



Øget arbejdsudbud som følge af forbedret indeklima

Sammenfatning

Formål og baggrund

Indeklima kan monitoreres på en række parametre, hvor luftkvalitet, termiske forhold, og lys- og lydforhold er de primære. Undersøgelser har vist, at hver femte dansker er utilfreds med indeklimaet i egen bolig, og blandt FAOs medlemmer svarer mere end en tredjedel, at indeklimaet på deres arbejdsplads er dårligt eller meget dårligt.

Ved at renovere eksisterende bygninger er det muligt at kombinere varme- og elbesparelser med et bedre indeklima og komfortforbedringer for brugerne af bygningerne. Forbedring af indeklimaet – både i husstande og på arbejdspladser – kan tillige reducere antallet af sygedage (=øget arbejdsudbud) og øge den enkelte medarbejders effektivitet (=højere produktivitet).

På opdrag af SYNERGI har Ea Energianalyse undersøgt effekten på arbejdsudbud ved et bedre indeklima i den danske bygningsmasse.

Resultater

Baseret på resultater fra det EU finansierede COMBI-studie estimerer vi, at der kan frigives op mod 4.300 årsværk ved at renovere den danske bygningsmasse. De frigivne årsværk dækker dels over færre sygedage, dels over højere produktivitet, som omregnes til årsværksækvivalenter. Den samlede effekt dækker over en gevinst på 2.300 årsværk forbundet med at sikre et ordentligt indeklima i boliger og 2.000 årsværk indenfor handel/service.

En svensk analyse, som alene omfatter kontorarbejdspladser, viser, at dårligt indeklima er årsag til mellem 4.150 og 8.300 tabte årsværk pga. nedsat produktivitet. Omsættes analysen til danske størrelsesordener, svarer det til mellem 2.700 og 5.400 tabte årsværk - altså en del mere end estimeret på baggrund af COMBI-studiet, men dog i samme størrelsesordenen. Forskellen i resultaterne kan tilskrives de usikkerheder, der knytter sig til at bestemme

sammenhænge mellem indeklimaparametre og helbredsdata for brugerne af bygninger.

Tidligere analyser har kortlagt, at der kan være betydelige samfundsøkonomiske gevinster forbundet med at gennemføre indeklimaforbedringer på skoler pga. reduceret sygefravær og øget indlæring. En ny analyse fra Transition viser, at gevinsterne er cirka dobbelt så store som omkostningerne forbundet med at renovere skolerne. Vi har ikke kendskab til analyser, som har opgjort de samlede gevinster og omkostninger forbundet med at sikre et godt indeklima i danske boliger og arbejdspladser.

Indhold

Dette notat behandler følgende emner:

- Sammenhæng mellem renovering, forbedret indeklima og øget arbejdsudbud
- Omfanget af dårligt indeklima i Danmark
- Gennemgang af COMBI-studiet
- Perspektivering til andre relevante kilder
- Bilag: Hvad er et godt indeklima?

Det skal understreges, at genstandsfeltet er komplekst, og notatet foregiver ikke at give et udtømmende overblik over sammenhængen mellem renoveringer, indeklima og helbredseffekter og den tilgængelige og ganske omfattende litteratur.

Sammenhæng mellem renovering, forbedret indeklima og øget arbejdsudbud

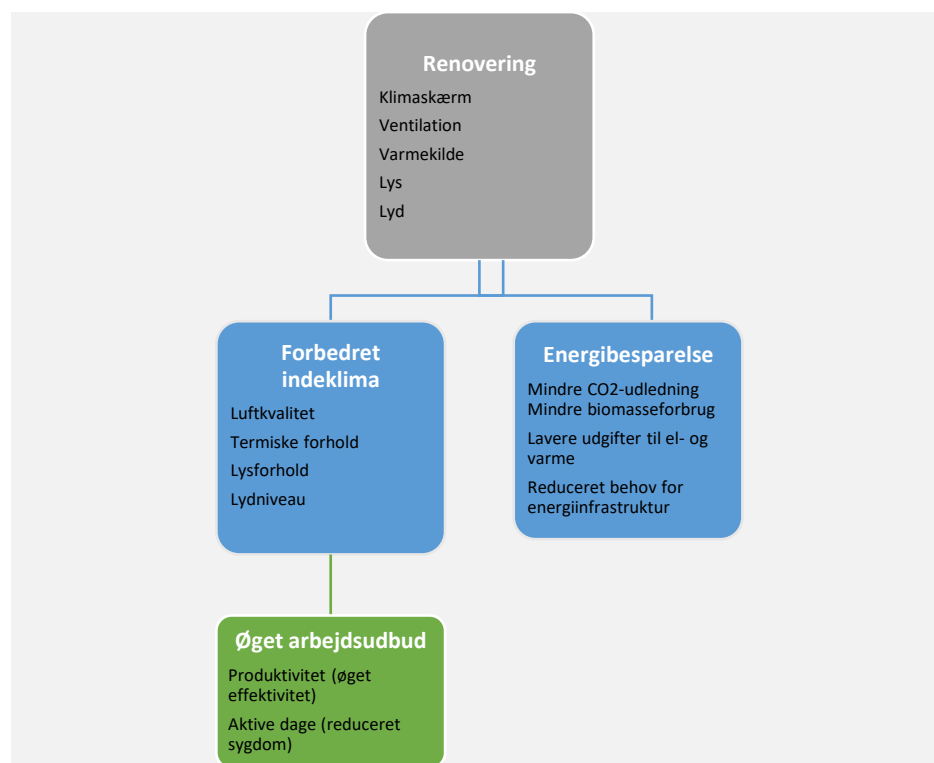
Renoveringstiltag udføres ofte ud fra hensyn om generelt bygningsvedligehold, energibesparelser og øget komfort. Disse renoveringstiltag vil yderligere bidrage til at forbedre indeklimaet i den renoverede bygning.

Ved kvantificering af øget arbejdsudbud som følge af forbedret indeklima er det derfor hensigtsmæssigt ikke alene at have fokus på den del af renoveringen, som giver energibesparelser, men på en bredere palette af renoverings- og vedligeholdstiltag, som sikrer en velfungerende bygning med et godt indeklima. Renoveringer kan således omfatte både bygningens klimaskærm (isolering af facade og lofter, vinduesudskiftninger, lukning af kuldebroer, anvendelse af naturlig ventilation mm.) og bygningens tekniske systemer (udskiftning af varmekilde, mekaniske ventilationssystemer, aircondition, belysning, luftrensningssystemer mm).

Ea Energianalyse har i forbindelse med et større litteraturstudie for Energistyrelsen¹ kortlagt sammenhængen mellem energirenovering og afledte effekter (fx forbedret indeklima og færre tilfælde af sygedage). Kausaliteten kan opsummeres som i Figur 1, og består af tre niveauer. Niveau 1) er renovering, niveau 2) er energibesparelse og forbedret indeklima, og niveau 3)

¹ Ea Energianalyse; Afledte effekter ved energirenovering, 2019
(https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/afledte_effekter_ved_energirenovering_ea_energianalyse_2019.pdf)

mindre sygdom og bedre koncentration som følge af forbedret indeklima, hvilket giver mindre sygefravær og højere produktivitet.



Figur 1: Sammenhæng mellem renoveringstiltag, energibesparelse, forbedret indeklima og kvantificerbare effekter, som har indflydelse på arbejdsudbud.

Mens sammenhængen er veldokumenteret mellem energirenovering og energibesparelse og forbedret indendørs luftkvalitet og øget produktivitet og sundhed, så er situationen mere kompleks, når det drejer sig om dokumentation af sammenhængen mellem renovering, energibesparelse og forbedret indeklima.

I bilag findes en nærmere beskrivelse af de fire nævnte indeklimaparametre.

Omfanget af dårligt indeklima i Danmark

Der er efter vores bedste viden ikke foretaget omfattende danske studier af indeklimaet i danske boliger og kontorer. Herunder gennemgår vi udvalgte undersøgelser, som har kigger nærmere på indeklimaet for et specifikt segment.

Tilfredshed med indeklimaet i boliger

Center for Indeklima og Sundhed i Boliger (CISBO) og Realdania udgav i 2016 et forskningsprojekt omkring indeklima og sundhed i boliger². Her blev det fremhævet, at hver femte dansker var utilfreds med indeklimaet hvor de bor.

Indeklimaet i danske folkeskoler

Realdania har sammen med DTU undersøgt indeklimaet i danske folkeskoler³. Her konkluderes det, at *”der stadig er udbredte problemer med indeklimaet i klasseværelserne i de danske folkeskoler”*. Det konkluderes pba. målinger af en række indeklimaparametre på 77 danske skoler. Bl.a. viser Realdanias undersøgelse, at CO2-koncentrationen gennemsnitligt var over den anbefalede grænse i 47% af tiden i fyringssæsonen.

FOA undersøgelse af medlemmers opfattelse af indeklima

FOA har gennemført en større undersøgelse blandt sine medlemmer med spørgsmål om oplevet indeklima og oplevede negative indeklimasymptomer såsom træthed, koncentrationsbesvær og hovedpine⁴. Undersøgelsen viser, at mere end en tredjedel af de adspurgte 4.222 medlemmer synes, at indeklimaet på deres arbejdsplads er dårligt eller meget dårligt. Af dem, som svarer dårligt eller meget dårligt har 83% oplevet fysiske gener i form af træthed, koncentrationsbesvær eller hovedpine.

Ældre undersøgelse af indeklimaet på kontorer

I en ældre undersøgelse af indeklimaet på kontorer foretaget af Epinion for Camfill Farr (vi har ikke haft mulighed for at få indblik i analyse)⁵, er 1.000 repræsentativt udvalgte danskere blevet spurgt om indeklima på arbejdspladsen. Mere end en fjerdedel svarer, at indeklimaet er ubehageligt. Fem procent svarer, at indeklimaet er meget ubehageligt. Af dem, som svarer ubehageligt eller meget ubehageligt føler 39% træthed på arbejdspladsen, 35% får irriterede øjne, 33% får hovedpine, 25% har svært ved at koncentrere sig.

Svenske indeklimaforhold

I en analyse foretaget af Copenhagen Economics omkring værdien af afledte effekter ved energirenovering af den svenske bygningsmasse⁶ anvendes data fra en nationale svensk undersøgelse om helbred og velvære. Undersøgelsen estimerer, at 14% af den svenske befolkning mellem 18 og 80 år oplever mindst et negativt indeklimasymptom. Ea Energianalyse har i forbindelse med fornævnte litteraturstudie vurderet, at svenske forhold omkring kontorer og indeklima kan relateres til danske forhold.

² CISBO; Indeklima og sundhed i boliger, 2016

³ Realdania; Indeklima i skoler, 2017

⁴ FOA; Indeklima, 2018

⁵ <https://fagbladet3f.dk/2-sektion/dit-job/6df18ca2ca8549de9740401d52cebf30-20110511-vi-lider-under-d%3Frligt-indeklima-p%3F-jobbe>

⁶ Copenhagen Economics; Multiple benefits of energy renovations of the Swedish building stock, 2016

Gennemgang af COMBI-studiet

I litteraturstudiet blev 63 kilder behandlet med henblik på at kvantificere afledte effekter som følge af energirenovering, heriblandt studier, som har behandlet særskilte elementer af kausalitetskæden, fx kun sammenhængen mellem renovering af klimaskærm og forbedrede termiske forhold eller kun forbedrede lysforholds indflydelse på produktivitet. Pba. af litteraturstudiet fremstod især **COMBI-studiet** af særlig høj kvalitet og med høj relevans.

COMBI-studiet, er nok det mest omfattende studie gennemført inden for de seneste år på tværs af EU – og dermed også Danmark. Studiet undersøger hele kausalitetskæden fra renoverings- og energieffektivitets-tiltag til forbedret indeklima, indflydelsen på produktivitet og aktive dage, og økonomisk værdisætning.

Ambitionen med studiet har været at skabe et overblik over de væsentligste afledte effekter i 2030 i de 28 EU-medlemsstater baseret på en gennemgang af eksisterende litteratur (meta-data) og videreudvikling af metodikken til bestemmelse af afledte effekter. I alt 21 forskellige EE-tiltag til forbedring af bygninger, belysning, transport og industrielle processer analyseret inden for husholdninger og erhverv. De behandlede afledte effekter omfatter luftforurening, indeklima, ressourceforbrug, sundhed, makroøkonomiske effekter og forsyningssikkerhed. Af de 21 EE-tiltag omhandler de første 8 tiltag bygninger brugt til boligformål (EE-tiltag 1-4) og bygninger anvendt til tertiære formål (kontorer, skoler mm.) (EE-tiltag 5-8).

Det er tiltag 1 og 5 – renovering af den eksisterende bygningsmasse – som har direkte indflydelse på indeklimaet og derved på arbejdsudbuddet. EE-tiltag om renovering (EE-tiltag 1 og 5) af den nuværende bygningsmasse kan opsummeres som:

- Forbedringer af klimaskærm.
- Optimering af rumvarmesystemer.
- Optimering af kølesystemer.
- Optimering af systemer til opvarmning af brugsvand.
- Optimering af ventilationssystemer.

Der ligger i indsatserne således både tiltag, som er møntet direkte på energibesparelser og tiltag, som har fokus på at forbedre indeklimaet.

Nøgletal fra COMBI-studiet

COMBI-studiet tager udgangspunkt i en baseline 2015 samt to scenarier; et referencescenarie og et energieffektivitetsscenario (EE-scenarie). Alle COMBI-

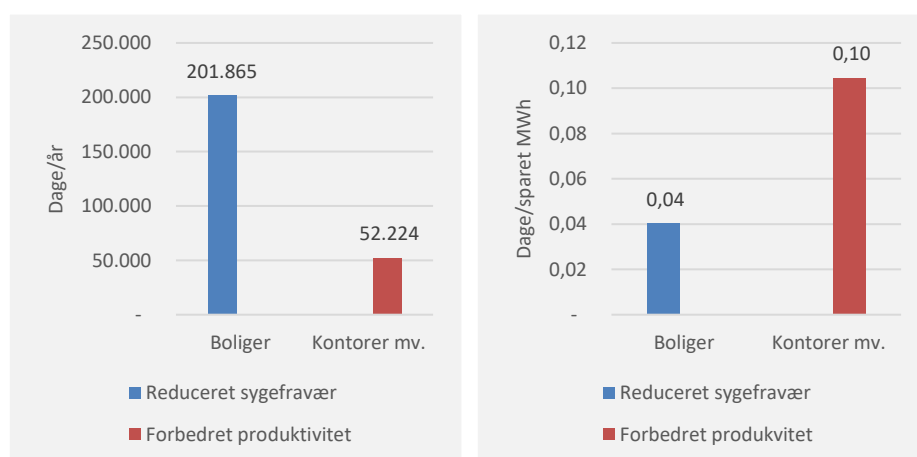
studiets resultater er opgjort som forskellen mellem de to scenarier. Forskellen mellem de to scenarier er en energibesparelse som følge af renovering i boligmassen på 5 TWh og som følge af renovering af i handel/service på 0,5 TWh.

Vi har antaget, at udviklingen mellem basisår og scenarierne er lineær. Således anvendes resultaterne – som er givet som forskellen mellem de to scenarier – også på udviklingen fra basis til EE-scenariet.

COMBI-studiet har bl.a. analyseret faldet i luftvejssygdomme, forkølelse og influenza, kræft, allergi mm. samt astma, som følge af forbedret indeklima i boliger. Kvantificeringen af forbedringen er opgjort som reduceret sygefravær (dage/år). Derudover er forbedret produktivitet i den tertiære sektor (kontorer mv) kvantificeret som forøgelse i effektivitet, som gør at den enkelte medarbejder kan nå mere i løbet af en arbejdsdag.

På Figur 2 (venstre) ses COMBI-studiets resultater for reduceret sygefravær og forbedret produktivitet i Danmark i 2030 i EE-scenariet set ift. referencescenariet. Renovering af den eksisterende boligmasse (indsats 1) reducerer antallet af årlige sygedage med godt 200.000. Dertil kommer, at det forbedrede indeklima i handel/service vil forøge medarbejdernes effektivitet, med en produktivitetsforøgelse på svarende til 52.000 arbejdsdage årligt.

Vi har anvendt resultaterne fra forskellen mellem EE-scenariet og referencescenariet til at opstille en enhed for det reducerede sygefravær og den forbedrede produktivitet som følge af den opnåede energibesparelse.



Figur 2: Venstre: COMBI-studiets opgørelse af reduceret sygefravær (dage/år) og forbedret produktivitet (arbejdsdage/år) i Danmark. Højre: Omregnet til dage per sparet MWh i EE-scenariet ift. referencescenariet (5 TWh i boliger og 0,5 TWh i den tertiære sektor).

Antages et lineært forløb, kan beregningerne skaleres ift. en større eller mindre opnået energibesparelse. Reduceret sygefravær er opgjort i antal dage, hvor personen ikke kan udføre daglige aktiviteter (fx gå på arbejde). Vi har anvendt et gennemsnitligt årsværk på 220 dage/år.

Tabel 1: Reduceret sygefravær og forbedret produktivitet i COMBI-studiet. Forskellen på referencescenariet og energieffektivitetsscenarioet.

| | Reduceret sygefravær | Forbedret produktivitet | Total |
|---------|----------------------|-------------------------|----------------|
| Dage | 201.865 | 52.224 | 254.089 |
| Årsværk | 918 | 237 | 1.155 |

I COMBI-beregningerne giver forskellen mellem referencescenariet og EE-scenariet et øget arbejdsudbud på 1.155 årsværk i 2030.

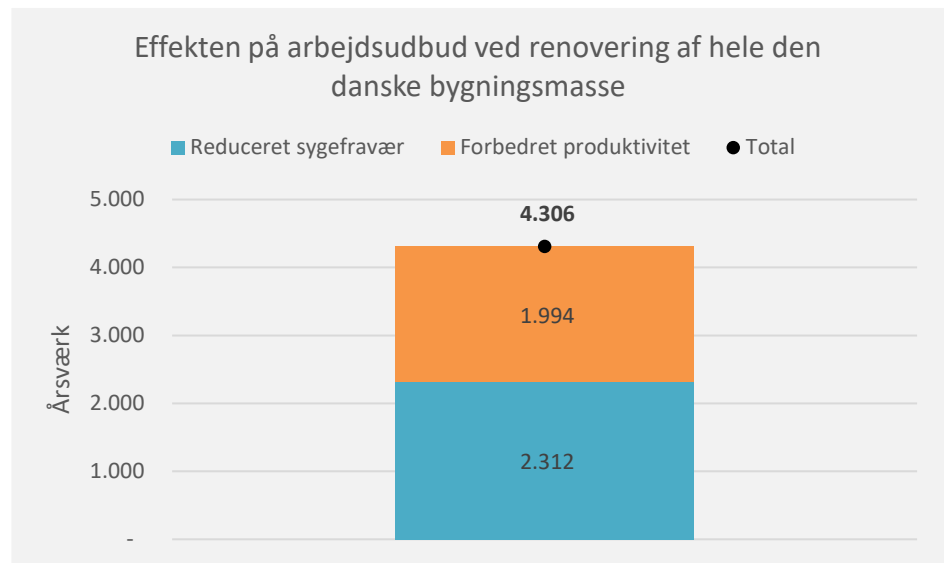
Ea Energianalyses analyse fra 2019⁷ af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser pegede på, at energirenoveringer frem mod 2050, hvor hele bygningsmassen gennemgår renovering, vil føre til energibesparelser på 30%. Det vil betyde en besparelse på 12,6 TWh i boliger og 4,2 TWh i handel/service. Anvender vi enhederne fra COMBI-studiet på 0,04 reducerede sygedage per sparet MWh og 0,10 dage forbedret produktivitet per sparet MWh, kan vi opgøre det forøgede antal årsværk såfremt hele den danske bygningsmasse renoveres. Det vil give en forøgelse i arbejdsudbuddet på 4.306 årsværk.

Tabel 2: Beregnet reduceret sygefravær og forbedret produktivitet ved renovering af hele den danske bygningsmasse. Beregnet pba. COMBI-studiet.

| | Reduceret sygefravær | Forbedret produktivitet | Total |
|---------|----------------------|-------------------------|----------------|
| Dage | 508.700 | 438.682 | 947.381 |
| Årsværk | 2.312 | 1.994 | 4.306 |

Ca. 2.300 af årsværkene kommer som en forøgelse af det fysiske fremmøde på arbejdspladsen (eller hjemmearbejdspladsen) som følge af reduceret antal sygedage, mens ca. 2.000 af årsværkene kommer som følge af øget effektivitet i løbet af arbejdsdagen.

⁷ Ea Energianalyse, Analyse af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser, 2019 (<https://synergiorg.dk/media/1222/analyse-af-det-samfundsøkonomiske-potentiale-for-energiesparelser-final.pdf>)



Figur 3: Antal frigivede årsværk som følge af reduceret sygefravær og forbedret produktivitet ved renovering af hele den danske bygningsmasse. Beregnet pba. COMBI-studiet.

Perspektivering til andre relevante kilder

Copenhagen Economics

Copenhagen Economics har i en analyse af "Multiple Benefits"⁸ som følge af renovering af den svenske bygningsmasse regnet på en forøgelse af produktiviteten for kontorarbejdere såfremt indeklimaet bliver forbedret. De tager udgangspunkt i begrebet "Sick Building Syndrome", som dækker over en lang række symptomer ved at opholde sig i bygninger med dårligt indeklima. Symptomerne dækker over træthed, mental udmattelse, hovedpine, irritationer af øjne og mund, svimmelhed mv. Symptomerne forsvinder normalt umiddelbart når personen forlader bygningen. Samtidig peger Copenhagen Economics på studier, som vurderer at produktiviteten for kontorarbejdere, som udviser to eller flere symptomer på Sick Building Syndrome er reduceret med 5% til 10%. Det stemmer nogenlunde overens med betragtningerne i Velux' Healthy Homes Barometer⁹, som peger på, at en god indendørs luftkvalitet på arbejdspladser kan forøge produktiviteten med op til 10%.

Copenhagen Economics regnestykke er ikke helt gennemsigtigt, men vi har forsøgt at gengive det herunder.

Potentiale for forøget produktivitet i Sverige

I beregningerne antager Copenhagen Economics, at renovering af bygningen kan sænke antallet af kontorarbejdere, som dagligt udsættes for Sick Building

⁸ Copenhagen Economics; Multiple benefits of energy renovations of the Swedish building stock, 2016

⁹ Velux; Healthy Homes Barometer 2020, 2020

Syndrome, og derved forøge disse arbejderes produktivitet med 5% til 10%. Beregningerne tager udgangspunkt i, at der er 1,8 mio. kontorarbejdere. Samtidig vides det fra nationale helbredsundersøgelser, at 14% af den svenske befolkning lider af Sick Building Syndrome. Det antages endvidere, at fordelingen nationalt er den samme for kontorarbejdere: således lider 250.000 kontorarbejdere af Sick Building Syndrome i Sverige. I den svenske helbredsundersøgelse er det kun rapporteret hvor mange, som lider af ét symptom. Copenhagen Economics antager, at mellem en tredjedel og halvdelen også lider af to symptomer, og derved arbejder med 5% til 10% reduceret produktivitet. Anvendes det konservative bud, hvor en tredjedel af dem som har ét symptom, også har to eller flere symptomer, vil er potentialet for produktivetsforøgelse være mellem 4.150 årsværk (5% produktivetsforøgelse) og 8.300 (10% produktivetsforøgelse).

Potentialeberegning for Danmark

I Danmark har vi pba. data fra Danmarks Statistik¹⁰ estimeret, at der er 1,17 mio. kontorarbejdere. Forudsætter vi, at samme andel af danskerne oplever Sick Building Syndrome - 14% - betyder det, at 164.000 danske kontorarbejdere lider af minimum ét symptom. En konservativ vurdering af Copenhagen Economics er, at en tredjedel af dem, som lider af ét symptom også lider af to symptomer (og derved nedsat produktivitet). Elimineres alle tilfælde af Sick Building Syndrome i Danmark er det fulde potentiale for forøgelse af arbejdsstyrken således mellem 2.700 årsværk (ved 5% produktivetsforøgelse) og 5.400 årsværk (ved 10% produktivetsforøgelse).

Økonomi

Vi har ikke kendskab til cost-benefit analyser for boliger eller kontorer, som på baggrund af landsdækkende data adskiller investering i tiltag til forbedring af indeklima fra investering i tiltag til energibesparelser. Transition har på baggrund af en analyse af DTU og Incentive foretaget en sådan cost-benefit analyse udelukkende med fokus på investering i indeklimatiltag i de danske folkeskoler¹¹. Analysen konkluderer, at der er stor samfundsøkonomisk gevinst i renoveringstiltag, som udelukkende fokuserer på at forbedre indeklimaet i folkeskolerne:

”Den samlede investering, baseret på nøgletal for standardløsninger til at forbedre de fire indeklimaparametre i folkeskoler og daginstitutioner vurderes i alt at være 4,21 mia. kr. På baggrund af en samfundsøkonomisk analyse af gevinsten ved at forbedre indeklimaet i de kommunale folkeskoler og

¹⁰ <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/bagtal/2020/2020-09-22-40-pct-arbejde-hjemme-under-nedlukningen>

¹¹ Transition; Vurdering af kommunale bygningers energieffektivitet og indeklima, 2021

daginstitutioner for en periode på 30 år, baseret på øget indlæring og færre sygedage, vurderes det, at der er en samfundsøkonomisk gevinst på samlet set 15,42 mia. kr.

Sidestilles denne med nutidsværdien for investeringsomkostningerne til indeklimaet for en periode på 30 år er nutidsværdien 7,78 mia. kr. Ved at holde den samfundsøkonomiske gevinst op mod omkostningen ved at forbedre indeklimaet, er der næsten er en dobbelt så stor samfundsøkonomisk gevinst ved at investere i indeklimaet, som der er udgifter til at gennemføre det. Fratrasket investeringen, er gevinsten ved at gennemføre indeklimaforbedringerne over en periode på 30 år, ca. 7,63 mia. kr.”

Bilag: Hvad er et godt indeklima?

Det gode inde klima er beskrevet ud fra kravene fremsat af Bygningsreglementet (BR18). Udover krav til luftkvalitet og termiske forhold, indeholder BR18 også krav til lyd- og lysforhold.

- **Luftkvalitet:** For beboelsesbygninger er der minimumskrav for udeluft-tilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Derudover er der krav for emhætte i køkkener med minimum sugekapalet på 20 l/s, samt krav til udsugning for wc-rum med og uden bad på henholdsvis 15 og 10 l/s. For daginstitutioner skal ventilationen mindst være 3,0 l/s pr. barn og mindst 5,0 l/s pr. voksen, samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. For undervisningsrum skal ventilationen være mindst 5,0 l/s pr. person, samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. Derudover skal det for både daginstitutioner og undervisningsrum sikres at det maksimale CO₂-indhold i indeluften ikke overstiger 1.000 ppm.
- **Termiske forhold:** For beboelsesbygninger anses rumtemperaturen for at være tilstrækkelig, hvis der maksimalt er 100 timer pr. år af brugstiden, hvor rumtemperatur overskrider 27 °C og 25 timer pr. år, hvor rumtemperaturen overskrider 28 °C. For bygninger med brugstid svarende til kontorbygninger anses rumtemperaturen som tilstrækkelig, hvis der maksimalt er 100 timer pr. år af brugstiden, hvor rumtemperatur overskrider 26 °C og 25 timer pr. år, hvor rumtemperaturen overskrider 27 °C.
- **Lydforhold:** Generelt bør støjbelastningen aldrig overstige 85 dB(A) eller spidsværdier af impulser på 137 dB(C). En støjbelastning på 85 dB(A) svarer til et støjniveau på 85 dB(A) i 8 timer, 94 dB(A) i 1 time og 100 dB(A) i 15 minutter.
- **Lysforhold:** Tilstrækkelig tilgang af dagslys er defineret ved at glasarealet uden skyggende forhold svarer til mindst 10 pct. af det relevante gulvareal eller at den indvendige belysningsstyrke fra dagslys er 300 lux eller mere ved mindst halvdelen af det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne.