daginstitution eller skole gennem tiden, eller bygningen ændrer helt anvendelse fra f.eks. erhverv til bolig eller omvendt. Det vil derfor løbende, og ved hver anvendelseskift, skulle vurderes, om indeklimaet fortsat kan sikres, eller om der skal foretages konkrete forbedringer i forbindelse med ændringen for at sikre det gode indeklima med den nye anvendelse.

Ligeledes har vores krav til kvalitet, indeklima og komfort i bygningerne ændret sig over tid. Vi både forventer større kvalitet og har større betalingsvillighed og -mulighed i dag. Mange ældre bygninger vil derfor fremstå som utidssvarende med behov for renovering for at leve op til dagens og fremtidens standard.

3. Effekter af et godt indeklima

Betydningen af de mange parametre i et godt indeklima vurderes forskelligt afhængigt af, hvem der bor eller færdes i bygningen.

For **den private boligejer** ligger fokus på indeklima ikke altid først. Beliggenhed, indretning, materialevalg, køkken og bad er meget mere synligt end indeklimaet og har derfor den direkte bevågenhed.

Alligevel ses en tendens til, at betydningen af et bedre indeklima i form af mindre træk, færre kuldebroer, mindre fodkulde osv. typisk er det drivende i forbindelse med beslutningen om at foretage en energirenovering.

Erfaringer viser også, at prisen er højere og salgstiden kortere for et hus med godt energimærke end tilsvarende huse med dårligere energimærke. Tilstedeværelsen af et godt energimærke forbindes med lave omkostninger til køb af energi, men ofte også med en god kvalitet af bygningen og dermed af bygningens indeklima.

Det er meget sjældent, at den private boligejer alene tager beslutningen om forbedring af indeklimaet baseret på, om det økonomisk kan betale sig at forbedre indeklimaet. Det er typisk den mest konstaterbare del af indeklimaet, som f.eks. forbedret komfort og forøget sundhed, samt evt. den generelt øgede værdi af en indeklimaforbedret bygning, som har størst betydning for en beslutning om en aktiv indsats for at forbedre indeklimaet.

Når det drejer sig om **skoler, daginstitutioner** m.fl. er sammenhængen mellem kvaliteten af indeklimaet og effekten for forbedret indlæringsevne og mindsket sygefravær et område, som er ganske godt beskrevet i en del forskningsrapporter m.v.

Senest har et bredt samarbejde mellem en lang række aktører på skoleområdet skrevet et notat om disse fordele¹.

I det nævnte notat indgår et eksempel fra Esbjerg kommune, som i 2019 har set på både værdien af de samfundsøkonomiske fordele ved en bedre indlæringsevne, mindsket fravær for både voksne og børn m.v. og på de økonomiske udgifter ved at etablere det gode indeklima, der er nødvendigt i alle deres skoler for at opnå fordelene. Denne beregning af den samlede økonomiske effekt gav et overvældende positivt resultat.

Når det drejer sig om **erhvervsbyggeri**, er fordelene ved et godt indeklima lidt forskellige og afhængige af, fra hvis vinkel man ser. Hvis fx bygningen ejes af en investor, men udlejes til et produktionsfirma, vil fordelene ved et godt indeklima typisk tilfalde lejeren i form af øget produktivitet. Der er således ikke en gulerod for investoren til at forbedre indeklimaet med mindre at lejeren forhandler sig til det og betaler helt eller delvist for det gennem lejen.

For ejer / udlejer kan der således være mulighed for en højere lejeindtægt og eventuelt en lettere udlejning ved at opgradere indeklimaet, hvis f.eks. lokaliteterne geografisk ligger lidt uhensigtsmæssigt placeret og derfor har behov for tilførsel af yderligere kvaliteter for at sikre en fornuftig udlejningssituation.

¹ Kilde: "Sådan skaber vi et bedre indeklima i folkeskolen", 2020 – <https://rgo.dk/skolernes-indeklima/>

Hvis der derimod er sammenfald mellem ejer og bruger af bygningen, vil udgifterne til opnåelse af og fordelene ved et bedre indeklima tilfalde samme ejer, som så vil have større motivation til at forbedre dette fx gennem en renovering, som på samme tid både forbedrer indeklimaet og reducerer energibehovet.

På baggrund af den stigende viden om, at et godt indeklima har en stor samlet positiv værdi forventes det, at der vil komme øget fokus på om bygningerne har et godt indeklima, både når de ejes, når de handles, og når de udlejes.

4. Forøgelse af produktiviteten med et godt indeklima

For mange virksomheder er omkostningerne til lønninger meget højere end omkostninger til bygningerne og deres energiforbrug.

Kan der via et forbedret indeklima på eksisterende arbejdspladser skabes en fremgang i produktiviteten i både produceret mængde og kvaliteten af det producerede på bare 1 – 2 %, vil værdien af denne forbedrede produktivitet klart overgå omkostninger ved at forbedre bygningernes indeklima til det nødvendige niveau. Et bedre indeklima kan også sænke sygefraværet blandt medarbejdere, hvilket også skaber økonomisk incitament for virksomheden.

At der ofte kan skabes større produktivetsforbedringer ved etablering af et godt indeklima i kontorer og skoler end de 1 – 2 % både kan ses i eksemplerne fra kapitel 15 og frem.

Beregninger af sådanne samlede omkostninger i forhold til at bringe en bygning op på et optimalt indeklima er foretaget af en række virksomheder, som har specialiseret sig i at gennemføre renoveringer med henblik på at forbedre indeklimaet.

Samtidig med en sådan renovering vil der typisk også ske en reduktion af energibehovet, som også tæller positivt i det samlede regnskab, men i det samlede regnskab vil det som nævnt være forbedringen i velvære og dermed i produktiviteten, der har klart den største positive værdi.

Alligevel tælles **værdien af disse fordele** oftest ikke med, når beregningen af "rentabiliteten" eller "tilbagebetalingstiden" af en investering i en energirenovering udregnes. Her sættes investeringen oftest kun over for besparelsen i energiforbrug, mens den store værdi af forbedringen i indeklimaet og den medfølgende forbedring i velvære og produktivitet ikke medregnes.

Ofte er det endda sådan, at den del af energibesparelsen, som bliver "vekslet" til forbedringer i indeklima og komfort (som benævnes "rebound-effekten") opfattes som en negativ faktor i opnåelsen af et maksimal energibesparelse. Hermed tæller opnåelsen af en forbedret komfort og indeklima i forbindelse med en renovering faktisk negativt i det forsimplerede regnskab, som opstilles kun på grundlag af værdien af energibesparelsen uden medregning af værdien af et opnået forbedret indeklima. Et eksempel på en rebound-effekt² er, at brugerne af bygningen vælger at have højere indendørstemperatur eller at opvarme en større del af bygningen, efter at bygningen er blevet bedre isoleret.

² Se: <https://www.gate21.dk/wp-content/uploads/2017/04/Rebound-rapport-Energistyrelsen-2016.pdf>

Denne manglende medregning af forbedringen af indeklimaet og bygningens kvalitet generelt ses ganske tydeligt i grundlaget for energimærkerapporternes beregning af "rentabilitet", hvor formlen for rentable investeringer defineres som: $(\text{Levetiden} \times \text{besparelsen}) / \text{investering} \geq 1,33$.

Denne formel sætter konsekvent værdien af alle andre forbedringer, herunder af indeklimaet til nul, idet kun værdien af sparet energibehov sættes over for investeringens størrelse.

Denne antagelse er i stort set alle tilfælde forkert, endda ofte i ganske stor grad, idet værdien af forbedringen af bygningens generelle kvalitet og herunder især indeklimaet, ofte kan beregnes til at være større end værdien af energibesparelsen. Se løbende i dette fremsynsnotat.

Resultatet er, at den samlede værdi for ejer/bruger af en bygning ved en bredt fokuseret renovering bliver vurderet alt for lille – og hvis dette følges generelt, vil alt for få og alt for små renoveringer blive foretaget – ud fra en ren økonomisk antagelse.

Det er imidlertid på vej til at blive ændret, fordi fokus på et godt indeklima med høj komfort fra bygningsbrugerne forøges. Derfor forventes værdien af et godt indeklima i langt højere grad at komme til at påvirke beslutningerne ved både nybyggeri og ved renoveringsbeslutninger i de kommende år.

5. Corona-tiden giver uventet indsigt i værdien af godt indeklima og god adfærd i børns hverdag

På trods af talrige negative påvirkninger af vores samfund, så har nedlukningen af skolerne og færre børn i daginstitutionerne, sammen med en ændret adfærd, givet os vigtig ny viden om de sundhedsmæssige negative, men også betydelige positive effekter.

Politiken har i januar/februar 2021 samlet data fra næsten alle børneafdelinger i Danmark, med et overraskende resultat. Den typiske indlæggelse af børn med infektionssygdomme er stort set forsvundet i denne vinter, og indlæggelsesprocenterne er typisk faldet med 30 – 50 %.³

Disse positive effekter tilskrives, at der er sket en betydelig ændret adfærd, der er færre børn og dermed bedre plads og bedre udluftning pr barn i både skoler og institutioner. Hertil kommer en forbedret hygiejne, samt en ændret adfærd, hvor børnene i daginstitutionerne er delt op i legegrupper og har fokuseret på at være ude, så meget som muligt, hvor "indeklimaet" som regel er nærmest perfekt.⁴

Nedgangen i indlæggelser på hospitalernes børneafdelinger sker hovedsagelig inden for områder, hvor infektionssygdomme ellers breder sig og smitter sårbare børn enten direkte i institutionerne eller via hjembragt smitte, som så overføres til børn under vuggestuealderen.

Disse konstateringer peger direkte på, at der er en væsentlig positiv effekt af en forbedret adfærd, forbedret hygiejne samt mere plads og bedre luftkvalitet med hyppig luftudskiftning i skoler og især børnehaver.

³ Kilde: Artikel i Politiken den 5.2.2021: "Der er langt mellem børn på sygehusene", af Lars Igum Rasmussen og Lars Dahlager

⁴ Kilde: Artikel i Politiken den 5.2.2021: "Sygeplejerske: "Jeg har aldrig set noget lignende i 43 år"", af Lars Dahlager

Med denne viden i hukommelsen må vi forvente, at der fremadrettet kommer et pres på at ændre vaner i skoler og institutioner og på, at der skal leveres en bedre luftkvalitet med flere m² pr. barn. Hertil kommer et pres på, at der kommer en langt bedre ventilation i skoler og institutioner for at reducere mængden af luftbårne infektionssygdomme.

Den betydelige værdi af sådanne forbedringer i indeklima og adfærd for både børn, deres forældre og for samfundet står med erfaringerne fra Corona-tiden lysende klart for alle.

6. Betydningen af korrekt CO₂-indhold, temperatur og fugt

CO₂ indhold

Arbejdstilsynet har sat grænseværdien for CO₂-indhold i luften til 0,1 %, hvilket almindeligvis fortolkes som maksimalt 1000 ppm for indendørs arbejde. De 1000 ppm er dog ikke en aktionsværdi, hvor man kan få bøder ved overskridelse, men snarere en slags betydende vejledningsværdi, hvor det kan påbydes, at hvis den grænse overskrides markant og ofte, så skal man gøre en ekstra indsats, som ofte består i at vurdere om ventilationsforholdene er tilstrækkelige.

En for høj CO₂ er i kortere perioder og ved lave overskridelser ikke nødvendigvis et problem i sig selv. Man måler CO₂, fordi det er en god indikator for forureningen (bioeffluenter) fra andre mennesker i rummet.

Forskning viser dog også, at CO₂-koncentrationen i sig selv er et problem, hvis koncentrationen bliver alt for høj (2.500-4.000 ppm)⁵

Samlet set skyldes et højt CO₂-niveau, at luftskiftet i rummet er for lille i forhold til det antal personer, som er i rummet, og at der dermed er en større risiko for ikke blot smitte med sygdomme i rummet, men også for negative effekter på indlæring, produktivitet og trivsel.

CO₂-niveauet kan ret let beregnes og bruges som indikator på, om belastningen fra menneskene er for stor i forhold til den tilførte udeluft via ventilationen. I sidste ende kan et højt CO₂-indhold i luften udover en forøget sygdomsrate også medføre ubehag i form af hovedpine, træthed og koncentrationsbesvær.

Det er forholdsvist enkelt at måle koncentrationen af CO₂, og det kan give en pejling på, om personbelastningen i lokalet er passende i forhold til rummets ventilation. Overskrides grænseværdierne, må man øge luftskiftet eller sætte personbelastningen i lokalet ned.

Som nævnt ovenfor er effekten for forbedret indlæringsevne og mindsket sygefravær i folkeskoler et område, som er godt beskrevet i flere forskningsrapporter m.v., og her har fokus særligt været på effekten af for høj CO₂-indhold i luften på grund af dårlige ventilationsforhold.

⁵ Kilde: AIVC, 2015 - Xiaojing Zhang, Pawel Wargocki, Zhiwei Lian: "Effects of Carbon Dioxide With and Without Bioeffluents on humans" <https://www.aivc.org/resource/effects-carbon-dioxide-and-without-bioeffluents-humans>

Temperaturforhold

Temperaturen spiller en væsentlig rolle for indeklimaet, og de fleste vil hurtigt mærke, hvis der sker ændringer. Hvis det er for varmt, bliver man let døsig, og både den manuelle og den intellektuelle præstationsevne bliver mindre. Nogle vil også opleve, at de lettere bliver utilpasse eller får hovedpine, hvis temperaturen er for høj.

Hvis lufttemperaturen er for lav i et rum, hvis kuldestrålingen fra kolde flader er for stor eller hvis det trækker, reagerer kroppen ved at spænde mere i musklerne. Samtidig bliver bevægeligheden i fingrene mindre, og det kan betyde, at man arbejder langsommere og laver flere fejl.

Det er påklædning og arbejdets karakter, der afgør, hvilken temperatur der føles mest behagelig. Hvis man bevæger sig meget, skal temperaturen være lavere, end hvis man sidder stille.

Lufttemperaturen i et rum er afhængig af, hvor meget varme der tilføres, og hvor stort varmetabet er. Varmen kan både komme udefra og indefra, og især i sommerperioden kan det være nødvendigt at begrænse varmen fra f.eks. sollys, lamper og teknisk udstyr. Om sommeren bør lamper i vindueszonen kunne slukkes. Både sommer og vinter er det vigtigt, at bygninger og vinduer er godt isolerede.

I en skoleundersøgelse⁶ af sammenhængen mellem indeklima og indlæringsevne var en af konklusionerne, at det var den samlede påvirkning fra indeklimaet, der betød mest, men også, at for høje temperaturer alene medførte en reduceret koncentrationsevne og indlæringsevne hos børnene. På Indeklimaportalen⁷ findes en lang række cases fra danske skoler.

Passive tiltag til at undgå overtemperaturer bør være første valg, f.eks. solafskærmning, men ofte er køling nødvendigt, hvis de termisk optimale forhold skal opnås.

Fugtforhold

Fugt i bygningen kan opstå på flere måder:

- En utæt klimaskærm, så regn og sne trænger ind gennem utætte tage, mure eller vinduer.
- Konstruktionsfejl – enten i projektering eller ved opførelse af bygningen.
- Opstigende fugt fra jorden, som trænger ind gennem sokler og fundamenter.
- Kondensvand på kolde flader, måske i kombination med dårlig ventilation.
- Uhensigtsmæssig adfærd med tilførelse af mere fugt end ventilationen kan klare.
- Fugt i konstruktionen som følge af fejlbehæftet efterisolering.
- Utætte baderum, hvor vand siver ind i vægge og gulve.
- Utætte vandløb og afløb samt stoppede kloakker.

⁶ "Indeklima i skoler", 2017, udarbejdet af DTU og Alexandra-instituttet og udgivet af Realdania: <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/indeklimaiskoler>

⁷ Klimaportalen:

https://www.indeklimaportalen.dk/ansatte/uddannelsesinstitutioner/erfaringer_skolebyggeri

For højt fugtniveau og især fugtige flader eller materialer i en bygning giver meget gode forhold for udvikling af mug og skimmel. Sundhedsstyrelsen vurderer helbredspåvirkninger fra fugt og skimmelsvampe under ét, da de næsten er umulige at dokumentere hver for sig.

Sundhedsstyrelsen vurderer således, at hvis man opholder sig i bygninger med dårligt indeklima som følge af fugt og skimmel, kan det give udslag i de såkaldte indeklimasympptomer som irriterede slimhinder, hovedpine, træthed og koncentrationsbesvær.

Hvis niveauet af mug og skimmelsvamp er alt for højt, bliver bygningen direkte sundhedsskadelig med risiko for langvarige skader, som dannelse af allergi hos personer, som bruger bygningen.

Det rammer især følsomme personer samt børn og voksne, der i forvejen har astma, høfeber eller allergi. Der er derfor stor fokus på at opføre bygninger, som gennem sin planlægning, konstruktionsdetaljer og opførelse sikrer mod problematiske fugtforhold.

Med moderne tætte bygninger med effektive ventilationssystemer med varmegenvinding og indblæsning i alle rum ses endvidere en ret ny fugtproblematik, hvor den relative fugtighed i bygningen bliver meget lav i kortere eller længere perioder, når det er koldt og tørt udenfor.

Det kan f.eks. give problemer med "tørre øjne" og for tør hud, samt problemer med "tør hals". Lave fugtniveauer giver muligvis også bedre betingelser for at virus og bakterier kan spredes i indeluften⁸. Samtidig kan inventar og materialer tage skade af meget lave fugtniveauer, f.eks. kan der opstå sprækker i trægulve og andet indvendigt træmateriale.

Denne problemstilling er endnu ikke fuldt ud undersøgt og anerkendt i lovgivningen, men må forventes at skulle tages alvorligt fremadrettet. Der eksisterer en række teknologier, som kan afhjælpe problemerne, f.eks. fugtgenvinding i mekaniske ventilationssystemer, eller egentlige befugtningsanlæg som en del af ventilationen.

Fokus på optimale fugtforhold i en bygning har allerede et ret stort fokus både på grund af større viden og på grund af at vores voksende velstand tillader os at prioritere indeklimaet højere. Det må derfor forventes, at det fremadrettet vil have endnu større fokus, både den direkte fugtindtrængning, den for høje luftfugtighed og den meget lave luftfugtighed.

7. Reduktion af partikelforureningen har stor sundhedsmæssig værdi

De livskvalitetsmæssige og dermed økonomiske tab fra tilstedeværelsen af luftbåren partikelforurening (hvor særligt de fine og ultrafine partikler er sundhedsskadelige) fra f.eks. afbrænding af fossile drivmidler i transporten, fyring med biomasse i brændeovne, udledninger fra energiproduktion baseret på afbrænding m.v. er ganske godt belyst.

De "større" partikler med partikelstørrelse PM₁₀, PM_{2,5} har længe været i søgelyset som helbredsskadelige. For udendørs luft eksisterer der således grænseværdier fra WHO og EU.⁹ Og hvis man nedsætter luftforureningen udendørs, så kommer der også mindre forurening ind i

⁸ Kilde: [Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings \(condairgroup.com\)](https://www.condairgroup.com)

⁹ Kilder: [Standards - Air Quality - Environment - European Commission \(europa.eu\)](https://european-commission.eu) og [Ambient \(outdoor\) air pollution \(who.int\)](https://www.who.int)

bygningen. Også Danmark overvåger partikel forureningen af PM₁₀, PM_{2,5} og de endnu mindre ultrafine partikler.¹⁰

Ultrafine partikler er defineret som partikler med en diameter på mindre end 0,1 mikrometer. Ved partikelmålinger, som typisk bruges i indeklimaet, måler man antal partikler per cm³.

Ultrafine partikler i indeklimaet stammer fra forbrændingsprocesser. De primære forureningskilder til ultrafine partikler i boliger og institutioner stammer fra madlavning (herunder pyrolyserensning af ovn og anvendelse af brødrister), stearinlys, rygning og brændeovne. Sekundært tilføres ultrafine partikler via udeluften, hvor de typisk stammer fra ældre diesel køretøjer fra nærliggende vej, samt brændefyring eller bål i nærliggende villaer.

Ultrafine partikler anses for særligt sundhedsskadelige af flere grunde:

1. Partiklerne har en størrelse, der gør, at de afsættes i lungernes fineste forgreninger (alveolerne) og kan overføres direkte til blodet.
2. Partiklerne stammer fra forbrændingsprocesser og derved oftest har et relativt højt indhold af giftig sod og kræftfremkaldende tjærestoffer.

Partikelforurening øger risikoen for hjertekarsygdomme, blodpropper, luftvejslidelser og kræft. Der eksisterer endnu ikke grænseværdier for ultrafine partikler. Men jo færre ultrafine partikler desto sundere indeklima.

Det har været en hypotese, at dieselpartikler fra vejtrafikken muligvis er mere skadelige end partikler fra indendørs forureningskilder, men dansk forskning konkluderer, at det ikke ser ud til at være tilfældet.

Med en forkert indretning af vores bygninger og en u hensigtsmæssig anvendelse af dem, kan den luftforurening, som skabes inde i bygningerne være mindst ligeså belastende for sundheden, som den, der findes udenfor i f.eks. trafik- og brændeovnsbelastede områder.

8. Kemikalier, støv og rengøring

Nye byggematerialer og møbler samt ny overfladebehandling af vægge, gulve og møbler afgiver ofte store mængder flygtige organiske forbindelser (VOC'er).

Miljøstyrelsen har derfor fastsat regler for anvendelsen af overfladebehandling med maling og lak i indeklimaet. Som regel falder niveauerne afhængigt af behandlingen i løbet af måneder. Afgivelsen af stoffer øges med temperaturen og ofte med øget luftfugtighed.

Ved skimmelsvampeangreb i indeklimaet kan svampene også danne VOC'er.

Også semiflygtige organiske stoffer afgives fra boligens byggematerialer samt inventar, men til forskel fra de flygtige, som findes i luften, så binder de semiflygtige (f.eks. ftalater og flammehæmmere) sig til overflader.

Udefrakommende forurening vil ydermere sive ind i bygningen, enten via utætheder eller som en del af det luftsifte, som foretages i bygningen. Herved vil den samlede forurening i

¹⁰ Kilde: [Måling og vurdering af luftforureningen \(mst.dk\)](http://mst.dk)

bygningen stamme fra både forurening skabt i bygningen og forurening fra kilder uden for bygningen.

Kilder fra menneskelig aktivitet omfatter rygning, rengøringsmidler, kosmetik, hobbyprodukter og madlavning. Kilderne varierer med aktiviteten og kan give høje niveauer af enkelte flygtige stoffer.

Kilder som nye møbler, nye gulvtæpper, nye overfladebelægninger og produkter, som elektronik og andet afgiver også i varierende grad VOC'er. Her er ikke direkte krav formuleret for bygningen som helhed, men for en del af de mere problematiske produkter er der sat krav til produkterne. Ofte er kravene dog sat lavere end de faktiske niveauer i de bedste produkter pga. af hensynet til, at næsten alle produkter skal kunne efterleve dem som f.eks. i elektronisk udstyr.

Det kan derfor være en god ide at se sig om efter miljømærkede produkter, som ligger i de bedste produkter, og som alt andet lige har mindre risiko for at udlede (for mange) skadelige VOC'er ved brug.

Under normale forhold udgør VOC-er i indemiljøet ikke en risiko for éns sundhed, hverken enkeltvis eller samlet, idet niveauerne af de enkelte stoffer ligger langt under niveauer, hvor man i andre sammenhænge ser effekter på helbredet.

For enkelte VOC'er, som formaldehyd, er der direkte sat grænseværdier, da der her er tale om alvorlige, kræftfremkaldende påvirkninger ved for høje koncentrationer.

Målinger af TVOC (Total mængde af VOC'er) i skoleklasser i perioden med Corona-smitte­risiko viser, at den megen anvendelse af håndsprit i klassen giver meget høje værdier af TVOC'er i klassen. Om dette er et reelt sundhedsproblem, har vi endnu ikke set vurderinger af.

Enkelte VOC'er eller kombinationer af flere kan bidrage til gener. Disse gener vil især være lugt, irritation med tørhed og rødme i øjnene og irritation med tørhed af slimhinderne i næse og hals.

Kendte kilder til VOC-er bør begrænses mest muligt. I nye og nyrenoverede boliger bør man sørge for god ventilation.

VOC-niveauet kan nu om dage ret enkelt måles i bygninger på samme måde som CO₂-niveauet.

En del kemikalier binder sig til støv, hvorfor en grundig rengøring er vigtig. Studier af indeklimaet i daginstitutioner¹¹ viste et alt for højt niveau af hormonforstyrrende kemikalier i landets daginstitutioner. Disse kemikalier kan i høj grad stamme fra madrasser, møbler og legetøj samt byggematerialer. Forholdene i daginstitutionerne kunne i et vist omfang forbedres ved at fjerne gamle madrasser og legetøj samt ved bedre rengøring.

Effekten af disse hormonforstyrrende kemikalier er særligt problematisk for børn. På den baggrund er mange af stofferne forbudt i legetøj.

Det må forventes, at der vil være en stadig stigende fokus på at reducere kilderne til VOC'er samt andre problematiske kemikalier i vores bygninger. Fremkomsten af billigere måleudstyr

¹¹ Rådet for Grøn Omstilling: Indeklimaet i daginstitutioner 2017-19 – <https://rgo.dk/projekt/indeklima-i-daginstitutioner/>

vil forbedre vores viden om forureningstilstanden og dermed kan det forventes, at der bliver stillet større krav til reduktion eller til fravær af VOC'er i bygningernes indeklime.

Fra 2023 er det eksempelvis forventningen, at der i Bygningsreglementet indføres et krav om begrænsning af det totale indhold af VOC'er (TVOC) i indeklimaet.

Også den frivillige bæredygtigheds klasse, som forventes at føre til krav i Bygningsreglementet, har fokus på at stille krav til VOC'erne.

9. Indretningen af bygningen og dens installationer har stor betydning

Den påvirkning af indeklimaet, som fremkommer ved brug af bygningen, har stærk sammenhæng mellem både bygningens indretning og den adfærd, som brugerne af bygningen udviser.

Og igen har indretningen faktisk en betydning for adfærden. Er bygningen indrettet, så den direkte tilskynder til god luftkvalitetsmæssig adfærd, så vil brugerne i langt højere grad også opføre sig på en luftkvalitetsmæssig mere hensigtsmæssig måde.

Vi må derfor forvente, at der fremadrettet kommer meget mere fokus på, at fremtidens bygninger skal indrettes, så de i sig selv forbedrer betingelserne for et godt indeklime og samtidig via sin indretning tilskynder brugerne af bygningen til en optimal brug af denne i forhold til at opnå en god luftkvalitet.

Projekt "Sunde boliger" i Holstebro

I forbindelse med demonstrationsprojektet Sunde Boliger i Holstebro, hvor Realdania By & Byg var bygherre, blev der bygget tre gårdhavehuse med betegnelsen: NOW-tech, NO-tech og YES-tech.¹²

De tre gårdhavehuse er bygget ud fra forskellige strategier for design, byggematerialer, byggemetoder og teknologi.

NOW-Tech-huset er bygget efter den på det tidspunkt gældende standard (BR2015) og udgør en slags referencebygning.

NO-Tech-huset benytter passive løsninger via bl.a. indretning og materialer.

YES-Tech-huset repræsenterer et 'ja' til teknologi og er indrettet med de nyeste teknologiske løsninger.

Kort forklaret var de tre huse kendetegnet ved:

Hus 1: NOW-tech: Et referencebyggeri, som ligner de fleste nye huse, der bygges i dag. Formålet med dette hus er at sammenligne indeklimaet med de to andre huse, hvor der er mange nye tiltag.

¹² Læs mere om "Sunde boliger" her:

<https://www.realdaniabyogbygklubben.dk/udgivelser/boeger/eksperimenterende-nybyggeri/sunde-boliger/2331>

Og se en evaluering af indeklimaet i de tre boliger her:

<https://realdania.dk/publikationer/realdania-by-og-byg/sunde-boliger---midtvejsrapport>

Hus 2: NO-tech: Her ville man forsøge at afhjælpe potentielle indeklimaproblemer ved at ændre beboernes adfærd. Fx er der oprettet et særskilt legerum, et udebad og udekøkken, der skal mindske fugt og partikelforurening inden døre.

Hus 3: YES-tech: Her er der til gengæld skruet op for tekniske løsninger, som skal optimere indeklimaet, fx et specialudviklet ventilationssystem, forbedret dagslys og en emhætte, der skal fjerne beboernes partikelforurening.

Rapporten fra målingerne i de tre huse før indflytning af beboere giver et godt indblik i de mange elementer af indeklimaet, som kan påvirkes gennem bygningens konstruktionsformer og anvendelse af materialer. I rapporten står:

“De ubeboede huse – hvem vandt?”

Der er ingen tvivl om, at både det lavteknologiske og højteknologiske hus på flere områder overgår det gængse BR15-hus. YES- og NO-Tech har hver især nogle indeklimamæssige kvaliteter, som uden tvivl vil medvirke til at fremme trivslen og sundheden hos de kommende beboere. Men hvilket af de to er så bedst?

Mennesker reagerer forskelligt på diverse sundhedsskadelige indeklimaparametre. Husstøvmider kan f.eks. forringe livskvaliteten væsentlig mere hos allergiske personer, end hos personer uden allergi. Der vil også altid være forskel på, hvordan mennesker vægter de indeklimaparametre, som kan opleves med sanserne. Med de kommende beboeres forventelige forskellighed in mente kan der ikke udpeges en én-til-én vinder, som vil være førstevalg hos alle; husenes performance vil med stor sandsynlighed passe forskelligt til den individuelle person.”

Det må forventes, at projektet “Sunde Boliger” vil udgøre endnu en lille brik, som vil bevirke, at der bliver stillet øgede krav til indeklimaet i fremtidens byggeri, og at kravene skal opfyldes via bedre teknologi og via større fokus på påvirkning af brugernes adfærd gennem bygningsdesignet.

10. Dagslys og solindfald uden overophedning giver kvalitet

Vinduer og dagslys er vigtig for et godt indeklima med et behageligt og tilstrækkeligt lys i rummet. Lyset skal falde rigtigt ind i lokalet for ikke at genere og blænde. Undersøgelser har vist, at naturlig belysning fra dagslys påvirker mennesker positivt og derfor er at foretrække i det omfang, det giver lys nok i boligen, i institutionen eller på arbejdspladsen. Dagslys er en af de bedste former for arbejdsbelysning og er samtidig gavnligt for ens velbefindende, og det kan øge produktiviteten.

Manglende dagslys i lokalet kan betyde, at man føler sig indelukket og isoleret fra omverden. Derfor er det vigtigt at indrette arbejdsrum og beboelsesrum med vinduer, så der kommer naturligt lys ind, og så der er udsyn til omgivelserne udenfor.

I lokaler, hvor folk sidder og arbejder, bør alle have mulighed for at sidde ved et vindue. I lokaler beregnet til undervisning og foredrag er det afgørende, at lyset falder, så folk let kan se tavlen og den, som taler.

Almindeligt dagslys og direkte sollys kan blænde og spejle sig i blanke flader, tv- og computerskærme. En løsning er at dæmpe og afskærme lyset fra vinduerne ved hjælp af f.eks. lyse gardiner, persienner eller markiser. Det er vigtigt, at afskærmningen kan reguleres i takt med, at vejret skifter, og lyset forandres. Og det viser sig vigtigt at give mulighed for at menneskers ønske om dagslys og især sollys skifter over året. Solafskærmning, som er anvendt optimalt, kan samtidig afhjælpe problemer med varme fra kraftigt sollys.

Problemfeltet mellem sammenhængen mellem stort indfald af dagslys, herunder solskin, behovet for at undgå overophedning ved forskellige former for solafskærmning og behovet for udkig mod omgivelser og samtidig undgå uønsket indkig er ikke altid muligt at løse generelt, da disse forhold er tæt sammenvævede og til tider modstridende.

Det må også her forventes, at der fremadrettet bliver større efterspørgsel efter bygninger, som optimalt løser forholdene lokalt, således at der er et godt dagslys og solindfald, et godt udkig og som samtidig ikke giver problemer med hverken overophedning eller indkig.

11. God akustik og ingen lydgener har stor betydning for en bygning

Støj er defineret som uønsket lyd. Da støj dermed er afhængig af den gene, den påfører en person, er den både relateret til lydets oprindelse, dens styrke og den person, som hører lyden. Et akustisk miljø vil som oftest bestå af både ønsket og uønsket lyd, og denne skelnen er ikke nødvendigvis ens for alle de personer, der befinder sig i det miljø.

Det er dokumenteret, at støj kan relateres til en række sygdomme og derigennem også dødsfald. Uønsket høj lyd fra f.eks. vejtrafik, fly, byggearbejdet m.v. vurderes især at have denne effekt. Men også nabolyd m.v. især i søvnperioder kan have stor skadelig effekt.

Når mange personer samles i et rum, vokser støjen fra tale med antallet af personer i rummet ganske jævnt. Dette er kendt som Lombardeffekten. Lombardeffekten påvirkes af, hvorvidt vi kan forstå personerne, vi taler med. Har vi svært ved at forstå, hvad de siger, løfter vi selv vores stemmer.

Normalt kan vi forstå tale selvom den ligger under baggrundsstøjen i lydniveau. Dette betyder, at vi mister en del information i talen, som vores hjerner selv lapper hullerne i. Dermed kan vi forstå, hvad en person siger uden at høre alt, hvad der bliver sagt, hvilket er kendt som Cocktail-Party effekten. Denne egenskab skal tillæres og kræver træning, og kommer løbende efter at have hørt ordene udtalt tydeligt i mange år.

Af ovenstående grunde må det forventes, at børn, særligt i de første skoleår og før, er mere sensitive for støj i formidlingssituationer, hvor de skal forstå en pædagog eller lærer. I institutionerne er dette særligt vigtigt for sprogindlæring. Og hvis børnene samtidigt er mindre selvbevidste, kan de rumakustiske forhold, som danner rammen for det akustiske miljø og støjen på opholdsstuerne være essentiel for børnenes sprogudvikling. En forudsætning for et godt lyd miljø er, at rummets akustiske egenskaber er i orden.

Akustik måles i efterklangstid. Jo hårdere overfladerne (vægge, vinduer, loft og gulv) i rummet er, jo længere bliver efterklangstiden.

For eksempel er der i kirker en meget lang efterklangstid, hvor tonerne fra orglet kan blive "hængende" i flere sekunder. Det er med til at give den specielle stemning i en kirke, men på en arbejdsplads betyder en lang efterklangstid mere støj.

Når mere end to personer taler sammen, bliver det sværere at forstå hinanden, hvis efterklangstiden er for lang, fordi lydene fra den enkelte person er for længe om at forsvinde (falde i lydstyrke) og dermed "dækker" over andre lyde.

Akustikken afhænger først og fremmest af de materialer, der er anvendt til vægge, lofter, gulve og døre – samt andelen af hårde og lydreflekterende overflader, f.eks. vinduer. Akustiske problemer bør derfor overvejes i planlægningsfasen ved nybyggeri og ombygninger. Det er billigere og giver ofte det bedste og pæneste resultat.

Efterklangstiden kan reduceres ved at opsætte særligt lyddæmpende materialer – såkaldte absorberer. Det kan f.eks. være lydabsorberende skivevægge, et nedhængt loft eller særlige plader i loftet kaldet bafler. Normalt bør absorberer placeres jævnt i lokalet, men hvis årsagen til støjen stammer fra et bestemt område, kan man placere hovedparten her.

Man opnår den største effekt ved at sætte lydabsorberende materialer på lofterne. Herefter vægge. Herefter reoler og skærmvægge.

Der er allerede stor fokus på reduktion af lydgener i Danmark, hvor vi ofte angiver fravær af forstyrrende lyde som klart positivt. Men på nogle områder halter det bagefter, som f.eks. trafikstøj og andre høje lydtryk, som de fleste opfatter som uønskede – især i søvnsituationer.

Udefra kommende støj, især fra trafikken, er dokumenteret skadeligt i utallige undersøgelser. Udskiftning af gamle støjmæssigt utætte vinduer med nye lydtætte vinduer vil i tilfælde af stærke gener fra trafikstøj have en betydelig positiv værdi for den samlede brugsværdi af bygninger. En tidlig rapport fra Miljøstyrelsen sætter allerede i 2003 tal på omkostningen ved støj gennem en beregning af bygningens værditab. I rapporten er det beregnet, at priserne på huse belastet med vejstøj over 55 decibel (dB) beliggende ud til "almindelige" veje falder med 1,2% pr. dB. Det tilsvarende tal for huse beliggende ud til motorveje er 1,6% pr. dB.¹³

Find f.eks. mere information om trafikstøj i forhold til bygninger på hjemmesiden www.roligbolig.dk.¹⁴

Andre kilder til lydforurening har vi bedre muligheder for at reducere ved kilden. Flere af kravene i den nye vejledning for den frivillige bæredygtighedsklasse for bygninger er netop stramninger af krav til støj fra ventilation, fra apparater og fra omgivelserne.

Nabostøj er ofte en kilde til stor frustration i etageboligbyggerier. Og dermed årsag til egentlig værditab i bygninger, som lider meget af nabostøjgener. Og alligevel bliver reduktion af nabostøj ofte overset i forbindelse med renoveringer. Reduktion af nabostøj vil derfor medføre en betydelig værdimæssig kvalitetgevinst for en bygning.

¹³ Kilde: Miljøstyrelsen "Miljøprojekt nr. 795, 2003 - Hvad koster støj? - værdisætning af vejstøj ved brug af husprismetoden. <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-568-6/pdf/87-7972-569-4.pdf>

¹⁴ "Viden om trafikstøj i og omkring boligen", <https://roligbolig.dk/>, hjemmeside besøgt den 10.3.2021

Reduktionsindsats over for nabostøj kan ske både ved renovering, hvor der målrettet går efter den fysiske reduktion. Eller nabostøj kan "reduceres" ved ikke at blande støjfølsomme beboere og mindre støjfølsomme (som ofte er mere støjende beboere) i samme bebyggelse.

Grundejernes Investeringsfond har udgivet en række publikationer med gode råd til, hvordan man fysisk kan reducere problemer med naostøj, og hvordan man kan skabe dialog med henblik på at mindske gener fra nabostøj, især er etageboligbyggerier fra før 1950.¹⁵¹⁶¹⁷

Vi må derfor forvente, at gode bygninger med optimale forhold for at fremme den "gode" lyd, og reducere eller helt udelukke den "dårlige" lyd vil få større bevågenhed fremadrettet, og dermed også større betydning for en bygnings værdisætning.

12. Sikring mod radon i nybyggerier og i eksisterende bygninger

Radon er en usynlig luftart, som har betydelige negative påvirkninger på menneskers sundhed, da den er kræftfremkaldende.

For nye bygninger er der derfor rimeligt skrappe krav til foranstaltninger for at undgå indsvivning af radon fra undergrunden.

Det har dog vist sig, at såkaldte "radon-skorstene" f.eks. i nye huses teknikrum kan give meget høje radonniveauer selv i nye huse.

Men mange danske eksisterende bygninger er opført uden at have særlige foranstaltninger mod indsvivning af radon, og det kan konstateres, at der er et alt for højt radonniveau i mange danske bygninger.

Omkostningen ved et for højt radonniveau kan tælles i årlige for tidlige dødsfald på omkring 300, hvilket selv sagt udgør en samfundsmæssig omkostning.

Radonsikring er som sådan en udgift for den enkelte bygningsejer, men hvis værdien af et markant reduceret antal sygdomstilfælde og for tidligere dødsfald på grund af for høje niveauer af radon i bygninger medregnes, så vil en øget indsats mod radon i eksisterende bygninger have en positiv samfundsøkonomisk værdi.

Danskerne har traditionelt ikke haft ret meget fokus på at undgå de potentielt livstruende effekter af for høje radonniveauer i en bygning pga. bygningens konstruktive mangler. Dette er dog lige så langsomt ved at vende, idet billige og ganske lette målemetoder for radon er ved at vinde frem.

Det forventes, at der kommer mere fokus på radonproblematikken især i ældre bygninger. Det kunne f.eks. ske ved at stille krav om en obligatorisk radonmåling, f.eks. i forbindelse med udarbejdelse af en tilstandsrapport ved boligsalg. Dette kunne være med til at skabe fornøden fokus på problemstillingen.

¹⁵ Kilde: "Gode råd om nabostøj", GI, 2015 - <https://gi.dk/publikationer/2015/nabostoj>

¹⁶ Kilde: Hvidbog med "Gode råd om nabostøj", GI, 2020 : <https://gi.dk/publikationer/2020/hvidbog-nabostoj>

¹⁷ Kilde: "Håndbog – Gode råd om nabostøj" – GI, 2021, https://gi.dk/publikationer/2021/haandbog_nabostoj

Vi ser også, at f.eks. kommunerne er begyndt at gennemføre radonmålinger i deres institutioner og skoler for herved at sikre brugerne mod skadelige effekter af et for højt radonniveau og sig selv mod klager fra brugere og forældre til børn i kommunens skoler og institutioner.

Det forventes derfor, at værdien af bygningerne fremadrettet i højere grad vil omfatte fraværet af alvorlige radonproblemer – og at der gradvist vil blive stillet krav om dokumentation af radonniveauer ved fremtidige salg af bygninger opført før, der kom krav til radonsikring i bygninger.

13. Forbedring af indeklimaet gennem adfærd

Mange indeklimaforhold kan forbedres betydeligt gennem forbedringer af bygningers konstruktion og installationer. Men også adfærden i bygningerne kan medvirke til at skabe værdi for både brugere og samfund i bygninger, hvor hensynet til indeklima ikke fuldt er indtænkt fra start, men også i de (ret få) bygninger, hvor dette er tilfældet.

Mange af de skadelige effekter og handlinger fra et dårligt indeklima er desværre "usynlige" eller svært registrerbare for den almindelige bruger af bygningen. Der er derfor brug for yderligere oplysninger om, hvordan man kan forbedre sin egen og sine børns livskvalitet ved gennem sin adfærd at sikre et så godt indeklima som muligt.

En række almindelige råd til et forbedret liv i bygninger er:

- Luft ud jævnlige i kort tid med gennemtræk, hvis du ikke har et velfungerende balanceret ventilationsanlæg med indblæsning i alle rum.
- Undgå forbrændingsprocesser indendørs, såsom tændte stearinlys, brændeovne, rygning, pyrolyserensning af ovn m.v.
- Brug altid kraftig emhætte ved madlavning, også når brødristeren/toastmaskinen bruges.
- Sørg for vedligehold af mekaniske ventilationsanlæg, og husk skift af filtre.
- Tør ikke vasketøj indendørs medmindre du har et så effektivt ventilationsanlæg, at det kan klare den ekstra fugt. Du kan f.eks. måle luftfugtigheden først.
- Tænk over, hvilke kemiske forureninger, der bringes ind i bygninger gennem køb af elektronik, møbler og ting og sager m.fl. ved f.eks. at efterspørge miljømærkede produkter.
- Sørg for jævnlig rengøring for at fjerne de kemikalier, som binder sig til støv.
- Få målt radon-niveauet i din bygning – især hvis du har opholdsrum i kælderen eller ikke har kælder. Det er faktisk let og billigt.

Du kan finde mange flere råd på diverse hjemmesider. Her er et par muligheder.^{18, 19, 20}

¹⁸ Link til råd fra Rådet for Grøn Omstilling fra børneværselesprojektet: <https://rgo.dk/projekt/frisk-luft-og-mindre-kemi-i-bornevaerelser/>, 2016

Direkte råd til en optimal indeklimaadfærd ved brug af bygninger er gode og brugbare, men det må ikke glemmes, at opnåelsen af et godt indeklima ikke i for høj grad må gøres afhængig af brugeren og dennes adfærd i bygningen.

Selve bygningens design må understøtte et godt indeklima ved intuitivt at tilskynde til en indeklimaoptimal adfærd - og være robust over for brugerens eventuelt manglende viden om eller interesse for den rette adfærd i bygningen.

14. Værdien af et godt indeklima i bygninger skal medregnes

Kvaliteten af indeklimaet i bygningen er af yderste vigtighed for, hvor godt et liv og hvor stor en ydeevne mennesker kan have i bygninger. Et godt indeklima er således en betydelig værdi ved bygninger, som fremadrettet vil blive mere og mere erkendt, når den samlede værdi af bygningerne bliver opgjort.

Værdien af et godt indeklima forventes fremadrettet at blive yderligere konkretiseret, i totaløkonomiske opgørelser, så denne værdi kan indgå på lige fod med værdien af sparet energi og investeret kapital i beslutninger om kvalitetsniveau af nybyggeri og i beslutninger om renoveringer.

Endvidere vil værdien af et godt indeklima indgå i beslutninger om, hvorledes den daglige drift af bygningerne kan ske, så kvaliteten ved ophold i bygningerne optimeres.

Den måde, vi beslutter den samlede kvalitet af bygningen i dag på, er ikke sammenhængende. Der stilles således specifikke krav til udseende, funktionalitet og indeklima, hvor sådanne krav faktisk ender med at figurere som udgifter i det samlede bygningsregnskab og i en tilhørende totaløkonomiberegning.

Herved bliver værdien af et godt indeklima i alt for mange tilfælde faktisk reduceret til en omkostning ved at opføre eller ombygge en bygning til at have et godt indeklima.

F.eks. vil etablering af ventilationssystemer på skoler, som oprindeligt er opført uden ventilation, ikke blot medføre anlægsudgifter, men også driftsudgifter, som man ikke havde før. Hvis vi ikke får medregnet værdien af det forbedrede indeklima, er der en risiko for, at sådanne projekter blot opfattes som unødvendige omkostninger, og at et renoveringsprojekt måske skæres til, så der alene kigges på en energieffektivisering.

Men talrige udredninger har påvist, at et godt indeklima skaber god produktivitet både kvantitativt og kvalitativt på arbejdspladsen, forøget sundhed, velvære og komfort i boligen, øget indlæringssevne i skoler og daginstitutioner og et generelt lavere sygefravær både direkte for de voksne og indirekte via færre sygedage hos børnene. Alle disse fordele har en klar positiv økonomisk værdi både for samfundet og den enkelte borger.

Alligevel bruger vi fortsat en forældet måde at betragte værdien af en bygning på, hvor beregninger af opførelsesomkostning, totaløkonomiske beregninger og

¹⁹ Link til råd fra Rådet for Grøn Omstilling fra Daginstitutionsprojektet: <https://rgo.dk/projekt/indeklima-i-daginstitutioner/> 2019

²⁰ https://realdania.dk/nyheder/seneste-nyt/nyheder-uden-projekt-2016/indeklima-boernevaerelser-boern-udsattes-for-skadelige-kemikalier_080916

renoveringsberegninger endnu ikke medtænker de mange positive værdier af et godt indeklima.

Fremadrettet forventer vi, at den samlede totaløkonomiske beregning for et nybyggeri og en renovering også medregner den fulde værdi af et godt indeklima for bygninger til alle typer af formål. Især er kontorer undersøgt, og her viser resultaterne en rigtig god økonomi ved sikring af et godt indeklima²¹.

15. God økonomi i godt indeklima i vores skoler²²

Indeklimaet i skolerne har det ofte svært, hvis drift af skolebygninger udelukkende betragtes som et vedligeholdelsesproblem. Herved bliver investeringer i forbedring af indeklimaet til en ren udgift.

Det viste sig, at selv om kommunerne gennem årene har brugt mange penge på renoveringer, så nåede DTU i en undersøgelse fra 2017²³ frem til, at det ikke nødvendigvis medfører forbedringer af indeklimaet, fx målt på CO₂-koncentrationen.

Motivet for renovering er, ifølge kommunerne, oftere energi end indeklima. Der er simpelthen en risiko for, at indeklimaet glemmes, når der renoveres. Og kommunerne får ikke nødvendigvis en rådgivning, der samtænker renovering, energieffektivisering og indeklima.

Samtidig ses der ofte en tydelig mangel på at sætte omkostningerne til et godt indeklima i sammenhæng med omkostningerne til den generelle drift af folkeskolen. Der kommer således ikke fokus på, at forbedring af skolebørnenes indlæringsevne på helt op til 15 procent kan gennemføres med en relativt lille ekstraomkostning til opnåelse af et godt indeklima, set i forhold til den samlede pris for hele folkeskolen.

Forskning har også indikeret, at dårligt indeklima særligt går ud over de svage elever.

Realdania har i april 2021 udgivet en håndbog²⁴ med erfaringer og anbefalinger fra 12 kommuner, der har udviklet indeklimastrategier, igangsat et rejsehold og bevilget 20 mio. kr i støtte til forbedring af indeklimaet i skolerne i hele landet.²⁵

At investere i et godt indeklima giver samfundsøkonomisk overskud ses af følgende to eksempler:

²¹ Kilde: Rapport fra REHVA - 2007 - P.Wargorcki et al: "Guidebook No.06 Indoor Climate And Productivity In Offices", [Indoor Climate And Productivity In Offices \(rehva.eu\)](https://rehva.eu)

²² Kilde: "Sådan skaber vi et bedre indeklima i folkeskolen", Oktober 2020 udarbejdet af Blik og Rør, VELTEK, Rådet for Grøn omstilling, Foreningen af Rådgivende Ingeniører, TEKNIQ arbejdsgiverne og CONCITO - <https://rgo.dk/wp-content/uploads/Indeklima-lang-version1.pdf>

²³ Clausen, G., Toftum, J., Bekö, G., Dam-Krogh, E. P., Fangel, A. B., Andersen, K. (2017) *Indeklima i Skoler*, DTU, Alexandra Institutet. Udgivet af Realdania

²⁴ "Indeklima i skoler - En håndbog til at arbejde strategisk med at forbedre skolernes indeklima",

Realdania, april 2021, <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/indeklima-i-skoler-2021>

²⁵ <https://realdania.dk/projekter/skolernes-indeklima>

Bornholm: Det koster fire kr. om dagen at sikre eleverne et godt indeklima

På Bornholm beregnede²⁶ man de samlede omkostninger ved renovering af skolerne, inden man startede en større renovering af skolerne, som på sigt skal være med til at sikre et godt undervisningsmiljø/indeklima på alle øens folkeskoler. For ventilationsdelen viste det sig, at det ville koste mellem 2,8 og 4 kroner om dagen per elev ved en afskrivning over 30 år, når man medregner både anlægs- og driftsomkostningerne. Det svarer til mellem 600 og 800 kroner om året pr. elev for at sikre hver elev en god luftkvalitet.

Esbjerg: Der er god samfundsøkonomi i at forbedre indeklimaet

Realdania og Rambøll har i løbet af 2019 udarbejdet en strategisk indeklimaplan²⁷ sammen med Esbjerg kommune. Planen beskriver både udfordringerne og løsningerne for indeklimaet i Esbjerg kommunes folkeskoler.

Undersøgelsen viste, at det vil koste 83,5 millioner kroner at rette nogenlunde op på de indeklimaproblemer, der dagligt plager elever og lærere.

Til gengæld kan et forbedret indeklima i skolerne i Esbjerg give en samfundsøkonomisk gevinst på 261 millioner kroner ved reduceret sygefravær set over en 30-årige periode og en gevinst på 162 millioner kroner ved øget indlæring - set over en 50-årig periode.

16. Et sundt indeklima betaler sig²⁸

At der kan hentes betydelige samfundsøkonomiske gevinster i at have et godt indeklima kan ses i en rapport, som Ea Energianalyse har udarbejdet på vegne af SYNERGI.

I rapporten er det beregnet, at Danmark kan spare mindst 14 milliarder kroner i såkaldte 'multiple benefits' frem mod 2050, hvis vi energirenoverer vores bygninger.

For at energirenoveringstiltag skal have positiv effekt på indeklimaet, er det nødvendigt, at tiltagene implementeres rigtigt, da der ellers er risici for, at fx tættere bygninger forværrer den indendørs luftkvalitet som følge af dårligere ventilation. Det er derfor forudsat, at energirenoveringstiltag implementeres med henblik på både at reducere bygningens energiforbrug, men samtidig forbedrer en række parametre, herunder bygningens indeklima og generelle komfort.

I analysen²⁹ har Ea Energianalyse udelukkende medregnet den økonomiske værdi af reduceret sygdomsforekomst, fx færre tilfælde af luftvejs sygdomme.

²⁶ Bornholm kommunes, kort beskrevet www.installationsmedierne.dk/langsigtet-strategi-blaesermakreldunsten-bornholmske-skoler

²⁷ Rambøll og Esbjerg kommune (2020) "Indeklimastrategi for Esbjerg kommunes folkeskoler – udfordringer og løsninger", Rambøll, Realdania og Esbjerg kommune

²⁸ Hjemmeside besøgt den 9.2.2021: <https://synergiorg.dk/maerkesager/velfaerd/>

²⁹ <https://synergiorg.dk/media/1222/analyse-af-det-samfundsoekonomiske-potentiale-for-energibesparelser-final.pdf> samt notatet "Værdisætning af multiple benefits", Ea Energianalyse, 19 august 2020. <https://synergiorg.dk/media/1374/synergi-2020-vaerdien-af-multiple-benefits-fra-ea-energianalyse.pdf> .

Da der fremkommer betydeligt flere økonomisk positive effekter af et forbedret indeklima er det egentlige besparelspotentiale ved et forbedret indeklima formentlig væsentligt større.

Desuden er rapportens fokus alene på de forbedringer af indeklimaet, som er knyttet op på energiforbedrende tiltag. De samfundsøkonomiske gevinster som knytter sig til tiltag, der er direkte møntet forbedringer af indeklilmaet, fx bedre ventilation, vil formentlig være endnu større. Konklusionen om de 14 mia. sparede udgifter må derfor betegnes som klart i underkanten af de faktisk mulige værdier, som kan indhentes gennem et forbedret indeklima.

17. Klassisk eksempel fra Holland

Guidebook No.0630 fra REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations) udgivet i 2007 med titlen: "Indoor Climate And Productivity In Offices" er stadig en slags reference for, hvilke positive effekter et godt indeklima har for produktivitet og dermed for den samlede afvejning mellem omkostninger til forbedring af indeklimaet og værdien af den forbedrede produktivitet, som sker med et bedre indeklima.

I denne håndbog fremgår et beregnet eksempel fra et hollandsk kontorbyggeri med 350 medarbejdere, som arbejder med kontorarbejde og laboratorietest m.v.

Resultatet fra beregningerne viste et meget overbevisende positivt økonomisk resultat. Der blev regnet med en investering, som i 2007-priser androg 6 – 700 Euro / m², som blev anvendt til forbedring af ventilation og forbedret rengøring af ventilationskanaler, forbedring af lufttæthed, udskiftning af vinduer, ekstra solafskærmning, ny belysning og forbedret rengøringsprocedurer.

Denne investering i forbedring af indeklimaet ville medføre en så stor forbedring af produktiviteten, at den simple tilbagebetalingstid var 2 år, mens der over en 15 års periode kunne forventes en profit af investeringen på hele 700 %.

18. Investering i bedre indeklima giver overskud

Mange har i årevis begrundet investeringer i bedre indeklima med, at sådanne investeringer meget ofte bliver meget positive, da det forbedrede indeklima øger produktiviteten hos medarbejdere så meget, at regnestykket bliver meget positivt.

Det har imidlertid været svært ved skrivningen af dette fremsynsnotat konkret at finde hjælp til at beregne den positive økonomi i investeringer i forbedret indeklima.

For nylig er der dog skabt to værktøjer, som er tænkt som en hjælp til at beregne og dermed dokumentere den positive effekt af investeringer i et forbedret indeklima .

"Totalværdi og indeklima"³¹ sætter økonomi på indeklima på kontoret

³⁰ Kilde: Rapport fra REHVA - 2007 - P.Wargorcki et al: "Guidebook No.06 Indoor Climate And Productivity In Offices", [Indoor Climate And Productivity In Offices \(rehva.eu\)](http://www.rehva.eu)

³¹ Find mere om beregningsværktøjet her: <https://www.innobyg.dk/blogs/udviklingsprojekter/totalvaerdi-og-indeklima/2017/projektet-afsluttet-se-alle-resultater-her/>

Innovationsnetværket InnoBYG i samarbejde med DTU lancerede i 2017 beregneren "Totalværdi og indeklimate" målrettet til kontorarbejdspladser.

Beregneren omsætter forskernes viden om sammenhængen mellem præstationsevne og indeklimate til kroner og ører. I første omgang kan beregneren bruges til at vurdere værdien af at investere i optimale temperatur- og luftforhold. Det forventes senere, når forskningen er klar, at der tilføjes afsnit om lys og støj til beregneren.

Beregningen fungerer med indtastning i et regneark med målte temperaturer og målt indhold af CO₂ i indeluften. Og så indtaster man personaleomkostningerne. Herefter kommer beregneren med et resultat for den værdi, det vil have for virksomheden ved at investere i et bedre indeklimate.

Det har dog været svært i forbindelse med dette fremsynsnotat at finde virksomheder, som rent faktisk har brugt værktøjet.

IK-Kompas³² vurderer resultat af mange forskellige tiltag

Værktøjet IK-Kompas er lanceret i partnerskabet REBUS i starten af 2020. Deltagerne i partnerskabet er Aalborg Universitet, DTU, Teknologisk Institut, Henning Larsen Architects, COWI, Saint Gobain, Enemærke og Petersen, Himmerland Boligforening og Frederikshavn Boligforening.

Værktøjet beregner og visualiserer, hvor godt indeklimate er i en bygning, hvis den bruges optimalt. Værktøjet er således tænkt til at kunne bruges af rådgivere og projekterende ved at indtaste data om en eksisterende bygning eller en kommende bygning og herved få en samlet vurdering af bygningens potentielle indeklimate – uafhængigt af brugernes adfærd.

Vurderingen foretages på parametrene: Temperatur/træk, luftkvalitet, lys og støj/akustik. Værktøjet visualiserer herefter indeklimate og tildeler det et bogstav på samme måde som energimærket. Den projekterende kan herefter ændre på bygningen og via nye indtastning hurtigt se, hvordan ændringerne vil påvirke kvaliteten af indeklimate på de fire parametre.

Herved kan den projekterende bruge værktøjet til at finde frem til det bedst opnåelige indeklimate inden for budgettet. Og værktøjet kan bruges til at vise bygherren, hvad konsekvensen er af forskellige løsninger og budgetter på en nem og overskuelig måde.

19. Reguleringen af indeklimate i bygningsreglementet

Bygningsreglementet regulerer indeklimate med krav på en lang række betydende områder for at sikre, at et standard nybyggeri (og til dels renovering) giver gode indeklimateforhold for brugerne af bygningen.

Detailreguleringen for hver enkelt indeklimate-parameter angives ikke her, idet vi blot referer fra bygningsreglementets hjemmeside med eksempelsamling for indeklimate³³, hvor der angives følgende hensyn:

³² Læs mere om IK-Kompasset, brug værktøjet gratis til 1.9.2021: <https://sbi.dk/ik-kompas/Pages/Start.aspx>

³³ https://eksempelsamling.bygningsreglementet.dk/indeklimate_nybyg, besøgt den 5.2.2021

En væsentlig del af energiforbruget i bygninger anvendes til at skabe et godt indeklima for brugerne. Indeklimaet afhænger af bl.a. temperatur og trækforhold, akustik og støj, dagslys og belysning samt luftkvalitet.

”Ventilation: Med BR18 er der mulighed for at anvende behovsstyret ventilation i skoler, institutioner og boliger. Behovsstyret ventilation består i, at ventilationen tilpasses enten efter en målt eller oplevet koncentration af luftbårne forureninger. Styringen kan være automatisk baseret på fx rumfølere eller manuel, hvor det er brugerne, som fungerer som følere og påvirker systemet. I stedet for at alle grupperum i en børnehave ventileres konstant, uanset hvor mange børn, der er i det pågældende grupperum, kan ventilationen indrettes, så de grupperum, hvor der er mange børn, ventileres mere, og de rum, hvor der ikke er børn, ventileres ganske lidt. Herved opnås både et bedre indeklima og et lavere energiforbrug.

SBi har udarbejdet en vejledning om behovsstyret ventilation i boliger og skoler samt børneinstitutioner.

Dagslys: Arbejdsrum og beboelsesrum skal have vinduer, så de er vel belyste. Vinduerne skal være anbragt, så personer i rummene kan se ud på omgivelserne. Fx vil et rum med stor dybde, ofte have utilstrækkeligt dagslys. Derfor bør alternative løsninger tages i anvendelse fx ved en ændret planløsning eller bygningsudformning, mulighed for sidevinduer, atrier eller eventuelt ovenlysvinduer.

I nye bygninger er der mulighed for både at opnå et godt indeklima og et lavt energiforbrug, men byggeri kræver omtanke. I det følgende beskrives en række nye muligheder og erfaringer fra nyere byggerier.

Temaet vedrører både boliger, institutioner, skoler og kontorer.

Overophedning: Store vinduespartier mod syd, øst og vest eller ovenlysvinduer kan give et meget betydeligt bidrag til opvarmning af bygninger. Desværre kan de store vinduespartier også medføre stor uønsket varmetilførsel, der kan give anledning til overophedning.

Både i boliger, kontorer, skoler og institutioner er der eksempler på nyere bygninger fra 60'erne og fremefter, hvor der er eller har været massive problemer med overophedning. Selvom problemstillingerne er kendt fra meget byggeri, er det især dokumenteret i forbindelse med lavenergibyggeri, hvor der netop har været fokus på lavt energiforbrug og et godt indeklima. Blandt årsagerne er, at lavenergibyggeri er tæt, velisoleret og typisk med store glasarealer.

Selvom problemstillingen har været kendt, har det ikke forhindret, at løsninger med manglende solafskærmning og mangelfuld mulighed for udluftning er blevet anvendt i nyt lavenergibyggeri i Danmark og i fx Sverige. Problemstillingen er nærmere behandlet under Lavenergibyggeri.

Der findes udmærkede beregningsværktøjer til simulering af temperaturforholdene i et byggeri i drift. Da det samtidig kan være en bekostelig sag at skulle rette op på voldsomme gener efterfølgende, anbefales det, at disse værktøjer benyttes, inden byggeriet er færdigprojekteret.

Solafskærmning: Designfasen er vigtig, således at solafskærmning af vinduerne er med fra start, ligesom der også bør være mulighed for, at der kan anvendes udluftning til at bortventilere overskudsvarmen om sommeren.

Solafskærmende glas kan benyttes til at forebygge gener i kontor- og institutionsbygninger, men solindfald og dagslys reduceres desværre også på tidspunkter, hvor lyset og varmen kunne være udnyttet. Den optimale energimæssige løsning er udvendig, dynamisk solafskærmning. Med dynamisk menes, at solafskærmningen kan aktiveres, når der er behov for det. Yderligere kan der være behov for indvendigt gardin eller lignende for at undgå blænding eller reflekser i PC skærme.

Belysning: Elforbruget til belysning i kontorer og institutioner kan reduceres ved dagslysstyring og automatiske tænd- sluksystemer. Da dagslyset ikke er konstant og hurtigt aftager med afstanden fra facaden ind gennem bygningen, er det ofte hensigtsmæssigt at opdele belysningen i zoner, så dagslyset kan udnyttes optimalt. Herved kan varmebidraget fra belysningen holdes nede på tidspunkter, hvor solindfaldet er ved at medføre overtemperaturer i rummet.

Støjgener: Nye bygninger er meget tætte, og derfor er generne fra udefra kommende trafikstøj ofte reduceret mere end i gamle bygninger. Det er positivt, men har også den bivirkning, at støj, der ikke før var generende, nu kan høres. Det betyder fx, at støj fra ventilationsanlæg kan virke mere generende. Derfor bør bygherren stille større krav til støj fra installationer i nye bygninger.“

20. Indeklimakrav i den frivillige bæredygtighedsklasse

Den frivillige bæredygtighedsklasse³⁴, som fremkom i form af en vejledning i maj 2020 indeholder ni kravområder, hvoraf de seks af kravene har fokus på at skabe et bedre indeklima og højere brugskvalitet af bygninger. Kravene er beskrevet i Fremsynsnotatet om den frivillige bæredygtighedsklasse³⁵ og omfatter helt kort disse elementer:

Krav 4: Drifts- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklimaet

Der har gennem lang tid været stigende fokus på, at især komplicerede byggerier får flere og flere aktive tekniske styringselementer tilknyttet, og at disse elementer ikke altid er lige godt koordineret eller afstemt.

Derudover stiller EU's nyeste Bygningsdirektiv også krav til bygningernes tekniske driftssystemer – herunder med hensyn til at være "Smart Readiness-klar". Se Fremsynsnotatet Ny "smart" mærkning af bygninger på vej?³⁶

Drifts- og vedligeholdelsesplaner er endvidere nødvendige for at informere det personale, som både skal drifte bygningen generelt, men også til de fagfolk, som skal optimere bygningen og rette småfejl og udskifte eller forbedre tekniske dele i bygningens levetid.

³⁴ Kilde: "Vejledning om den frivillige bæredygtighedsklasse", Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, maj 2020. <https://baeredygtighedsklasse.dk/-/media/TBST-DA/Byggeri/Lister/Publikationer/Vejledning-om-den-frivillige-baeredygtighedsklasse-maj-2020.pdf>

³⁵ Kilde: <https://concito.dk/frivillige-baeredygtighedsklasse-er-vigtigt-skridt-mod-baeredygtigt-byggeri>

³⁶ <https://concito.dk/ny-smart-maerkning-bygninger-paa-vej>

Undersøgelser har vist, at med god fokus på netop dette område, kan et markant bedre indeklima og betydelige energibesparelser opnås.

Krav 5: Dokumentation af problematiske stoffer

EU's værktøj til at vurdere bæredygtige bygninger "Level(s)" har undgåelse af uønskede stoffer som et helt centralt element.

Kravet i "Vejledningen om den frivillige bæredygtighedsklasse" omfatter, at der ved færdigmelding af byggerier skal foreligge en komplet samling sikkerhedsdatablade for alle materialer, hvor der foreligger krav herom. Sikkerhedsdatabladene indsamles, og der angives en entydig reference til, hvor der er anvendt byggematerialer med et nødvendigt sikkerhedsdatablad.

Kravet er vigtigt for at sikre et ordentligt indeklima i bygninger.

Kravet er også vigtigt under hensyn til fremtidig genbrug og genanvendelse af anvendte materialer. Uden viden om den kemiske tilstand af bygningsmaterialerne vil det ikke være optimalt muligt at skabe en cirkulær ressourceøkonomisk tankegang i byggeriet. Dette tema vil blive behandlet i et kommende fremsynsnotat.

Krav 6: Afgasninger til indeklimaet

Bygningsreglementet stiller kun krav til maksimal afgasning af formaldehyd. Den frivillige bæredygtighedsklasse supplerer dette krav med krav til maksimalt niveau for TVOC, som er den samlede mængde af flygtige organiske forbindelser. Kravet i bæredygtighedsklassen er:

*"Inden ibrugtagning af en bygning må formaldehydindholdet i indeluften højst være 100 µg/m³, og TVOC*** i indeluften må højst være 1.500 µg/m³. Kravet skal dokumenteres ved måling"*

Krav 7, 8 og 9: Detaljeret eftervisning af dagslysniveauet, støj fra ventilationssystemer i boliger og rumakustik i boliger

Der stilles ikke krav til et skærpet dagslysniveau, men udelukkende til en bedre eftervisning af, at kravene i bygningsreglementet overholdes.

Krav til reduktion af støj fra ventilationsanlæg fra 30 dB(A) til 25 dB(A) ses af ventilationsbranchen som en ret kraftig skærpelse, som branchen forventer, at det bliver nødvendigt at evaluere på, inden dette krav i FBK-klassen gøres obligatorisk i bygningsreglementet.

Og kravene til rumakustikken i boliger følger vejledningerne om optimalt indeklima.

Det vurderes at være en god ide at fastholde disse krav i den frivillige bæredygtighedsklasse i de to testår, da det er elementer, som forbedrer bygningens indeklima og derfor direkte kan markedsføres over for kommende brugere af bygninger, der er opført efter den frivillige bæredygtighedsklasse.

Ikke medtaget krav: Det maksimale CO₂-niveau på 1000 ppm udbredes også til boliger

I byggebranchens oplæg til en frivillig bæredygtighedsklasse i bygningsreglementet blev det anbefalet, at når der allerede var krav om maksimalt CO₂-niveau på 1000 ppm i både

institutioner og på arbejdspladser, så var den frivillige bæredygtighedsklasse en åbenlys mulighed for at indføre dette krav også for boligernes beboelsesrum.

Især i soverum, hvor der soves med lukket vindue og lukket dør til stue eller gang, vil CO₂ - niveauet stige meget voldsomt i løbet af natten, hvis ikke rummene og deres ventilationsmuligheder, er forberedt for at undgå dette. Dette er f.eks. påvist i rapporten om indeklimaet i 17 meget forskellige børneværelser.³⁷

Kravet til maksimalt niveau af CO₂ har selvstændig betydning for indeklimaet, og er samtidig en indikator for frisk luft.

Kravet kom desværre ikke med i vejledningen for den frivillige bæredygtighedsklasse. En overholdelse af kravet forventes ellers at kunne være et rigtig godt salgsargument for at promovere bygninger opført efter den frivillige bæredygtighedsklasse.

Fravalget af dette krav, eller en variation heraf, forventes dog genovervejet ved evalueringen af den frivillige bæredygtighedsklasse, inden kravene gøres obligatoriske i bygningsreglementet. Det kan eksempelvis forventes, i lighed med det norske bygningsreglement, at der stilles krav om en bestemt luftmængde i soveværelser når disse er i brug – i Norge er kravet tilførsel af 26 m³ frisk luft pr time pr planlagt sengeplads (svarer til ca. 7 l/s)³⁸.

21. Indeklimaklassen i DGNB

DGNB³⁹ er en frivillig certificeringsordning med tredjeparts kontrol. Ordningen er under stadig udvikling. DGNB er drevet af Green Building Council Denmark, som er en non-profit forening.

DGNB er udviklet af det tyske Green Building Council, og blev valgt som fælles fodslag i Danmark i samråd mellem den daværende Erhvervs- og Byggestyrelse og byggebranchen.

I de seneste år har anvendelsen af DGNB-certificeringer taget fart i Danmark. Især er den anvendt af institutionelle bygherrer, eksempelvis pensionskasser m.v., som anser det for vigtigt at sikre især de større bygningers værdistabilitet.

Det kan dog ikke forventes, at DGNB vil blive udbredt til alle bygninger, da der er tale om en omfattende certificering og en deraf følgende lidt omkostningstung proces.

DGNB omfatter både obligatoriske vurderingselementer og en række vurderingselementer også på indeklimaområdet, hvor der tildeles point efter opfyldelsesniveau. DGNB kan opnås på sølv, guld eller platin-niveau

DGNB hjerte for sundhed og velvære

DGNB har senest tilkøbt et særligt hjerte-mærke for bygninger, som opnår særlig gode forhold for sundhed og velvære, som en som en integreret del af DGNB version 2020.

³⁷ Link til rapport: "Frisk luft og mindre kemi i børneværelser": <https://rgo.dk/projekt/frisk-luft-og-mindre-kemi-i-bornevaerelser/>; Udarbejdet af Det Økologiske Råd 2016

³⁸ Byggeteknisk forskrift (TEK17), § 13-2. [Ventilasjon i boligbygning - Direktoratet for byggkvalitet \(dibk.no\)](https://www.dibk.no)

³⁹ <https://www.dk-gbc.dk/publikationer/dgnb-manual-for-nye-bygninger-og-omfattende-renoveringer-2020/>

“Vi håber, det bliver en driver til at prioritere indeklimaet og brugskvaliteten af bygninger. Vi bygger jo ikke bare huse for, at de skal være miljørigtige, men for at de skal være gode for de mennesker, der opholder sig i dem”, siger Lau Raffnsøe, teknisk direktør i Green Building Council Denmark.⁴⁰

“Hvis en bygning skal være bæredygtig, kan vi ikke komme udenom, at den skal være sund og behagelig at opholde sig i, og det er netop denne dagsorden, vi forsøger at skubbe til med DGNB Hjerte”, siger Lau Raffnsøe.

Helt konkret sætter DGNB Hjerte ekstra fokus på fem områder:

- Luftkvalitet – herunder afgangning fra materialer.
- Termisk indeklima – herunder temperatur og træk.
- Akustik – herunder efterklangstider og lydisolering.
- Visuelt indeklima – herunder kvaliteten af dagslys og kunst lys.
- Arkitektonisk kvalitet – herunder udsyn og uderum.

Green Building Council udtaler selv, at DGNB-hjerte bliver den mest ambitiøse certificering, når det kommer til et godt indeklima, og går skridtet videre end for eksempel bygningsreglementet og det amerikanske WELL.

22. Indeklimakrav i Svanemærket

Svanemærkede bygninger er en nordisk ordning, som er en del af det officielle fællesnordiske Svanemærke, hvor kriterierne fastlægges af de nordiske lande.

Kriterierne består af 41 række obligatoriske krav samt en række elementer, hvor opfyldelse giver point.

Miljømærkning Danmark, som administrerer Svanemærket i Danmark, skriver på deres hjemmeside:

“Et svanemærket byggeri er godt for både sundhed, miljø og økonomi. Det lever op til skrappe krav i hele bygningens livscyklus og er bl.a. kendetegnet ved et lavt energiforbrug inkl. præmiering for brug af vedvarende energi og et godt indeklima ved hjælp af krav til bl.a. dagslys, ventilation og fugtsikring. Det lever op til skrappe krav til miljø- og sundhedsskadelige stoffer i både byggematerialer og kemiske produkter og til strenge krav til bæredygtigt certificeret træ. Et svanemærket byggeri bliver gennemgået af en uvildig tredjepart i både byggeproces og det færdige byggeri.”⁴¹

Indeklimakravene i Svanemærket er (februar 2021) under revision, og forventes udbygget og skærpet. For Svanemærket er det vigtigt, at kravene i ordningen løbende udvikles, og går et stykke videre end lovgivningen i de deltagende lande, men samtidig er det vigtigt, at omkostningerne ved at opnå mærket er realistiske.

⁴⁰ Citeret fra GBD-Danmarks hjemmeside: <https://www.dk-gbc.dk/nyheder/seneste-nyt/dgnb-hjerte/> den 5.2.2021.

⁴¹ Citeret fra hjemmesiden: <https://www.ecolabel.dk/da/produkter/byg-og-bolig/bygninger/den> 5.2.2021

23. Betydning af et godt indeklima for byggeriets aktører

- Et rigtig godt indeklima ventes fremadrettet at komme endnu mere i fokus både i **reguleringen via bygningsreglementet og i de vigtigste certificeringsordninger** i Danmark.
- Det forventes, at der vil fremkomme en **stadig øget viden om de mange fordele for brugerne og for samfundet** ved et godt indeklima i form af øget produktivitet, øget komfort, øget indlæringssevne, forbedret søvn fra forbedringen mm. af indeklimaet på alle niveauer.
- Det forventes, at øget viden om **indeklimaets dårlige tilstand i vores skoler og daginstitutioner vil medvirke til en indsats for markante forbedringer**. De første beregninger af den meget **store positive samfundsmæssige værdi** af forbedring af skolernes indeklima gennem fokuserede renoveringer forventes at afføde **en stadig opmærksomhed på det tab af indlæringssevne og det forøgede antal sygedage, som et dårligt indeklima medfører**. Ikke mindst må det forventes, at forældre til skolebørn i stigende grad også vil stille krav til et godt indeklima i skolerne og fravælge skoler med et dårligt indeklima.
- Fokus på et godt indeklima vil blive forstærket som følge af **Corona-pandemien**, da bygninger med ringe indeklima eller manglende ventilation risikerer at blive mindre attraktive på grund af forøget smitterisiko - ikke bare for Corona virus, men for alle dråbe- eller luftbårne infektioner og vira, og dermed risikerer værditab eller manglende lejeindtægter.
- Et godt indeklima forventes i endnu højere grad end i dag at få betydning for **værdisætningen af en bygning på både kort og langt sigt**.
- Det forventes, at erhvervsvirksomheder vil få større fokus på, hvordan en **forbedring af det eksisterende indeklima kan være med til at skabe en øget produktivitet** og dermed motivere til renoveringer med fokus på både indeklima og energieffektivitet.
- Det forventes, at **institutionelle bygherrer og kommunerne** vil have stigende fokus på (værdien i) at sikre et godt indeklima. Et godt indeklima vurderes at **mindske risikoen for investeringen sikres en komfortabel bygning for produktive og glade brugere**.
- Det forventes, at **værdien af et godt indeklima fremadrettet i stigende grad bliver beregnet**, så denne værdi **indgår i den samlede vurdering af et byggeris totalværdi**.
- Ligeledes forventes det, at **værdien af forbedringen af indeklimaet** som led i en renovering **ikke fortsat sættes til nul, som i dag**, men fremadrettet vil blive indregnet med en værdi, som kan forventes at **overstige værdien af de sparede energiudgifter**.
- Det forventes, at hensynet til et godt indeklima i bygninger skal forstærkes i den viden, som f.eks. **energikonsulenterne** bruger til at **rådgive bygningsejere om den optimale renovering**. En renovering som herved både omfatter forbedret bygningskvalitet, et forbedret indeklima og en reduceret energiregning.

- Det må forventes, at **kravet om maksimalt CO₂-indhold i indeluften på 1000 ppm**, som gælder alle andre nye bygninger end boliger, **vil blive indført i bygningsreglementet også for boliger**. Det ventes indført på en måde, så det skal kunne opfyldes ved normal brug af boligen.
- Det må forventes, at kvaliteten af både de synligt mærkbare og de usynlige faktorer i indeklimaet vil blive bedre tydeliggjort gennem fremkomsten af **bedre og enklere målings- og visualiseringsværktøj og sensorer**. Herved må det forventes, at fokus på forbedringer af især de tidligere "usynlige" indeklimaområder som for eksempel CO₂-indhold i indeluften, afgang fra byggematerialer mm. bliver skærpet.
- Nye tiltag, som fremkomsten af muligheden for en klassificering af bygninger efter **Smart Readiness Indicator, SRI**, vil have fokus på bl.a. at forbedre samspillet mellem bygningerne og dens brugere og herunder i forhold til at sikre et bedre indeklima.
- Der forventes, at **energimærkningen** vil blive styrket ved også at **indeholde oplysninger om bygningernes indeklima**.

24. Målgrupper for dette fremsynsnotat

Landets kommuner vil opleve et stadigt stigende pres for at levere et bedre indeklima i skoler og daginstitutioner for herved at øge både trivsel, social kvalitet og indlæringsevne hos børnene. Erfaringerne fra Corona-krisen, som viser at god hygiejne, god plads og god luftkvalitet med godt luftskifte mindsker antallet af overførte infektioner meget markant vil øge presset på kommunerne for at få forbedret især luftkvaliteten ved markant forbedret ventilation i mange af deres skoler og daginstitutioner. Det forventes også, at der på sigt kommer fokus på øvrige kommunale bygningers indeklima f.eks. i administrationsbygninger og plejehjem, hvor et bedre indeklima kan give øget produktivitet og velvære.

Entreprenører og rådgivere vil fremover i langt højere grad skulle redegøre for og medtænke skabelsen af et godt indeklima i projektering, rådgivning og udførelse af både nybyggeri og renoveringer.

Energikonsulenter og lignende rådgivere i direkte kontakt med bygningsejere og -brugere vil i stigende grad møde krav om både at kunne vejlede om kvaliteten af bygningen og om forbedringsmuligheder for indeklima, samtidig med at de vejleder om mulighederne for at reducere energiregningen. Det samme gælder energivejlederuddannelserne som vil blive suppleret med viden om indeklimaet, således at der fremover kan rådgives samlet om hele bygningens kvalitet – og ikke kun energidelen.

Bygningsejere/bygherrer, der påtænker at bygge nyt eller renovere eksisterende bygninger skal være opmærksomme på, at et godt indeklima på alle parametre fremadrettet vil få stigende betydning for brugsværdien af bygninger og dermed også for bevarelsen af den investerede kapital.

Det politiske niveau inkl. det administrative niveau vil medtænke, at værdien af indeklimaet er ganske stort. Det indebærer, at værdien ikke fortsat sættes til nul, som det sker i beregningen af det økonomiske potentiale i en renovering, hvor kun investering og energibesparelse

medtages. Det forventes i denne forbindelse, at der kommer fokus på, at energimærkningsordningen skal forbedres, så værdien af et godt indeklima også inkluderes.

Forsknings- og vidensinstitutioner vil fortsat bidrage med viden om værdien af et godt indeklima i forbindelse med indlæring, produktivitet mm og herunder bidrage til at udvikle beregningsmodeller for værdien af det gode indeklima.

Materialeproducenter vil opleve, at der af hensyn til indeklimaet vil komme øget fokus på reduktion af kemikalieindholdet i og afgangningen fra byggematerialer. Det kunne f.eks. ske gennem indførelsen af et Materialepas.

Certificeringsorganerne har allerede fokus på værdien af et godt indeklima. De vil fortsat skulle have fokus på kvaliteten af indeklimaet, da et godt indeklima i voksende grad vil blive en afgørende parameter for valg af certificering.

Dette fremsynsnotat er en del af projektet "Bygninger og Grøn Omstilling". Find mere information og materiale fra projektet på <https://www.concito.dk/projekter/bygninger-groen-omstilling>

Kontaktinformation:

Søren Dyck Madsen, e-mail: sdm@concito.dk

Christian Jarby, email: cj@rgo.dk