

# BUILD Rapport 2021:04

## IK-kompas Etageboliger – værktøj til holistisk vurdering af indeklima

Dokumentationsrapport





# **IK-KOMPAS ETAGEBOLIGER – VÆRKTØJ TIL HOLISTISK VURDERING AF INDEKLIMA**

## **Dokumentationsrapport**

Tine Steen Larsen, BUILD, Aalborg Universitet  
Henrik N. Knudsen, BUILD, Aalborg Universitet  
Lasse Rohde, BUILD, Aalborg Universitet  
Kim Trangbæk Jønsson, BUILD, Aalborg Universitet  
Rasmus Lund Jensen, BUILD, Aalborg Universitet  
Jesper Kragh, BUILD, Aalborg Universitet  
Christian Grau Sørensen, BUILD, Aalborg Universitet  
Gabriel Bekö, Danmarks Tekniske Universitet  
Anna Heebøll, Teknologisk Institut  
Amanda H. Bonnerup, Teknologisk Institut  
Thomas Witterseh, Teknologisk Institut

BUILD Rapport 2021:04  
Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet  
2021

<b>TITEL</b>	IK-kompas Etageboliger – værktøj til holistisk vurdering af indeklima
<b>UNDERTITEL</b>	Dokumentationsrapport
<b>SERIETITEL</b>	BUILD Rapport 2021:04
<b>UDGIVELSEÅR</b>	2021
<b>UDGIVET DIGITALT</b>	Januar 2021
<b>FORFATTER</b>	Tine Steen Larsen, BUILD, Aalborg Universitet Henrik N. Knudsen, BUILD, Aalborg Universitet Lasse Röhde, BUILD, Aalborg Universitet Kim Trangbæk Jønsson, BUILD, Aalborg Universitet Rasmus Lund Jensen, BUILD, Aalborg Universitet Jesper Kragh, BUILD, Aalborg Universitet Christian Grau Sørensen, BUILD, Aalborg Universitet Gabriel Bekö, Danmarks Tekniske Universitet Anna Heebøll, Teknologisk Institut Amanda H. Bonnerup, Teknologisk Institut Thomas Witterseh, Teknologisk Institut
<b>SPROG</b>	Dansk
<b>SIDETAL</b>	95
<b>LITTERATURHENVISNINGER</b>	Side 85-87
<b>EMNEORD</b>	Indeklima, ventilation, luftkvalitet, lyd, lys, termisk komfort
<b>ISBN</b>	978-87-563-1981-2
<b>OMSLAGSFOTO</b>	Thomas Vilhelm / Photographic Nordic
<b>UDGIVER</b>	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post <a href="mailto:build@build.aau.dk">build@build.aau.dk</a> <a href="http://www.build.dk">www.build.dk</a>

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

# RE+BUS

RENOVATING BUILDINGS SUSTAINABLY

REBUS er et dedikeret samfundspartnerskab, hvor alle led fra byggeriets værdikæde er samlet for at fremme bæredygtige renoveringer til gavn for brugere, industrien, miljøet og samfundsøkonomien.

Projektets partnere er: COWI, Danmarks Tekniske Universitet, Frederikshavn Boligforening, Henning Larsen Architects, Himmerland Boligforening, Enemærke og Petersen, Saint-Gobain, Teknologisk Institut og BUILD Aalborg Universitet.

Innovationsfonden har investeret 35 mio. DKK i projektet. Realdania og GI har investeret hhv. 8 og 6 mio. DKK og de deltagende partners egenfinansiering udgør de resterende 32 mio. DKK. Det samlede budget er 81 mio. DKK.

COWI

DTU

Frederikshavn  
**BOLIG**  
FORENING

  
HIMMERLAND  
BOLIGFORENING

HENNING LARSEN ARCHITECTS

 Enemærke &  
Petersen a/s

  
SAINT-GOBAIN

 TEKNOLOGISK  
INSTITUT

  
AALBORG UNIVERSITET

 Innovationsfonden

Realdania

GI  
GRUNDEJERNES  
INVESTERINGSFOND



# Forord

Denne publikation omfatter dokumentation og beskrivelse af indhold og vægtninger af parametre til værktøjet IK-kompas til vurdering og design af bygningers indeklima. Værktøjet beregner en *bygningens potentiale* for et godt indeklima, angivet via en *IndeklimaKvalitet* med et bogstav på skalaen A-G.

Værktøjet og den tilhørende dokumentation er en del af det arbejde, der er udført i REBUS – Renovating Buildings Sustainably. Den første version af værktøjet er målrettet etageboliger, og intentionen er, at det på et senere tidspunkt videreudvikles til andre bygningstyper.

En lang række forskere og eksperter fra REBUS' partnervirksomheder har deltaget i arbejdet undervejs. En stor tak for indsatsen skal lyde til Eva Hellgren, Gyproc, Saint Gobain; Anne Iversen, Realdania; Martin Vraa Andersen, Henning Larsen Architects; Ásta Logadóttir, BUILD AAU; Birgit Rasmussen, BUILD AAU; Birger Bech Jessen, Teknologisk Institut; Lone Hedegaard Mortensen, NIRAS og Per Haugaard, NIRAS.





# Indhold

Forord .....	5
Sammenfatning .....	9
IK-kompas – et værktøj til vurdering af boligers indeklima.....	11
Formål.....	11
Præsentation af resultater fra IK-kompas.....	14
Målgruppe .....	17
Afgrænsning .....	18
Værktøjsdokumentation til IK-kompas .....	21
AKU: Akustisk Indeklima .....	23
Vurdering af akustisk indeklima i IK-kompas .....	25
AKU1: LYD FRA OMGIVELSER.....	26
AKU2: LYD I BYGNING MELLEMLER BOLIGER .....	32
AKU3: LYD I BOLIG .....	36
AKU4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET.....	38
ATM: Atmosfærisk Indeklima.....	39
Vurdering af det atmosfæriske indeklima i IK-kompas .....	40
ATM1: PÅVIRKNING FRA UDELUFT .....	41
ATM2: PÅVIRKNING FRA BYGNING OG MATERIALER.....	42
ATM3: PÅVIRKNING FRA AKTIVITETER I BOLIG .....	49
ATM4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET .....	50
TER: Termisk Indeklima.....	53
Vurdering af termisk indeklima i IK-kompas .....	53
TER1: TEMPERATUR, SOMMER.....	54
TER2: TEMPERATUR, VINTER .....	57
TER3: TRÆKGENER.....	59
TER4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET .....	63
VIS: Visuelt Indeklima .....	69
Vurdering af visuelt indeklima .....	70
VIS1: DAGSLYS .....	70

VIS2: SOLLYS .....	73
VIS3: UDSYN, INDKIG OG AFSKÆRMNING .....	75
VIS4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET .....	83
Referencer .....	85
Appendix 1: Beregning af trafikstøj for boliger uden for støjkort .....	89
Appendix 2: Fastlæggelse af lydabsorptionsareal for rum med let møblement .....	95

# Sammenfatning

Denne publikation er udgivet som støtte og dokumentation for IndeklimateVurderingsværktøjet IK-kompas, der beregner en boligs potentiale for et godt indeklimate, angivet ved en IndeklimateKvalitet. Værktøjet er udviklet i samfundspartnerskabet REBUS (Renovating Buildings Sustainably) og er støttet af Realdania, Grundejernes Investeringsfond og Innovationsfonden. Det er målrettet renovering i etageboliger, men perspektivet for udviklingen af værktøjet til holistisk vurdering af indeklimate er, at det på sigt også skal omfatte andre bygningstyper.

Formålet med IK-kompas er at vurdere potentialet for at opnå et godt indeklimate. værktøjet angiver en IndeklimateKvalitet (angivet som et bogstav fra A til G) i enten eksisterende byggeri eller ved design af nybyggeri. Det kan også benyttes til at sammenligne IndeklimateKvaliteten før og efter en bygningsrenovering, og dermed fungere som dokumentation af, at de forventede indeklimateforbedringer er opnået.

IK-kompas omfatter en samlet vurdering af indeklimateets kvalitet baseret på fire overordnede evalueringsområder, hhv. akustisk, atmosfærisk, termisk og visuelt indeklimate, der hver vurderes ud fra tre bygningsrelaterede parametre og en brugerrelateret parameter. I den brugerrelaterede parameter indgår beboerens muligheder for justering af indeklimateet i boligen, da beboernes handlemuligheder spiller en stor rolle for deres tilfredshed med indeklimateet og dermed for opfattelsen af dets kvalitet.



Akustisk indeklimate; lyd udefra, fra andre lejligheder og fra egen bolig



Atmosfærisk indeklimate; påvirkning fra udeluft, fra bygning og materialer samt fra egen bolig



Termisk indeklimate; temperatur sommer og vinter samt træk



Visuelt indeklimate; dagslys, direkte sollys samt udsyn, indkig og afskærmning

Denne publikation består af dokumentationen til værktøjet, men også en beskrivelse af tilgangen og de valg, der er truffet ved udviklingen af værktøjet. Der er for hvert evalueringsområde beskrevet, hvilke metoder, der benyttes til vurdering af de enkelte parametre og kriterier, som udgør evalueringsområdet.



# IK-kompas – et værktøj til vurdering af boligens indeklima

Mennesker tilbringer typisk det meste af deres tid inden døre i deres bolig. En af boligens primære funktioner er at afskærme mod udeklimaet og skabe betingelserne for et komfortabelt og sundt indeklima, som understøtter beboernes aktiviteter. Det fysiske indeklima er påvirket af, hvordan boligen er udformet, af hvilke materialer, der er anvendt, indretning og hvor meget den ventileres. Men indeklimaet er i lige så høj grad afhængigt af beboernes adfærd, fx hvor meget de lufte ud og vaner i forbindelse med rengøring, tøjvask og madlavning.

Der opleves i dag en stigende opmærksomhed på og efterspørgsel efter et komfortabelt og sundt indeklima. Det skyldes bl.a. et ønske om at leve sundt, hvor forskningsresultater har påvist, at oplysning om sammenhængen mellem sundhed og indeklima gør beboere mere bevidste om tilvejebringelse af et godt indeklima. Grunden til dette er, at de hermed har mulighed for at mindske antallet af sygedage (Frontczak, Andersen and Wargocki, 2012) samt at mange forureninger i vores indeklima påvirker vores sundhed (Udesen *et al.*, 2019). I kontor- og skolesammenhæng er der desuden påvist sammenhæng mellem et godt indeklima og øget produktivitet samt bedre indlæring (Frontczak and Wargocki, 2011). Dog viser andre resultater, at der ligger en stor udfordring i at ændre beboeres adfærd og skabe interesse for et bedre indeklima (Knudsen *et al.*, 2016), en udfordring, der bør adresseres for at komme helt i mål med indeklimaforbedringer af boliger (Larsen and Knudsen, 2017). Ud fra ovenstående kan der derfor være store gevinster, også samfundsøkonomisk, ved at forbedre indeklimaet i danske boliger.

I indeklimavurderingsværktøjet IK-kompas, som introduceres i det følgende, evalueres beboernes komfort og sundhed ud fra indeklimaforhold opdelt i fire områder; akustisk, atmosfærisk, termisk og visuelt indeklima. Beboernes oplevelse af komfort er desuden, ud over påvirkninger fra indeklimaet, tæt forbundet med mulighederne for selv at kunne justere og påvirke indeklimaet. Derfor er dette ligeledes et vigtigt element i vurdering af boligens indeklima.

## Formål

IK-kompas er et værktøj til vurdering af Indeklimatekvalitet i boliger. Formålet med IK-kompas er at vurdere potentialet for at opnå et godt indeklima, dvs. alene bygningens fysiske rammer for et godt indeklima. Brugernes adfærd og deres påvirkning på boligens indeklima indgår dermed ikke i IK-kompas, men kan i stedet håndteres særskilt via den pakkedesign til spørgeskema, der også er udviklet i REBUS (Knudsen *et al.*, 2019).

Værktøjet er i første omgang udviklet til etageboliger, men tanken er, at det efterfølgende skal videreudvikles til andre bygningstyper. Udover at angive en IndeklimaKvalitet (angivet som et bogstav fra A til G) i enten eksisterende boliger eller ved design af nybyggeri, kan værktøjet også benyttes til at sammenligne IndeklimaKvaliteten før og efter en bygningsrenovering, og dermed fungere som dokumentation for, at de forventede indeklimateforbedringer er nået.

IK-kompas vurderer indeklimateet inden for følgende fire evalueringsområder, med underliggende parametre:



Akustisk indeklimate (AKU); lyd udefra, fra andre lejligheder og fra egen bolig



Atmosfærisk indeklimate (ATM); påvirkning fra udeluft, fra bygning og materialer samt fra egen bolig



Termisk indeklimate (TER); temperatur sommer og vinter samt træk



Visuelt indeklimate (VIS); dagslys, direkte sollys samt udsyn, indkig og afskærmning

For hvert af de fire områder er der desuden en vurdering af beboerens muligheder for justering af indeklimateet i boligen, da beboernes handlemuligheder spiller en stor rolle i opfattelsen af indeklimateets kvalitet.

Arbejdet med at udvælge parametre til IK-kompas er beskrevet i publikationen "Centrale parametre til karakterisering af bygningers indeklimate" (Larsen *et al.*, 2020), og har bl.a. taget udgangspunkt i den tidligere standard til frivillig klassificering af indeklimate og andre komfortværdier, DS 3033 (Dansk Standard, 2011). Flere af parametrene i REBUS' bud på evaluering af indeklimateet er også at finde i DS 3033. Denne standard inddeler kvaliteten af indeklimateet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer efter fem klasser (A++, A+, A, B, C). DS 3033 tager udgangspunkt i et øjebliksbillede i bygningen (fx via måling af luftskiftet med sporgas under besøg i bygningen). REBUS' evaluering af indeklimateet tager udgangspunkt i bygningens potentiale, som for luftskifte vil være en vurdering af ventilationstype og muligheder for åbning af vinduer. I DS 3033 indgik akustik (lyd) og muligheden for direkte solindfald ikke ved vurdering af boliger, men dette er væsentlige kvaliteter, som derfor medtages i IK-kompas.

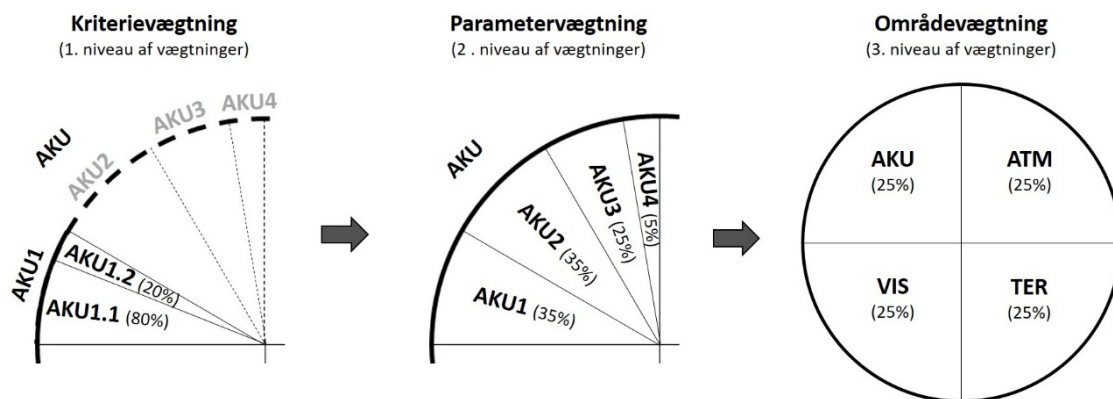
Tabel 1 viser indholdet i IK-kompas og IK-kompas' hierarkiske opbygning med evalueringsområder, parametre og kriterier.

Parameter		Kriterie	Vægtning
AKU1	Lyd fra omgivelser	1.1 Trafikstøj 1.2 Mulighed for åbning af vindue mod bygningens stille side	35%
AKU2	Lyd i bygning mellem boliger	2.1 Luftlydisolation 2.2 Trinlyd	35%
AKU3	Lyd i bolig	3.1 Tekniske installationer 3.2 Efterklangstid	25%
AKU4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Mulighed for åbning af vinduer	5%
ATM1	Påvirkning fra udeluft	1.1 Kvalitet af udeluft (filtrering/partikelniveau)	15%
ATM2	Påvirkning fra bygning og materialer	2.1a Ventilationssystem/serviceaftaler 2.1b Naturlig ventilation 2.2 Ventilation af badeværelse 2.3 Lav-emitterende materialer	35%
ATM3	Påvirkning fra aktiviteter i boligen	3.1 Tøjtørringsmuligheder 3.2 Emhætte i køkken 3.3 Komfur og ovn	30%
ATM4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Mulighed for øget ventilation, naturlig 4.2 Mulighed for øget ventilation, mekanisk 4.3 Mulighed for automatisk styring af ventilation	20%
TER1	Temperatur, sommer	1.1 Sommerkomfort 1.2 Overfladetemperatur, sommer	30%
TER2	Temperatur, vinter	2.1 Varmekilder 2.2 Overfladetemperatur, vinter	25%
TER3	Trækgener	3.1 Utætheder 3.2 Kuldnefald 3.3 Ventilation	20%
TER4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Mulighed for øget ventilation, naturlig 4.2 Mulighed for øget ventilation, mekanisk 4.3 Mulighed for automatisk styring af ventilation 4.4 Udvendig solafskærmning 4.5 Køling 4.6 Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov	25%
VIS1	Dagslys	1.1 Intensitet og fordeling 1.2 Kvalitet	35%
VIS2	Sollys	2.1 Solskinstimer	25%
VIS3	Udsyn, indkig og afskærmning	3.1 Udsyn 3.2 Indkig 3.3 Bevægelig afskærmning	30%
VIS4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Solafskærmning , justeringsmuligheder 4.2 Solafskærmning, aktiveringsmuligheder	10%

TABEL 1. OVERSIGT OVER OPBYGNING OG INDHOLD I IK-KOMPAS, SOM VISER VÆRKTØJETS HIERARKISKE OPBYGNING

## Vægtninger i IK-kompas

I IK-kompas indgår en række vægtninger mellem hhv. Evalueringsområderne, Parametrene og Kriterierne. Vægtninger mellem Evalueringsområderne er i første version af IK-kompas fastlagt som en ligelig vægtning, da der ikke er fundet datagrundlag nok til at kunne differentiere mellem de fire områder. Vægtninger for hhv. Parametre og Kriterier er fastlagt ud fra en spørgeskemaundersøgelse sendt rundt til ca. 100 danske fagfolk og eksperter på området. Dette arbejde er dokumenteret i (Rohde *et al.*, 2019). Figur 1 viser brugen af vægtninger i værktøjet. 1. niveau af vægtning foregår på kriterieniveau, dvs. mellem de kriterier, der udgør en parameter. 2. niveau af vægtning ligger mellem de fire parametre, der tilsammen beskriver et evalueringsområde, og endelig vægtes de fire evalueringsområder sammen med 25% til hver.



FIGUR 1. IK-KOMPAS BENYTTET 3 FORSKELLIGE NIVEAUER AF VÆGTNINGER I VÆRKTØJET. DISSE DÆKKER VÆGTNING AF HHV. KRITERIER, PARAMETRE OG EVALUERINGSOMRÅDER.

### Resultater fra IK-kompas

Resultaterne af IK-kompas er opbygget således, at de kan kommunikeres bredt og i et let forståeligt sprog, så den overordnede IndeklimaKvalitet umiddelbart kan forstås af bygherrer og bygningsbrugere. Rådgivere og eksperter kan få mere detaljeret information om delresultaterne for parametrene under de fire evalueringsområder. Således understøtter værktøjet arbejdet med udarbejdelse af en rapport til vurdering af indeklimate, hvor rådgivere kan specificere, hvordan den konkrete bygning performer på de enkelte områder, og komme med bud på forbedringspotentialer.

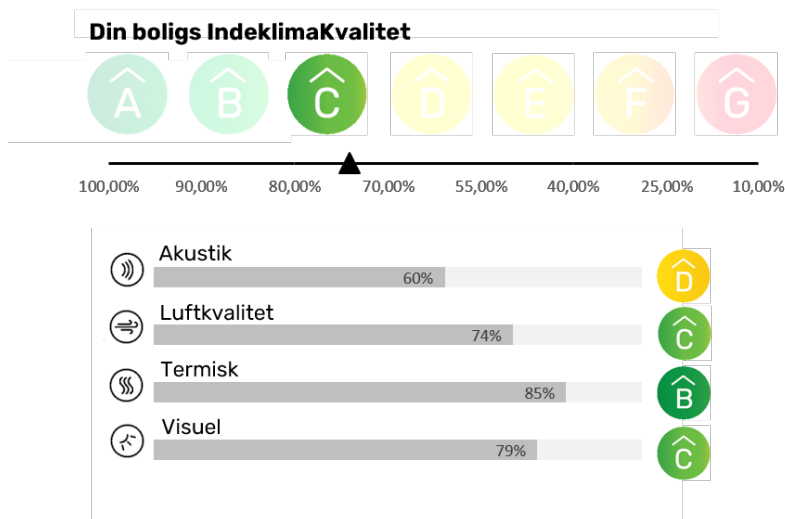
IK-kompas-værktøjet til vurdering af IndeklimaKvalitet tager udgangspunkt i bygningens mulighed for at opnå et godt indeklimate, og der benyttes standardiseret brugsdata i vurderingen, så den er uafhængig af brugeradfærd i bygningen. Resultaterne viser derfor boligens potentiale for et godt indeklimate, vurderet uden at inkludere beboernes uforudsigelige og ofte meget varierende adfærd i boligen.

### Præsentation af resultater fra IK-kompas

Der gives en samlet score, en IndeklimaKvalitet, som resultat af IK-kompas. IndeklimaKvaliteten formidles i form af et bogstav fra A-G, som det kendes fra energimærkningskalaen. Samtidigt










vises den underliggende score fra 0 – 100 % for hvert af de fire evalueringsområder, akustisk, atmosfærisk, termisk og visuelt. Figur 2 viser et eksempel på formidling af IndeklimaKvalitet fra IK-kompas.



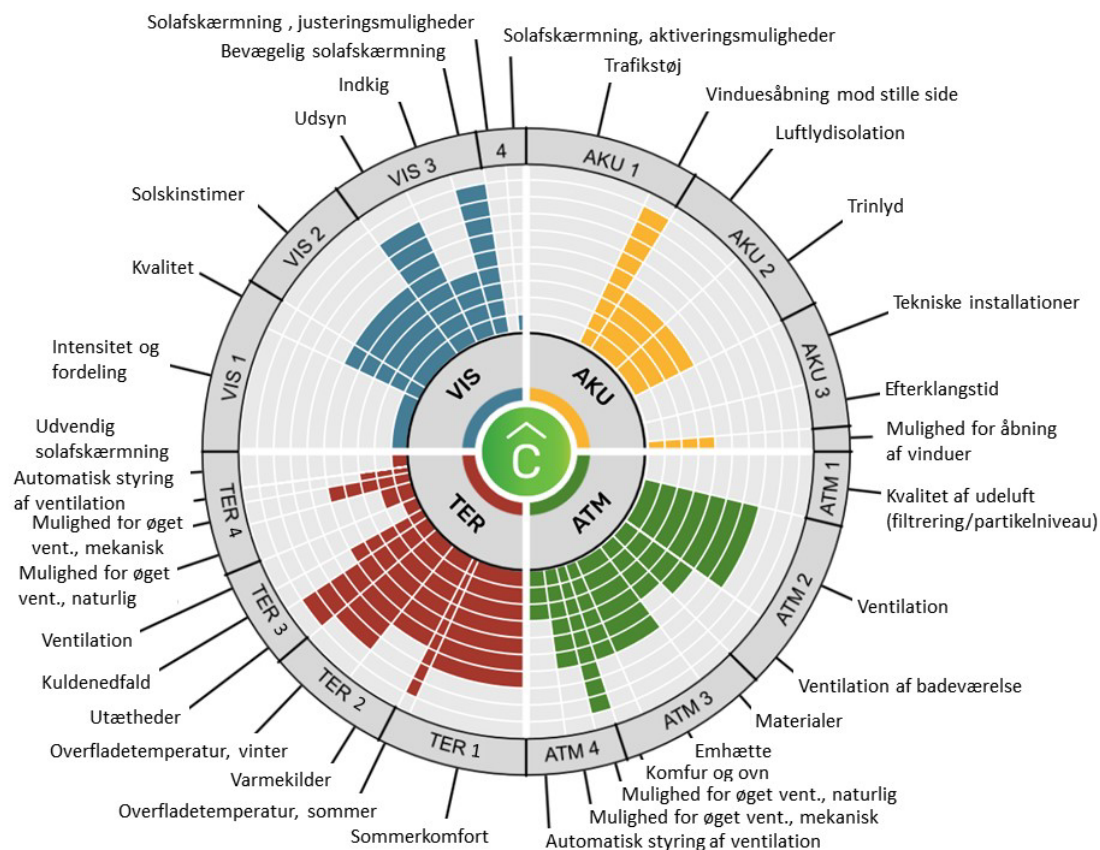
FIGUR 2. EKSEMPEL PÅ FORMIDLING AF INDEKLIMAKVALITET SAMT PARAMETER-SCORE I IK-KOMPAS.

Bogstavet for IndeklimaKvalitet beregnes ud fra den procentvise score, som er angivet i TABEL 2. Boligens samlede score beregnes som middelværdien af scoren for AKU, ATM, TER og VIS. Dog kan den samlede score aldrig blive mere end to trin højere end den dårligste score for et delområde. Hvis der fx opnås F i VIS og A i de resterende tre områder kan den samlede score aldrig blive højere end D. Denne regel er medtaget for at sikre en holistisk tilgang til arbejdet med indeklima.

IndeklimaKvalitet	Score (andel af maksimalt opnåelig score)
	$85\% \leq \text{score} \leq 100\%$
	$75\% \leq \text{score} < 85\%$
	$65\% \leq \text{score} < 75\%$
	$55\% \leq \text{score} < 65\%$
	$45\% \leq \text{score} < 55\%$
	$35\% \leq \text{score} < 45\%$
	$0\% \leq \text{score} < 35\%$

TABEL 2. OMREGNING FRA PROCENTVIS SCORE TIL INDEKLIMAKVALITET

Ønskes et yderligere detaljeringniveau af resultaterne kan de underliggende parametre tilgås via IndeklimaKompasset, som kan hjælpe med at identificere, hvor det største forbedringspotentiale er. IndeklimaKompasset er vist i Figur 3.



FIGUR 3. INDEKLIMAKOMPASSET FRA IK-KOMPAS, SOM ANGIVER SCORING INDEN FOR DE ENKELTE PARAMETRE.

## Målgruppe

Fokus for arbejdet i REBUS er alment boligbyggeri og den primære målgruppe for første version af IK-kompas er derfor lejere og Almene Boligselskaber (samt andre ejere af etageboliger) samt rådgiverne, som udvikler/designer/ renoverer boligerne. Dog kan værktøjet benyttes i alle former for etageboliger.

I det følgende opridses den tiltænkte brug kort for de forskellige målgrupper.

### Lejere

Lejerne kan få en objektiv vurdering af indeklimaet i deres nuværende/kommende bolig og dermed en mulighed for vurdering og prioritering af indeklime (bedre indeklime, bedre sundhed og mindre sygdom).

### Bygherre (Boligforening)

For bygherren kan værktøjet bruges ved flere forskellige scenarier, hhv. før renovering/efter renovering, i en driftssituation og ved målsætning for/design af nye boliger. Ved renovering vil bygherren være klædt bedre på ift. dialog med beboerne eller deres rådgivere om indeklime via IK-kompas og eventuelle ønsker til forbedringer ved en renovering. I driftssituationen vil IK-

kompas kunne angive niveau af IndeklimaKvalitet i boligerne samt hjælpe ved værdisætning ved udleje. Boligforeningen kan desuden bruge IK-kompas til at udvikle og dokumentere attraktive boliger og som dialogværktøj til at guide beboerne mod et bedre indeklima.

#### *Rådgivere*

Rådgiverne vil både kunne bruge IK-kompas til at lave indeklima-vurdering og efterfølgende også til at løse eventuelle identificerede problemer. IK-kompas vil være et nyttigt hjælpeværktøj for rådgiverne i den tidlige designproces, hvor det med sin holistiske tilgang skaber fokus på de gode løsninger. Indeklima er komplekst, og her vil IK-kompas kunne bruges som huskeliste for at reducere risikoen for, at væsentlige indeklimaproblemer overses.

## Afgrænsning

Forhold såsom skimmelvækst, radon og skadelige stoffer som PCB, asbest og bly i konstruktionen kan påvirke IndeklimaKvaliteten betydeligt. Disse forhold vurderes **ikke** i IK-kompas, da IK-kompas tager som forudsætning, at disse forhold bringes i orden i de tilfælde, hvor der er problemer med en eller flere af disse parametre. Vurderingen garanterer derfor ikke, at fx fugt- og radonsikring er tilstrækkelige, så ved fx bygningsskader eller mistanke om andre forhold, som kan påvirke indeklimaet, bør dette udredes særskilt, før vurdering med IK-kompas påbegyndes.

Værktøjet er som udgangspunkt udviklet til at kunne bruges bredt således, at det på sigt vil kunne benyttes til vurdering af indeklima i alle bygningstyper, men i første omgang afgrænses udviklingen til at omfatte **etageboligbyggeri**. Dette er fordi, der er store forskelle i forhold som, aktiviteter, brug og fleksibilitetsmulighederne i bygningers forskellige brugssituationer. Etageboliger er valgt fordi, der i forbindelse med udviklingsarbejdet i REBUS er testet på almene boliger som case.

Det valgte fokus på **etageboligbyggeri** er vigtigt i forhold til, hvilke kriterier og standarder, der ligger til grund for vurderingerne. Derfor kan værktøjet ikke umiddelbart benyttes til andre boligtyper som fx enfamiliehuse eller rækkehuse. Dette vil kræve en tilpasning.

Ved udviklingen af værktøjet benyttes der flere tilgange til vurderinger. I nogle tilfælde benyttes beregnede værdier baseret på konstruktionsopbygninger. Her forudsættes det, at der kan arbejdes med ideelle konstruktioner udført uden fejl. Sådanne antagelser benyttes ligeledes normalt ved energiberegninger i forhold til beregning af varmetransmission (U-værdier). Det vil

naturligvis give en usikkerhed på resultatet, og derfor må det forventes, at det beregnede potentiale kan være højere, end hvad der faktisk opnås i bygningen.



# Værktøjsdokumentation til IK-kompas

Dokumentationen til IK-kompas er opdelt i fire hovedområder, som hver repræsenterer de fire Evalueringsområder i værktøjet. Hvert område forkortes gennem hele manualen med tre bogstaver, som angivet nedenfor.



**AKU** - Akustisk indeklima



**ATM** - Atmosfærisk indeklima



**TER** - Termisk indeklima



**VIS** - Visuelt indeklima

Inddelingen af evalueringsområderne er opdelt på to niveauer, hhv. parametre og kriterier. For hvert Evalueringsområde (AKU, ATM, TER og VIS) er der fire evalueringsparametre (fx AKU1, AKU2, AKU3 og AKU4). Til evaluering af hver af de fire parametre vurderes de tilknyttede kriterier (fx AKU2.1 og AKU2.2) (se Figur 1 for uddybning). Fælles for de fire områder er, at parametrene 1-3 er bygningsrelaterede, og parameter 4 omhandler brugernes mulighed for justering af indeklimaet for den pågældende parameter. Brugernes handlemuligheder behandles som et særskilt område, da dette spiller en stor rolle i opfattelsen af og tilfredsheden med indeklimaets kvalitet.

Resultaterne for hver parameter baseres på resultater fra de underliggende kriterier, der vurderes på en skala fra 0 – 10. Beskrivelsen til "Beregning af score" er i manualen placeret sidst i hvert afsnit med parameterbeskrivelser. Scoren afgøres på baggrund af et prædefineret vurderingsgrundlag, f.eks. beregninger, registreringer, tjeklister eller en kombination af disse. Dermed opbygges et overskueligt hierarki, hvor man nemt kan hoppe fra vurderingen af det enkelte kriterie til det store overblik i form af den endelig IK-kompas score.

Scoren for de enkelte kriterier i IK-kompas er baseret på tilgængelig litteratur om hhv. best-case og worst-case i de tilfælde, hvor det har været muligt. For nogle kriterier har dette ikke været muligt. Her er det angivet ved scoren, at REBUS' egne eksperter har måttet foretage en vurdering.

Vurderinger i værktøjet foretages oftest for opholdsrum, der er defineret som stue, alrum, køkken og værelser/soveværelser (herunder børneværelser, kontorer osv.) I de tilfælde hvor køkkenet også indgår i evalueringen, er dette nævnt for det enkelte kriterium. Evaluering for

gangarealer, toiletter og badeværelser medtages kun i scoren i de få tilfælde, hvor det specifikt er nævnt i kriteriet, da disse rum oftest kun har kortvarige ophold.





## AKU: Akustisk Indeklima

Det akustiske indeklima handler om, hvordan lyd bevæger sig i bygningen og de enkelte rum både i forhold til lydspredning og lydabsorption i rum og materialer. Det akustiske indeklima er vigtigt i forhold til koncentration, søvn og stressniveau. Dermed påvirker det akustiske indeklima både sundhed og komfort (WHO, 2011, 2018; Rasmussen and Ekholm, 2019; European Environment Agency, 2020).

Gældende lydkrav for boliger findes i Bygningsreglementets vejledning om lydforhold (Trafik-Bygge- og Boligstyrelsen, 2020). Der henvises i øvrigt til lydklasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger (Dansk Standard, 2018b). Kravene gælder for nybyggeri. Samme lydkrav som for nybyggeri er gældende for boligbyggeri, der gennemgår væsentlige forandringer, fx opdeling af store lejligheder, sammenlægning af lejligheder og etablering af baderum samt ombygning fra andre funktioner til boliganvendelse. Ved al ombygning og renovering bør opfyldelse af lydklasse C tilstræbes. Hvis dette ikke er muligt af tekniske, økonomiske eller arkitektoniske grunde, kan det være relevant at betragte lydklasse D, men dispensation kan være nødvendig. Lydklasse D er beregnet til lydklassificering af ældre boliger med mindre tilfredsstillende lydforhold og vil udløse minimum score i IK-kompas.

*Lyd fra omgivelser* afhænger af bygningens fysiske placering i forhold til **trafik, som** er en støjkilde, mange mennesker oplever som meget forstyrrende. Trafikstøj er derfor en yderst vigtig parameter at vurdere og evaluere i forhold til akustisk indeklima, således at forebyggelse mod trafikstøj allerede tidligt kan medtages i bygningsdesignet. Langvarig eksponering for trafikstøj har negative konsekvenser for vores helbred. Forskning på området viser en tydelig sammenhæng mellem høje trafikstøjniveauer og søvnproblemer, samt stressrelaterede symptomer, som forhøjet blodtryk, hjerte-kar-sygdomme, diabetes mv (Michelsen, Fryd and Jensen, 2010; WHO, 2018).

### DEFINITION:

#### *Støjniveau (lydtrykniveau)*

Lydtrykniveauet eller støjniveauet er et udtryk for, hvor kraftig støjen er på et givet tidspunkt. Da støjen normalt varierer over tid, har man indført en lydteknisk gennemsnitsværdi, det såkaldte ækvivalente støjniveau,  $L_{eq}$ . For bedst muligt at korrelere støjen til den menneskelige opfattelse af støjen, benyttes ofte frekvensvægtningsfilter A, og størrelsen kaldes det 'A-vægtede, ækvivalente lydtrykniveau', med betegnelsen:  $L_{Aeq}$ .

Et lydniveau på 20 dB(A) er ganske stille og samtaleniveau er typisk omkring 50-70 dB(A).

I det danske bygningsreglement er der for boliger (og for flere andre bygningsanvendelser) krav til det maksimale indendørs støjniveau fra trafik.

*Lyd i bygning* mellem boliger beskrives ved parametrene luftlydisolation for boligadskillende konstruktioner samt trinlydniveau. Luftlyd er lydbølger, som forplanter sig i luften, eksempelvis



fra musik eller personer, der taler. Med begrebet luftlydisolation forstås konstruktionens (f.eks. en væg) evne til at reducere luftbåren lyd mellem to rum eller mellem lejligheder.

Trinlyd er et samlingsbegreb, som omfatter strukturbåret lyd, der opstår når en mekanisk kraft føres ind i konstruktionen og skaber vibrationer, som forplanter sig i bygningskonstruktionen. Trinlyd opstår, når fx nogen går på en etageadskillelse (gulv) eller børn løber/hopper på et gulv. Trinlyd ledes videre via bygningens konstruktioner til andre rum i omliggende boliger, fx til underboer, hvor det udstråles som luftbåret lyd.

Nabostøj er af mere tilfældig karakter end fx trafikstøj, som oftest medfører kontinuerlig eksponering. En hyppigt forekommende konsekvens af nabostøj er fx, at ens nattesøvn forstyrres, hvilket kan medføre negative konsekvenser for helbredet. Lyd fra naboer kan også opleves som ekstra forstyrrende, da den ikke er forudsigelig og fordi der kan være tale om 'uvedkommende information og lyde'. I bygningsreglementets lydvejledning er der for nybyggeri samt ved anvendelsesændring krav til luftlydisolationen for boligadskillende vægge og etageadskillelser samt til trinlydniveau fra omliggende boliger. Kravene til luftlydisolation angives som minimumsværdier for  $R'_w$  og kravene til trinlydniveau som maksimumsværdier for  $L'_{n,w}$ . De vægtede værdier  $R'_w$  og  $L'_{n,w}$  er bestemt efter henholdsvis ISO 717-1 (Dansk Standard, 2013a) og ISO 717-2 (Dansk Standard, 2013b).

*Lyd i bolig* vedrører dels støj fra bygningens faste tekniske installationer, eksempelvis elevatorer, ventilationsanlæg, naboers vand- og afløbsinstallationer, dels efterklangstid i opholdsrum. Ventilationsanlæg kan ofte generere lavfrekvent lyd, hvilket opleves som ekstra forstyrrende. Det kan blive generende og give anledning til søvnproblemer, hovedpine mm. Lyd fra installationer kan i lighed med trafikstøj være en langvarig eksponering, hvilket er negativt for vores helbred. Elevatorer, WC og afløb mm. skaber irriterende strukturbåret lyd, hvis disse ikke er isoleret korrekt. Lydene fra boligens faste installationer er ofte af tilfældig karakter, men kan optræde tydeligt på alle tidspunkter, fx også i sene nattetimer med lavt baggrundsstøjniveau.

Det oplevede lydniveau i et rum vil være påvirket af rummets akustiske egenskaber, idet rum med primært lydhårde overflader har en lang efterklangstid, hvilket øger lydniveauet. Bygningsreglementet har ikke obligatoriske krav til efterklangstid internt i etageboliger, men forslag til projekteringsværdier findes i bygningsreglementets lydvejledning (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, 2020) og i lydklassestandard, DS 490 (Dansk Standard, 2018b). Formålet er, at lydabsorption skal integreres i rummets konstruktioner. Området er medtaget i IK-kompas for at øge graden af frihed til at indrette sig i sin bolig med de materialer og overflader man ønsker uden at skulle kompensere for dårlig efterklangstid.

I bygningsreglementet og i lydklassestandard for boliger, DS 490, findes der krav til støj fra installationer, som skal overholdes ved nybyggeri samt ved renovering af boliger, hvis der installeres nye tekniske installationer.



## Vurdering af akustisk indeklima i IK-kompas

Ved vurdering af boligens potentiale for at opnå et godt akustisk indeklima vurderes parametrene angivet i Tabel 3.

Parameter		Kriterie	Vægtning
AKU1	Lyd fra omgivelser	1.1 Trafikstøj	35%
		1.2 Mulighed for åbning af vindue mod bygningens stille side	
AKU2	Lyd i bygning mellem boliger	2.1 Luftlydisolation	35%
		2.2 Trinlyd	
AKU3	Lyd i bolig	3.1 Tekniske installationer	25%
		3.2 Efterklangstid	
AKU4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Mulighed for åbning af vinduer	5%

**TABEL 3. PARAMETRE TIL VURDERING AF DET AKUSTISKE INDEKLIMA**

I det følgende gennemgås parametrene enkeltvis og det beskrives hvordan kriterierne skal evalueres. Der gives en metode til en overordnet evaluering af en bygnings/lejligheds akustiske præstationsevne.



## AKU1: LYD FRA OMGIVELSER

### AKU1.1: Trafikstøj

Indendørs trafikstøjniveau i bolig, fra vej- og sportrafik, skal beregnes/vurderes. Beregning udføres for alle opholdsrum. Der benyttes ækvivalent støjniveau  $L_{den}$  som angivet i bygningsreglementets lydvejledning. Indeks 'den' betyder Day-Evening-Night, altså en defineret tids-vægtet middelværdi af dag-aften-nat lydniveau-værdier, se (Miljøstyrelsen, 2006).

### DET INDENDØRS LYDNIVEAU

Støjniveauet indendørs afhænger af støjniveauet udendørs samt af lydisolationen for vinduer, udeluftventiler og ydervægge. I IK-Kompas foretages beregningen af indendørs støjniveau efter den forenkede metode beskrevet i SBI-anvisning 244, afsnit 3.6 (Rasmussen and Petersen, 2014a), og støjniveauet indendørs beregnes iht. nedenstående formel ( 1 ).

$$L_{2A} = L_{1A} - (R'_w + C_{tr})_{\text{facade}} + 10 \log (S \cdot T / (0,16 \cdot V)) \text{ [dB]} \quad (1)$$

Her er  $L_{2A}$  trafikstøjniveauet indendørs i det aktuelle rum, og  $L_{1A}$  er trafikstøjniveauet udendørs i frit felt + 3 dB (svarende til støjniveauet 2 meter foran facaden).  $L_{1A}$  er det tidsvægtede, A-vægtede lydtrykniveau, enten fundet via støjkort eller ved beregning som angivet i det følgende.

I formel (1) indgår også facadens in-situ lydisolation  $(R'_w + C_{tr})_{\text{facade}}$ , som fastlægges ud fra lydisolation og arealer af facadekomponenterne væg, vindue og udeluftventiler.

Der benyttes 'enkelttalsværdier' for lydisolationen og en korrektionsværdi  $C_{tr}$  for trafikstøjens 'normale' frekvensspektrum for bytrafik. Dette er bestemt som gennemsnit af et meget stort antal køretøjer i en 'normal' fordeling mellem personbiler, lastbiler, busser, og en række andre parametre indgår også, bl.a. hastigheden.

Desuden indgår det aktuelle lokales rumakustiske forhold udtrykt ved efterklangstiden  $T$  [sek] og rumvolumen  $V$  [ $m^3$ ], hvor boligindretning og lydabsorptionsmængde får betydning. Efterklangstiden beregnes af IK-kompas ud fra input om boligens karakteristika. Den beregnede efterklangstid benyttes derfor i formel ( 1 ) i stedet for en standardværdi, og her indgår den som en fast værdi beregnet ud fra middelværdien for alle oktavbånd.

Lydisolationen  $(R'_w + C_{tr})_{\text{facade}}$  for den sammensatte facadekonstruktion beregnes ud fra formel ( 2 ) for en konstruktion bestående af hhv. væg, vindue og udeluftventil. Denne formel og en generel formel til andre tilfælde findes i SBI-anvisning 244, afsnit 3.6 (Rasmussen and Petersen, 2014a).

$$R_{\text{facade}} = 10 \log \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{S_1 \cdot 10^{-R_1/10} + S_2 \cdot 10^{-R_2/10} + S_0 \cdot 10^{-D_{n,e}/10}} \text{ [dB]} \quad (2)$$



$S_1$  er areal af væg [ $m^2$ ],  $R_1$  reduktionstal for væg [dB],  $S_2$  er areal af vindue [ $m^2$ ],  $R_2$  reduktionstal for vindue [dB],  $S_0$  er referenceareal for udeluftventil ( $10m^2$ ) [ $m^2$ ],  $D_{n,e}$  er enhedslydisolation for udeluftventil [dB]. Det er de vægtede værdier, der indsættes i formel ( 2 ).

### UDENDØRS TRAFIKSTØJNIVEAU

Fastlæggelse af trafikstøjniveauet udendørs ved en bolig afhænger af, om boligen er placeret i et område kortlagt på et støjkort eller ikke. For København og omegn, Odense, Århus og Aalborg samt kommuner som frivilligt har deltaget i Miljøstyrelsens kortlægninger, kan benyttes eksisterende støjkort som beskrevet i det følgende. For alle øvrige områder, hvor boligen er udenfor støjkort, benyttes fremgangsmåden beskrevet i Appendix 1: Beregning af trafikstøj for boliger uden for støjkort.

#### Trafikstøjniveau udendørs INDEN FOR gældende støjkort

*Trafikstøjniveauet udendørs* kan anslås ud fra eventuelle eksisterende støjkort i de områder, hvor dette er tilgængeligt (<http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&profile=noise>) eller ved beregning af støjniveau ved facaden (beregningsmodel Nord2000). Samme bygning kan have forskellige støjniveauer ved de forskellige facader, afhængigt af deres orientering i forhold til vejen. Hvis værdien aflæses fra et trafikstøjkort, og støjniveauet er svært eller utydeligt at bedømme, anbefales det at vælge en værdi ud fra et såkaldt worst case scenario, dvs. den højeste værdi. Hvis lejligheden er i stueplan, benyttes værdierne for 1,5 m over jord, men er lejligheden højere oppe i bygningen, benyttes værdier for 4 m over jord. Hvis en bebyggelse er eksponeret for flere støjkluder, anvendes kilden med det højeste støjniveau.

Støjniveauer, som kan aflæses på støjkort, vil være angivet for et spænd af niveauer, f.eks.  $L_{den} = 55-60$  dB. Altså kan det "rigtige" støjniveau lige så godt være 55 som 60 dB. Ofte kan man dog på kortet se, hvor facaden ligger i forhold til grænserne, og det anbefales at aflæse støjniveauet ca. 2 m foran facaden svarende til definitionen af  $L_{2A}$  i formel ( 1 ).

### YDERVÆGGENS LYDREDUKTION

*Ydervæggens frekvensvægtede lydreduktion*  $R'_w$  bedømmes på baggrund af facadetype og tegning/-informationer om væggenes opbygning. I nedenstående tabeller gives eksempler på lydreduktionstal for vinduer (Tabel 4 og Tabel 5) og ydervægge (Tabel 6 og Tabel 7) (skabelonværdier), der kan anvendes som input til beregning af ydervæggens endelige lydisolation, inklusive vinduer. Der er desuden givet vejledende tal for udeluftventilers lydisolation (Tabel 8), som også skal medtages i beregningen. Der regnes med lukkede vinduer og døre, men med åbne udeluftventiler.

Størrelsen  $R'_w$  er et enkelt tal, som er beregnet ud fra det frekvensafhængige reduktionstal for at simplificere beregninger. Dette har i praksis vist sig at give rimelige resultater, omend der fås større nøjagtighed ved at benytte frekvensafhængige kurver, se eksempel i SBI-anvisning 244.



Data for konstruktionerne i Tabel 4 - Tabel 8 er vægtede værdier, som er lettere at anvende end de frekvensafhængige lydisolationskurver. De angivne data er fra SBI-anvisning 244 (Rasmussen and Petersen, 2014a), hvor der også forefindes illustrationer af konstruktionerne. Nye værdier tilføjes løbende til værktøjet. Laboratoriemålte værdier angives med  $R_w$ , dvs. uden apostrof ('). Erfaringsvis vil disse være ca. 3 dB bedre end det der normalt kan opnås i en færdig bygning. Anvendes der laboratoriemålte værdier skal der derfor fratrækkes 3 dB for at få  $R'_w$ . (Rasmussen and Petersen, 2014a).

Vinduernes lydisolations NYBYGGERI	$R'_w+C_{tr}$ [dB]
Vindue m. tolags isoleringsrude (glastykkelser 4mm)	25-27
Vindue m. trelags isoleringsrude (glastykkelser 4mm)	25-27
Vindue m. tolags isoleringsrude, hvor det ene glas er lamineret (lydrude)	28-36
Vindue m. trelags isoleringsrude, hvor det ene glas er lamineret (lydrude)	30-35
Vindue m. tolags isoleringsrude og indvendig forsatsrude m. enkeltglas. Udvendig rude kan være en alm. isoleringsrude eller lydrude. Det indvendige glas kan være alm. eller lamineret glas i forskellig tykkelse.	34-41
Dobbelt vindue m. lydrude udvendigt og alm. isoleringsrude indvendigt, monteret i separate karme. Mellem de to karme er indlagt lydabsorberende materiale i sider, top og bund. Forskellige glastykkelser.	40-45

TABEL 4. EKSEMPLER PÅ LYDISOLATION FOR VINDUER I NYBYGGERI. KILDE: SBI-ANVISNING 244, TABEL 7 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014A)

Vinduernes lydisolations EKSISTERENDE BYGGERI	$R'_w+C_{tr}$ [dB]
Vindue m. enkeltrude. Dårlig tæthed	15-20
Vindue m. koblede rammer med enkeltrude. Middel tæthed	20-23
Vindue m. enkeltrude forbedret m. forsatsramme m. enkeltrude på vindueskarm. Middel til god tæthed	20-27
Vindue m. alm. isoleringsrude (ens glastykkelser). Middel til god tæthed	20-23
Vindue m. tolags lydrude. Middel til god tæthed	25-28
Vindue m. trelags isoleringsrude (ens glastykkelser). Middel til god tæthed	20-23

TABEL 5. EKSEMPLER PÅ LYDISOLATION FOR VINDUER I EKSISTERENDE BYGGERI. KILDE: SBI-ANVISNING 244, TABEL 13 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014A)



Ydervæggens lydisolations NYBYGGERI	$R'_w+C_{tr}$ [dB]
Hulmur af tegl Formur : 108 mm Hulrum: 200 mm m. Varmeisolering Bagmur: 108-224 mm	50-60
Hulmur af tegl og beton Formur : 108 mm Hulrum: 200 mm isoleret Bagmur: 100-150 mm	50-55
Hulmur af tegl og letklinker-eller porebeton Formur : 108 mm Hulrum: 200 mm m. varmeisolering Bagmur: 100-200 mm	45-50
Træ- eller stålskeletvæg m. skalmur Formur : 108 mm Hulrum: 200 mm isoleret Inderside: To lag 13mm gipsplade- fritstående	45-51
Beton- eller letklinkerbetonbagmur m. ventileret regnskærm	50-55
Porebetonbagmur m. ventileret regnskærm	40-45
Let ydervæg m. træ- eller stålskelet	33-43
Betonsandwichelement	50-55
Beton- eller letklinkerbetonbagmur m. facadepuds på varmeisolering	40-45

TABEL 6. EKSEMPLER PÅ LYDISOLATION FOR YDERVÆGGE I NYBYGGERI. KILDE: SBI-ANVISNING 244, TABEL 6 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014A)



Ydervæggens lydisolations EKSISTERENDE BYGGERI	$R'_w+C_{tr}$ [dB]
Massiv teglmur 1/1- sten 228mm pudset	48-50
Hulmur af tegl (ikke varmeisolering) Formur : 108 mm Hulrum:50-100 mm Bagmur: 108mm	46-48
Hulmur af tegl Formur : 108 mm Hulrum: 50-100 mm, isoleret Bagmur: 108 mm	45-50
Hulmur af tegl og beton Formur : 108 mm Hulrum: 50-100 mm isoleret Bagmur: 100-150 mm	>50
Hulmur af tegl og letklinkerbeton/ porebeton Formur : 108 mm Hulrum: 50-100 mm isoleret Bagmur: 100-200 mm	>45
Træskeletvæg m. skalmur Formur : 108 mm Hulrum: 50-100 mm isoleret Inderside: To lag gipsplade, fritstående	45-50
Let ydervæg af træskelet Yderside : ventileret pladebeklædning Hulrum: 50-100 mm isoleret Inderside: To lag gipsplade	30-45
Massiv porebetonydervæg 100-200 mm	30-35
Betonsandwichement Formur: 60mm Hulrum: 70 mm, isoleret Bagmur: 150mm	Ca. 52

TABEL 7. EKSEMPLER PÅ LYDISOLATION FOR YDERVÆGGE I EKSISTERENDE BYGGERI. KILDE: SBI-ANVISNING 244, TABEL 11 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014A)

### UDELUFTVENTILER

Udeluftventiler monteret i væg eller i vinduesramme findes ofte i eksisterende byggeri, hvis der ikke anvendes mekanisk balanceret ventilation. I disse tilfælde vil der ofte være udsugningsventilator uden samtidig indblæsning af opvarmet luft. Altså skal friskluft suges ind via udeluftventiler i vægge og/eller i vinduer.

Lyddæmpningen af udeluftventiler varierer meget afhængigt af typen. Ventiler i ydervæg kan være godt lyddæmpende, hvorimod ventiler i vinduesrammer har begrænset plads og derfor normalt kun en lille lyddæmpning. I lydberegningerne anvendes data for åbne ventiler.





Eksempel på lydisolationsværdier for af forskellige ventiltyper findes i Tabel 8.

Ventiltype	Lydisolation, $D_{n,e,w} + C_{tr}$ [dB] Åben ventil
Udæmpet skydeventil i vindue	24-35
Udæmpet spalteventil i karm	24-35
Udæmpet klapventil i ydervæg	24-29
Lyddæmpet spalteventil i karm	42-46
Lyddæmpet tallerkenventil i ydervæg	35-47
Lyddæmpet ventil bag radiator	40-43
Lyddæmpet Z-ventil i ydervæg	55

**TABEL 8. EKSEMPLER PÅ LYDISOLATION FOR FORSKELLIGE VENTILTYPEN. KILDE: SBI-ANVISNING 244, TABEL 16 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014A)**

#### AKU1.2: Mulighed for åbning af vindue mod stille side

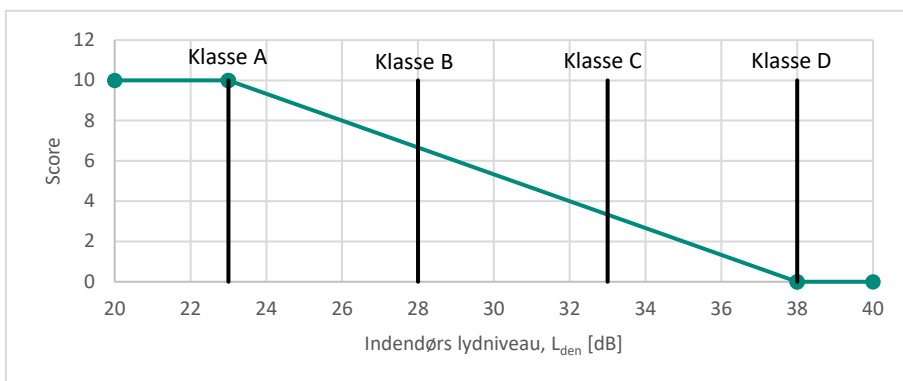
Dette kriterie tager hensyn til, om der findes oplukkelige vinduer mod bygningens stille side eller ej, da en sådan mulighed har stor betydning for menneskers velbefindende. Fra et akustisk synspunkt er det egentligt negativt at kunne åbne vinduerne, da lydniveauet indendørs risikerer at blive højere, men af hensyn til andre indeklimakriterier er vinduer med mulighed for åbning ofte at foretrække.

#### AKU1: Beregning af Score

For alle opholdsrum findes score for det indendørs trafikstøjniveau ud fra Figur 4. Maksimum point gives for lydklasse A (=23 dB), minimum point gives for lydklasse D (=38dB) og herunder, jvf. grænser angivet i DS 490 (Dansk Standard, 2018b).

Der beregnes en gennemsnitsværdi for samtlige opholdsrum og køkken, som giver den endelige Score for denne parameter.

Herefter vurderes betydningen af vinduernes orientering i Tabel 9.



FIGUR 4. AKU1.1: BEREGNET INDENDØRS TRAFIKSTØJNIVEAU

Score	0	10
Oplukkeligt vindue mod stille side	Nej	Ja

TABEL 9. AKU1.2: FOREKOMST AF OPLUKKELIGT VINDUE MOD STILLE SIDE

Vægtning af kriterier – AKU1	Procent
AKU1.1: Trafikstøj, vej- og sportrafik	80%
AKU1.2: Mulighed for åbning af vindue mod stille side	20%

TABEL 10. AKU1: VÆGTNING AF KRITERIER

## AKU2: LYD I BYGNING MELLEM BOLIGER

### AKU2.1: Luftlydisolation

Luftlydisolationen for den boligadskillende væg skal vurderes. Væggens lydisolation beregnes/bedømmes ud fra tegninger eller informationer om væggen opbygning. Alle rum indtastes i IK-kompas. Eksempler på luftlydisolationen  $R'_w$  for boligadskillende vægge findes i Tabel 11. De nævnte konstruktioner er fundet i SBI-anvisning 243 (Rasmussen and Petersen, 2014b) hvor der også forefindes illustrationer af konstruktionerne. Yderligere værdier tilføjes løbende til værktøjet i takt med at disse frembringes.



Lydisolation for boligadskillende væg	$R'_w$ , [dB]
Beton	
- t=75 mm	46
- t=100 mm	49
- t=125 mm	52
Dobbelte skeletvægge med gipsplader	
- 1 lag gips på hver side + mineraluld	40
- 2 lag gips på hver side + mineraluld	50
Murstensvæg: 1½-stens væg i forbandt	55-59
Murstensvæg: 2*½-sten (2*120 mm) m. 100mm mineraluldsisolering	60
Massiv betonvæg 200 mm	55
2*100 mm massive betonvægge m. 60mm mineraluldsisolering	60
2*150mm porebetonvægge m. 60mm mineraluldsisolering	60
2*110 mm letklinkerbetonvægge	60
1/1-stens væg m. puds	52-54
¾-stens væg m. puds	48-50
½-stens væg m. puds	45-47
Bindingsværksvæg:	Ca. 42
Udmuret træskelet brædder m. puds	
Trelags bræddeskillevæg:	Ca.40
Tre lag krydslagte brædder m. puds	
Dobbelt bræddeskillevæg:	Ca. 35
To lag krydslagte brædder m. puds	
1/1-stens teglvæg med puds	52-54
¾-stens teglvæg med puds	48-50
½-stens teglvæg i forbandt med puds	45-47
1/1-stens kalksandstensvæg med puds	52-54
¾-stens kalksandstensvæg med puds	48-50

**TABEL 11. AKU2.1: EKSEMPLER PÅ LYDISOLATION  $R'_w$  FOR BOLIGADSKILLEND E VÆG. KILDE: SBI-ANVISNING 243, TABELLERNE 13, 16 OG 22 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014B). DATA FOR BETON OG DOBBELTE SKELETVÆGGE ØVERST I TABELLEN ER FRA ANDRE KILDER.**

#### AKU2.2: Trinlyd

Vurdering af hhv. trinlydniveau og trinlyddæmpning skal udføres for alle opholdsrum og køkken. Bemærk at *trinlydniveauet* er et mål for hvor kraftigt lydniveau der opleves i et rum, når en kalibreret 'bankemaskine' påvirker et etagedæk/gulv ovenfra eller i andre omliggende boliger. Derfor er lave værdier godt og giver høj score.

*Trinlyddæmpningen* angiver, hvor meget en 'forbedring' af gulvet kan reducere trinlyden, altså vil høje dæmpninger give høje pointtal.

Begge størrelser er frekvensafhængige, men på samme måde som for luftlyd kan anvendes enkeltstørrelser  $L'_{n,w}$  og dæmpning  $\Delta L_w$  for at simplificere sammenligninger for normale bygningskonstruktioner. Trinlydforholdene vurderes ud fra tegninger af etageadskillelse og gulv. Eksempler på trinlydniveauer for etageadskillelser fremgår af Tabel 12. De nævnte



konstruktioner er fundet i SBI-anvisning 243 (Rasmussen and Petersen, 2014b), hvor der også findes illustrationer af konstruktionerne.

Trinlydniveau for etageadskillelse	$L'_{n,w}$ , [dB]
Beton	
- t=150 mm	75
- t=200 mm	70
Betonhuldæk	
- t=200 mm	85
- t=270 mm	80
Betonhuldæk 220mm m. nyt gulv	ca.53
Betonhuldæk 185mm m. trægulv på strøer på bløde brikker og nyt lydisolerende underloft	>53
Betonhuldæk 185mm m. nyt lydisolerende underloft	Ca. 53
Betonhuldæk m. trægulv på strøer på bløde brikker	56-58
Letklinkerbeton m. trægulv på bløde brikker	56-58
Træetageadskillelse uden indskudslag	75-80
Træetageadskillelse med intakt indskudslag	63-75
Betonhuldæk m. tykkelse 185-220mm og trægulv på strøer på bløde brikker	56-58
Letklinkerbeton m. tykkelse 180 mm og trægulv på strøer på bløde brikker	56-58
Træbjælkelag m. intakt lerindskud	63-75
Træbjælkelag m. isoleringsmateriale (lerindskud fjernet)	70-80
Træbjælkelag m. nyt lydisolerende overgulv	57-60
Træbjælkelag m. nyt lydisolerende underloft	53-56
Træbjælkelag m. ændret etageadskillelse og nyt gulv	50-56
Træbjælkelag m. ændret etageadskillelse og nyt loft	54-56
Massivt betondæk m. trægulv på strøer uden bløde brikker (90-120mm)	67-65
Massivt betondæk m. trægulv på strøer med bløde brikker (90-120-140mm)	63-60-58
Massivt betondæk m. betonafretning og korkfliser (90-120 mm)	70-68
Massivt betondæk m. betonafretning og linoleumsbelægning (90-120 mm)	80-80
Hulstendæk m. trægulv på strøer uden bløde brikker	70
Hulstendæk m. trægulv på strøer med bløde brikker	63
Hulstendæk m. betonafretning og korkbelægning	70
Hulstendæk m. betonafretning og linoleumsbelægning	80
Betondæk 90-120mm tykt m. nyt trægulv på strøer på trinlyddæmpende brikker	60-63
	55-58
Betondæk 90-120mm tykt m. nyt gulv	62-67
	57-62
Betondæk m. eksisterende trægulv på strøer på bløde brikker og nyt lydisolerende underloft	51-53
Betondæk m. nyt gulv og nyt lydisolerende underloft	48-53

**TABEL 12. AKU2.2: EKSEMPLER PÅ TRINLYDNIVEAU FOR ETAGEADSKILLELSE. KILDE: SBI-ANVISNING 243, TABELLERNE 11-12, 14-15, 17-18 (RASMUSSEN AND PETERSEN, 2014B). DATA FOR BETON OG BETONHULDÆK ØVERST I TABELLEN ER FRA ANDRE KILDER.**

Eksempler på værdier for gulvbelægnings trinlyddæmpning findes i Tabel 13 Yderligere værdier tilføjes løbende til værktøjet i takt med at disse frembringes.



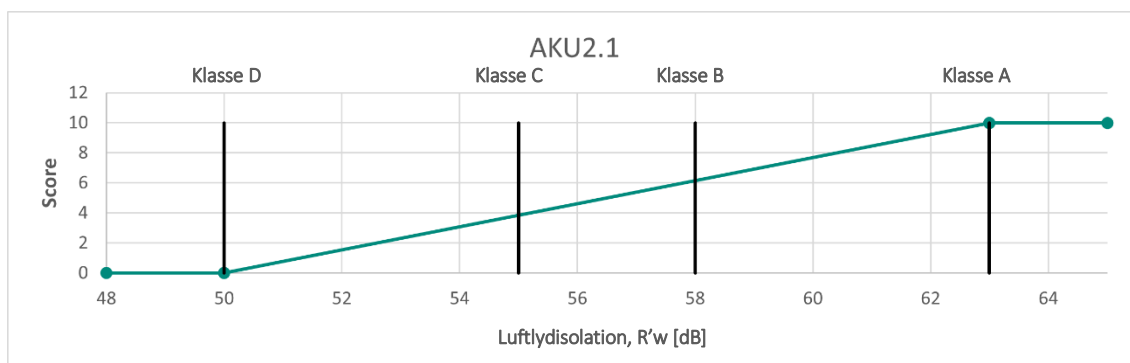
Trinlyddæmpning for gulvbelægning	$\Delta L_w$ , dB
Parketgulv med isolering	18
Parketgulv uden isolering	10
Vinyl/linoleum med isolering	15
Vinyl/linoleum uden isolering	2

TABEL 13. AKU2.2: EKSEMPLER PÅ TRINLYDDÆMPNING FOR GULVBELÆGNING.

### AKU2: Beregning af score

Luftlydisolation og trinlydniveau fastlægges i IK-kompas som en arealvægtet middelværdi for samtlige indtastede rum.

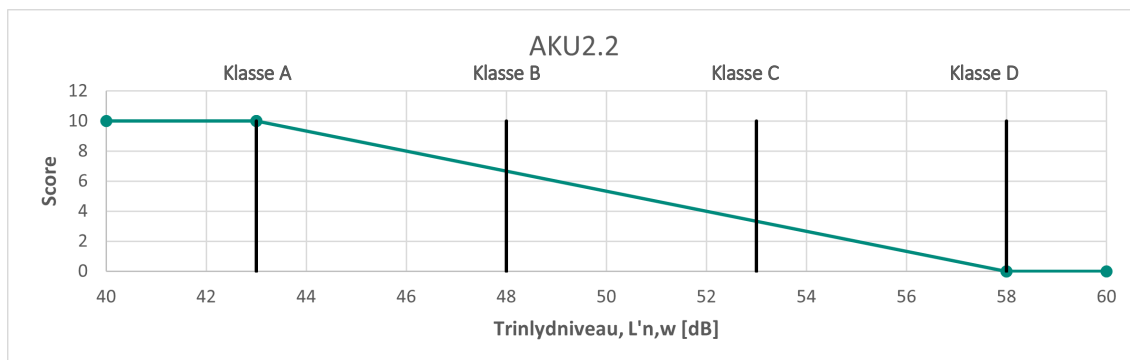
Bedømmelse af luftlydisolationen vurderes iht. Figur 5. Max point gives for lydklasse A, og minimum point gives for lydklasse D og herunder, jvf. grænseværdier angivet i DS 490 (Dansk Standard, 2018b).



FIGUR 5. AKU2.1: LUFTLYDISOLATION FOR BOLIGADSKILLENDE VÆG (DVS FRA LEJLIGHED TIL LEJLIGHED)

Beregning/bedømmelse af trinlydniveau udføres for alle opholdsrum og køkken i AKU2.2. Rummene vurderes separat iht. Figur 6. Max point gives for lydklasse A, minimum point gives for lydklasse D og herunder, jvf. grænser angivet i DS 490 (Dansk Standard, 2018b).

Herefter beregnes en arealvægtet gennemsnitsværdi for samtlige opholdsrum, som giver den endelige score for denne parameter.

FIGUR 6. AKU2.2: TRINLYDNIVEAU  $L'_{n,w}$ 

Vægtning af kriterier – AKU2	Procent
AKU2.1: Luftlyd	50 %
AKU2.2: Trinlyd	50 %

TABEL 14. AKU2: VÆGTNING AF KRITERIER

### AKU3: LYD I BOLIG

AKU3 vedrører dels støj i egen bolig fra tekniske installationer i egen eller andre boliger i bygningen, dels akustikken i opholdsrum. Opfattelse af lyd og tale (taleforståelighed) i boligen vil afhænge af efterklangstiden. Begge emner behandles i det følgende.

#### AKU3.1: Tekniske installationer

For de tekniske installationer udføres en skematisk bedømmelse baseret på, hvilke installationer der findes i bygningen og i lejligheden. Vurderingen foretages for lejligheden, ikke det enkelte værelse, og er baseret på, om installationen findes eller ej.

Der vurderes på lyd fra mekanisk ventilation, elevator i trappeopgang og synlige afløbsrør, som alle kan give støjgener i boligen.

#### AKU3.2: Efterklangstid

Efterklangstiden i en bolig vil både afhænge af de akustiske tiltag, der er foretaget på eller i boligens overflader (gulv, vægge og loft) og af møbleringen af boligen. Tidligere tiders indretning med tunge møbler med bløde overflader, gardiner og gulvtæpper dæmpede umiddelbart effektivt og havde en positiv indflydelse på efterklangstiden, men med nyere indretning uden tæpper og gardiner og med mange flere lyd hårde overflader bliver udgangspunktet for en behagelig efterklangstid pludselig vigtig, dvs. dæmpning via boligens overflader, bl.a. i form af akustiklofter.

AKU3.2 vurderes i IK-kompas ud fra efterklangstiden ( $T_{\text{middel}}$ ) i det let møblerede rum, som beregnes vha. Sabines Formel, se fx DS/EN 12354-6 (Dansk Standard, 2004) og formel nedenfor. Let møblering er antaget til at give et absorptionsareal  $A_{\text{møbel}}$  svarende til 17 % af gulvarealet (se



beregning af dette i Bilag 2, Fastlæggelse af absorptionsareal for rum med let møblement).  $V_{rum}$  er rummets volumen [ $m^3$ ] og  $A_{rum}$  er absorptionsarealet for rummets overflader [ $m^2$  Sabine]. Værdier for møblement følger Annex E i DS/EN 12354-6 (Dansk Standard, 2004).

$$T_{\text{middel}} = 0,163 * V_{\text{rum}} / (A_{\text{rum}} + A_{\text{møbel}}) \quad (3)$$

Der vurderes for alle lejlighedens opholdsrum samt køkken. Score gives som middelværdi for disse rum.

### AKU3: Beregning af score

Vurdering af AKU3.1 foretages for lejligheden (ikke de enkelte værelser), dvs. hvorvidt installationen findes i bygningen/lejligheden eller ej. Score gives ud fra følgende logik:

- Ja, installationen findes, vi ved, at der forekommer støj
- Ja, installationen findes, men kan være lydløs
- Nej, installationen findes ikke, altså forekommer der ingen støj – alternativt at installationen er lydløs

Score	0	1	2	3	4	6
Ventilation	Mekanisk ventilation uden lyddæmpning		Ingen mekanisk ventilation		Lyddæmpning findes, ved ét centralt aggregat	Lyddæmpning findes lokalt for alle værelser
Elevator i trappeopgang	Ja		Ja, med lyddæmpende tiltag	Nej		
Synlige afløbsrør	Ja	Nej				

TABEL 15. AKU3.1: SCORING AF TEKNISKE INSTALLATIONER

For at få det endelige pointantal for AKU3.1 lyd fra tekniske installationer summeres pointene fra de 3 indgående parametre.

**Efterklangstiden** vurderet i AKU3.2 scores ud fra Tabel 16. IK-kompas interpolerer mellem værdier gående fra 0 til 10 point. Denne score gælder beboernes oplevelse af rumakustikken, dvs. primært hvorledes deres egen lydfrembringelse og kommunikation opleves og sekundært den effekt, at det også har betydning for, hvor kraftig udefra kommende lyd og lyd fra faste installationer opleves indendørs.



<i>Score/ Rumvolumen</i>	<i>T<sub>middel</sub></i>
0 point	0,8s
5 point	0,6s
10 point	0,4s

TABEL 16. AKU3.2: SCORING AF EFTERKLANGSTID,  $T_{\text{MIDDEL}}$ , VURDERET FOR LET MØBLERET RUM. DER KAN INTERPOLERES MELLEMLER VÆRDIERNE.

Vægtning af kriterier – AKU3	Procent
AKU3.1: Tekniske installationer	60%
AKU3.2: Efterklangstid	40%

TABEL 17. AKU3: VÆGTNING AF KRITERIER

## AKU4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET

Beboernes umiddelbare muligheder for at påvirke og forbedre det akustiske indeklima er meget begrænsede, da dette kræver ændringer i selve bygningskonstruktionen eller møbleringen i boligen, ændringer som ikke umiddelbart kan foretages ved simpel justering. For nogle beboere opleves positivt at kunne åbne vinduet og høre lydene uden for deres bolig, fx fuglekvidder eller børn, der leger i gården. Derfor tages dette med som parameter, men på grund af de begrænsede muligheder for justering inden for dette område udgør AKU4 kun en mindre del af de samlede AKU-parametre ved sammenvægtning.

AKU4.1: Mulighed for åbning af vinduer i flere rum

Dette kriterie tager hensyn til, om der findes oplukkelige vinduer i et eller flere rum i boligen.

AKU4: Beregning af score

Scoren for AKU4.1 fastlægges i Tabel 18. Er der kun to facader, som det oftest er tilfældet i etageboliger, gælder dette som "alle facaderetninger", og dermed 10 point.

<i>Score</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>7,5</i>	<i>10</i>
<i>Placering og antal af vinduer, der kan åbnes</i>	Ingen mulighed for åbning af vinduer	Vinduesåbning i én facade mulig	Vinduesåbning i flere facader mulig	Vinduesåbning i alle facaderetninger mulig

TABEL 18. AKU4.1 MULIGHED FOR ÅBNING AF VINDUER.

Vægtning af kriterier – AKU4	Procent
AKU4.1: Mulighed for åbning af vinduer	100%

TABEL 19. AKU4: VÆGTNING AF KRITERIER





## ATM: Atmosfærisk Indeklima

Det atmosfæriske indeklima handler, som betegnelsen indikerer, om luften i indeklimaet. Da vi mennesker indånder luft, har det atmosfæriske indeklima stor betydning for vores sundhed og komfort. Luftens kvalitet afhænger af eksempelvis indholdet af ilt, fugt, lugtstoffer og af forureninger som partikler og kemiske stoffer. Indholdet af fx forureninger i indeluften afhænger af udeluftens kvalitet, af påvirkninger fra bygningen og aktiviteten i bygningen.

*Udeluften* er i Danmark generelt af høj kvalitet. Derfor vil det som hovedregel altid forbedre indeklimaet at lufte ud i sin bolig. Udeluften indeholder dog stadig forureninger i større eller mindre grad, som påvirker luftkvaliteten indendørs. I byer er forureningen af udeluften fx højere end på landet, og derfor har bygningens geografiske placering betydning for luftkvaliteten.

*Luftkvaliteten inden døre påvirkes i høj grad af bygningen.* Bygninger er udformet og/eller udstyret, så der kan ske en udveksling af luften imellem inde og ude, eksempelvis ved hjælp af vinduerne eller et ventilationssystem. Typen af ventilation (naturlig eller mekanisk) kan være mere eller mindre afhængig af interaktion med bygningens brugere, og er dermed mere eller mindre robust i forhold til uhensigtsmæssig brug. Derudover kan fx et ventilationssystem omfatte hele boligen eller kun en del af den, fx alene udsugning fra emhætte og badeværelse. Disse forhold har betydning for sandsynligheden for en god luftkvalitet. Bygningen påvirker desuden luftkvaliteten i kraft af de byggematerialer, som bygningen består af. Overfladerne i boligen afgasser kemiske stoffer i større eller mindre grad. Indbyggede materialer kan også afgasse kemiske stoffer til indeklimaet. Materialer afgasser kemiske stoffer i kortere eller længere tid. Nogle materialer kan afgasse problematiske stoffer i årtier, andre afgasser på få uger. Nogle materialer begynder at afgasse kemi, når de en dag begynder at blive nedbrudt, enten pga. alder eller på grund af forkert eller manglende vedligehold. Kemiske stoffer kan have stor betydning for menneskers komfort og sundhed.

Luftkvaliteten påvirkes ligeledes af de *aktiviteter, der foregår i bygningen*. De aktiviteter der normalt er i boliger tilfører eksempelvis fugt, mados og røg til indeluften. Fugt fra fx badning for åben dør eller tøjtørring indenfor kan i grelle tilfælde resultere i skimmelvækst, der kan give sundhedsmæssige gener. For høj luftfugtighed kan desuden påvirke vores oplevelse af luftkvaliteten. Madlavning er en væsentlig kilde til tilførsel af både fugt, partikler, kemiske stoffer og lugtstoffer. Derfor har det stor betydning for luftkvaliteten, hvordan madosen fjernes fra indeklimaet, og hvilken kilde der anvendes til at tilberede maden. Ved madlavning sker altid en form for afbrænding, hvilket kan tilføre store mængder partikler og kemiske stoffer til luften.

Det er vigtigt for brugernes oplevelse af komfort, at de selv har *mulighed for aktivt at påvirke deres indeklima*. Derfor evalueres mulighederne for brugerstyring af det atmosfæriske indeklima som en selvstændig parameter, ud fra hvilke handlemuligheder brugerne har, og om mulighederne er brugervenlige.



## Vurdering af det atmosfæriske indeklima i IK-kompas

Det atmosfæriske indeklima vurderes ud fra mulighederne for at fjerne fugt og forurening fra boligen, og dermed boligens "potentiale" for at opnå et godt atmosfæriske indeklima, samtidig med at scoringen tilstræbes at være robust over for usikkerheden i forudsætningerne.

Overblik over vurdering af det atmosfæriske indeklima fremgår af Tabel 20.

Parametrene skal vægtes iht. det angivne, for at udregne den endelige score for det atmosfæriske indeklima.

Parameter		Kriterie		Vægtning
ATM1	Påvirkning fra udeluft	1.1	Kvalitet af udeluft (filtrering/partikelniveau)	15%
ATM2	Påvirkning fra bygning og materialer	2.1a	Ventilationssystem/serviceaftaler	35%
		2.1b	Naturlig ventilation	
		2.2	Ventilation af badeværelse	
		2.3	Lav-emitterende materialer	
ATM3	Påvirkning fra aktiviteter i boligen	3.1	Tøjtøringsmuligheder	30%
		3.2	Emhætte i køkken	
		3.3	Komfur og ovn	
ATM4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1	Mulighed for øget ventilation, naturlig	20%
		4.2	Mulighed for øget ventilation, mekanisk	
		4.3	Mulighed for automatisk styring af ventilation	

TABEL 20. PARAMETRE TIL VURDERING AF DET ATMOSFÆRISKE INDEKLIMA

Vægtningen imellem påvirkning fra udeluft, påvirkning fra bygning, påvirkning fra aktiviteter og muligheder for brugerstyring er henholdsvis 15%/35%/30%/20%.

Ventilation, udeluft, materialer og brug hænger sammen:

Mere ventilation fører til:

- et mere tørt indeklima og dermed mindre risiko for skimmelvækst.
- lavere koncentration af forurening fra indendørs kilder, men mere fra trafik og andre kilder udenfor, hvis ikke dette håndteres med filtrering af luften.

Mindre ventilation fører til:

- øget risiko for skimmelvækst.
- højere koncentration af forurening og fugt fra indendørs kilder, men færre partikler udefra.

I det følgende gennemgås parametrene enkeltvis, og det beskrives hvordan kriterierne skal evalueres.



## ATM1: PÅVIRKNING FRA UDELUFT

### ATM1.1: Kvalitet af udeluft (filtrering/partikelniveau)

Vurdering af partikler fra udeluften baseres på 1) information om partikelforurening baseret på lokation i Danmark (partikelemissionslandkortet) og 2) typen af filter, som benyttes i et eventuelt ventilationssystem.

Ved **mekanisk ventilation** benyttes filterklasse for filtret til filtrering af udeluften (EN ISO 779) samt hvorvidt der er serviceaftale<sup>1</sup> for skift af filtre. En filterklasse er et udtryk for filterets type og formål. Filtre inddeles efter deres evne til at tilbageholde partikler i forskellige størrelser. Ved **naturlig ventilation** antages ingen filtrering, og scoren vil i dette tilfælde udelukkende afhænge af udeluftkvaliteten.

Kvaliteten af udeluft vurderes ud fra niveauet af PM<sub>2,5</sub> med en grænseværdi for mindste score ved 15 µg/m<sup>3</sup>, som anbefales af Well air quality standards (International Well Building Institute, 2019). WHO's anbefalede værdi er 10 µg/m<sup>3</sup> (World Health Organization WHO, 2019), hvilket svarer til 5 point i IK-kompas. Niveauet af PM<sub>2,5</sub> på adressen findes ud fra partikelemissionslandkortet lavet af Nationalt Center for Miljø og Energi på baggrund af BBR-registret, emissionstal for lokale og regionale spredningsmodeller for trafik, luftkvalitet og baggrundskoncentrationer samt gps-, gis- og meteorologiske data (<http://lpdv-en.spatialsuite.dk/spatialmap>). Modellen indeholder luftforurening fra trafik og brændeovne.

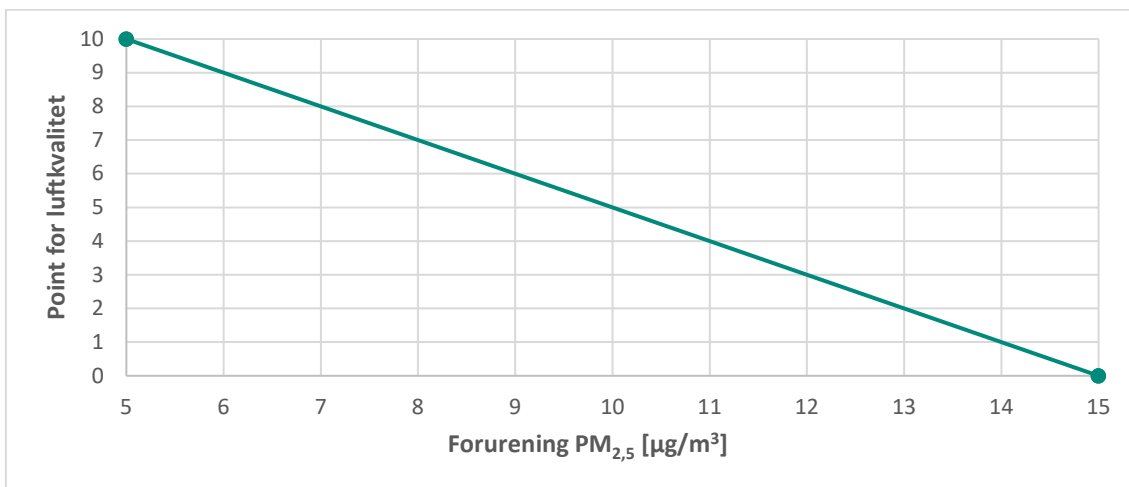
De beregnede partikelkoncentrationer fra partikelemissionslandkortet er blevet sammenlignet med målte koncentrationer fra 5 stationer i Danmark og det er vurderet, at usikkerheden for de beregnede koncentrationer er større i områder med meget trafik i forhold til områder med meget lidt trafik. Beregningsmodellen undervurderer forureningen i området tæt på fx motorveje og jernbanestrækninger, hvor der kører dieseltog. Desuden er andelen fra brændeovne mere jævn fordelt end det forventes at være i virkeligheden, da der ikke findes data for præcis placering af brændeovne i husstandene.

### ATM1: Beregning af score

Beregning af score for påvirkninger fra udeluft beregnes samlet for hele bygningen med udgangspunkt i "point for luftkvalitet", som korrigeres ift evt. filtrering. PM<sub>2,5</sub> aflæses som årlig middelkoncentration fra partikelkort.

---

<sup>1</sup> Ved serviceaftale menes der, at der findes fast aftale for skiftning af filtre, fx via eksternt servicefirma eller plan for filterskift via varmemester.



FIGUR 7. ATM1.1 FASTLÆGGELSE AF "POINT FOR LUFTKVALITET"

Filterklasse	Forøgelsesfaktor	
	Uden serviceaftale/naturlig ventilation	Med serviceaftale for filterskift
Ingen filtrering	1	1
G (G1-G4) Groft	1	1,2
M (M5-M6) Medium	1	1,5
F (F7-F9) Fint + højere	1	2

TABEL 21. ATM1.1 FASTLÆGGELSE AF FORØGELSESFAKTOR PÅ BAGGRUND AF VENTILATIONSTYPE, FILTERTYPE OG EVT. SERVICEAFTALE.

Score beregnes som

$$\text{point for luftkvalitet} * \text{forøgelsesfaktor} \quad (4)$$

Dog max. 10 point.

Vægtning af kriterier – ATM1	Procent
ATM1.1: Kvalitet af udeluft (filtrering(partikelniveau)	100%

TABEL 22. ATM1: VÆGTNING AF KRITERIER

## ATM2: PÅVIRKNING FRA BYGNING OG MATERIALER

Denne parameter scores ud fra muligheden for luftskifte i boligen (dvs. ventilation og infiltration), hvordan det tilvejebringes samt de materialer og overflader, der vender mod indeklimaet. Det skelnes i ATM2 mellem mekanisk ventilation, som omfatter vurdering af ventilationssystem/serviceaftale samt Lav-emitterende materialer (ATM2.1a og ATM2.3), og naturlig ventilation, som omfatter vurdering af mængden af naturlig ventilation, ventilation af badeværelse og lav-emitterende materialer (ATM2.1a, ATM2.2 og ATM2.3).



#### ATM2.1a: Ventilationssystem/serviceaftale

Der skelnes mellem flere typer af ventilationssystemer, som her kan være enten:

- Mekanisk ventilation med balanceret indblæsning og udsugning (med og uden behovsstyring)
- Automatisk styret naturlig ventilation.

Et eksempel på automatisk styret naturlig ventilation kan være vinduer med påmonterede motorer og sensorer, der åbner vinduerne ift. fx CO<sub>2</sub> koncentrationen i rummet.

Der skelnes i vurderingen ikke mellem forskellige typer af styringssystemer for ventilationsanlæggene, som DCV, CAV, VAV mv. da den optimale løsning afhænger af det aktuelle projekt.

#### ATM2.1b: Naturlig ventilation

Ventilationsrate fra naturlig ventilation beregnes via input i IK-kompas på baggrund af ASHRAE's metode for infiltration gennem bygningens utætheder (jf. ASHRAE 2009). Metoden er baseret på målinger af det effektive åbningsareal ("effective leakage area") i forbindelse med blowerdoor test. Metoden her er tilpasset til at beregne det totale areal af aftrækskanaler, ventiler i vægge og ventiler i vinduer. Den er simplificeret på den måde, at alle kanaler og ventiler er antaget at have den samme "flow koefficient", hvilke afhænger af åbningens geometri. Den potentielle luftstrøm gennem disse åbninger er beregnet ud fra: 1) sammenlagt areal af alle naturlige ventilationsåbninger, 2) gennemsnitlige vindhastigheder fra vindkortet over Danmark, 3) gennemsnitlig årlig indendørs/udendørs temperaturforskel, 4) etage/højde over terræn og 5) hvor tæt bebyggelsen er/hvor eksponeret bygningen er for vind.

Den potentielt tilsigtede ventilationsrate, der kan tilskrives kanaler, ventiler og sprækker, er beregnet ud fra den teoretisk mulige luftstrøm og boligens (opvarmede) areal. Den potentielle ventilationsrate skal derfor forstås som en indikation og ikke den faktiske ventilationsrate i boligen, hvilket afhænger af boligens generelle utætheder (vægge, loftet, spjæld på emhætten og en eventuelt brændeovn), som der i denne beregning ses bort fra.

Bemærk, at der her er tale om naturlig ventilation uden styring i alle andre rum undtaget badeværelser.

Som retningslinje for hvornår hul/mellemrummet i døren til badeværelse er tilstrækkelig stort, tages der udgangspunkt i BR-krav som specificerer at: "Tilførsel af udeluft i bade- og wc-rum: Åbning mindst 100 cm<sup>2</sup> mod adgangsrum." [BR18 vejledning om ventilation, stk. 1.6, (Trafik-Bygge- og Boligstyrelsen, 2018)]. Dette vil ved en dørbredde på 70 cm svare det til højde af spalte på min. 1,4 cm.



### ATM2.2: Ventilation af badeværelse

Boligen scores ud fra, hvordan luften fjernes fra badeværelset. Hvis der i en bolig er flere af de beskrevne muligheder til stede eller flere badeværelser, afgøres ved registreringen hvilket badeværelse, der vil være best-case, og bruger dette til indtastningen.

Scoren vil afhænge af, om ventilationen er afhængig (mekaniske udsugning aktiveres manuelt eller badeværelset ventileres udelukkende ved at åbne et vindue) eller uafhængig (aftrækskanal eller automatisk styring) af brugeradfærd.

Der er desuden mulighed for at opnå tillægspoint, hvis den mekaniske udsugning (manuel, konstant eller automatisk-variabel) er omfattet af en serviceaftale<sup>2</sup>.

### ATM2.3: Lav-emitterende materialer

Tilførsel af nye materialer indendørs forringer luftkvaliteten i en periode, fordi de nye materialer kan afgasse flygtig organisk kemi. Afgasning fra gamle materialer kan også opstå, hvis materialernes fx vedligeholdes forkert eller nedbrydes pga. almindelig ælde og slitage.

De materialer der typisk anvendes i almene boliger, vil have aftagende afgasning med tiden.

Den reelle afgasning/luftkvalitet kan kun vurderes ved stikprøve/prøvetagning af luften og laboratorieanalyse af de kemiske stoffer i luften. Hvilke kemiske stoffer, hvilke koncentrationer der afgasser og *hvor længe* de afgasser, afhænger af mange forhold såsom materialetypen, mængden, temperaturen og luftskiftet i rummet.

IK-kompas vurderer potentialet for god luftkvalitet. I kriteriet ATM 2.3 gives derfor point for, at der er anvendt materialer i boligen, som er dokumenteret til at være lav-emitterende, uanset hvornår materialerne blev anvendt.

Et materiale anses for at være lav-emitterende, hvis materialet er mærket i henhold til en mærkningsordning, som kræver at materialet er testet og overholder krav til afgasning til luften. Afgasningen til luften dokumenteres typisk i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Følgende mærkningsordninger kan bruges:

- Asthma Allergy Nordic
- Dansk Indeklima Mærkning (DIM)
- M1
- EMICODE

---

<sup>2</sup> Ved serviceaftale menes der, at der findes fast aftale for skiftning af filtre, fx via eksternt servicefirma eller plan for filterskift via varmemester.



- Der Blaue Engel
- GUT (Kun gulvtæpper)
- Eurofins Gold Label
- GREENGUARD

Nogle ordninger stiller krav til indholdet af kemi i materialet, men ikke til test af selve afgangningen til luften, og disse nævnes derfor ikke på listen herover. Er byggeriet certificeret iht. DGNB eller Dansk Indeklima Mærkning (DIM), kan der opnås point idet ordningerne allerede stiller krav til test af afgangning.

Point for ATM2.3 gives, hvis der er anvendt dokumenterede lav-emitterende materialer ved alle omfattende ændringer i boligen indenfor det seneste år. Overflader med natursten, tegl, keramiske fliser, glas (dog ikke vinduer) og metal betragtes som lav-emitterende (baseret på M1-ordningen (*M1 criteria and the use of classified products - M1 Luokituspalvelu, 2019*)), selvom materialerne ikke er testet. Der kan derfor opnås point, hvis førnævnte materialer er anvendt.

Omfattende ændringer kan både være i form af tilførte materialer, som fx nye gulve, nyt fast inventar såsom køkkener og indbyggede skabe, men kan også være materialer til overfladebehandling fx maling, lak og olie. Det kan være gulv/væg/loft i ét værelse eller i alle værelser. Det antages at påvirkningen fra afgangning er skadelig uanset, om det er i et værelse eller flere. Point mistes dermed hvis udokumenterede materialer er anvendt. Tabel 23 viser de ændringer, der betegnes som omfattende.

Eksempel på omfattende ændring	Materiale som er lav-emitterende/mærket
Gulve er lakeret	Lakken
Alle vægge er malet i et eller flere rum	Grunder og maling
Lofter er malet	Grunder og maling
Nyt køkken	Køkkenskab
Nyt badeværelse	Grunder og maling

**TABEL 23. ATM2.3 EKSEMPEL PÅ HVILKE ÆNDRINGER DER BETEGNES SOM OMFATTENDE**

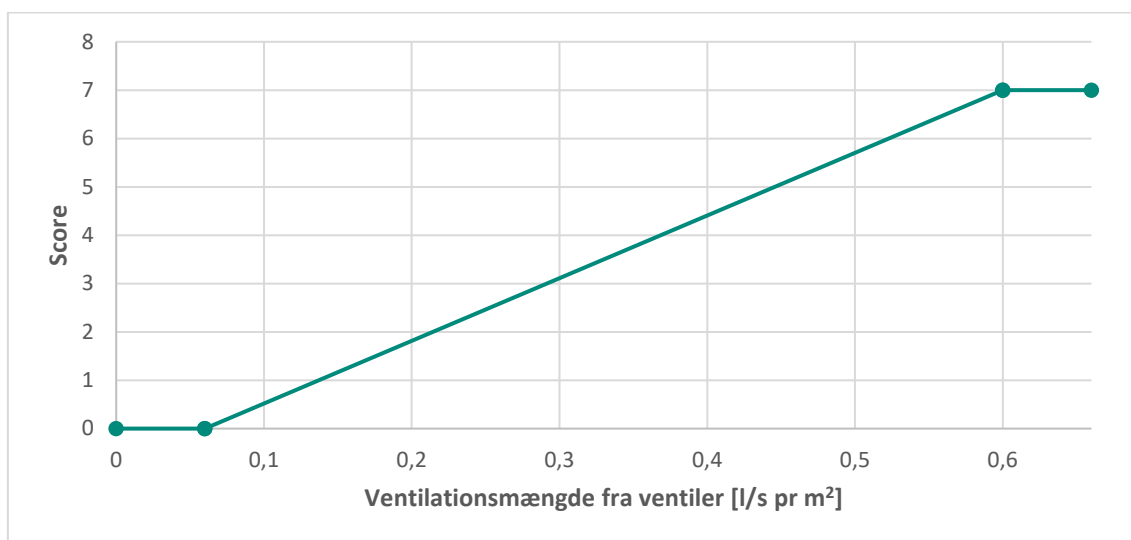
#### ATM2: Beregning af score

Der er to forskellige muligheder for vægtning inden for ventilation, afhængig af om boligen er fuldt naturlig eller mekanisk ventileret. Mekanisk ventilation, som omfatter vurdering af ATM2.1a og ATM2.3, evalueres via Tabel 24 og Tabel 27. Naturlig ventilation, som omfatter vurdering af ATM2.1b, ATM2.2 og ATM2.3, evalueres via Figur 8, Tabel 25, Tabel 26 og Tabel 27. De to forskellige vægtningsmetoder er forklaret i Tabel 28.



Score	0	4	5	6
Ventilationssystem	Ingen	Ventilation med mekanisk udsugning	Ventilation med balanceret indblæsning og udsugning uden behovsstyring	Ventilation med indblæsning og udsugning med behovsstyring eller automatisk styret naturlig ventilation.
Tillægspoint ved serviceaftale <sup>3</sup>		Serviceaftale om vedligehold (inkl. udskiftning af filtre og rensning af systemet)		

TABEL 24. ATM2.1A: VENTILATIONSSYSTEM/SERVICEAFTALER



FIGUR 8. ATM2.1B: NATURLIG VENTILATION – DELSCORE FOR VENTILATIONSMÆNGDE.

<sup>3</sup> Ved serviceaftale menes der, at der findes fast aftale, fx via eksternt servicefirma eller via varmemester.





<i>Score</i>	<i>1.5</i>
<i>Tillægspoint</i>	Mulighed for tværventilation
<i>Tillægspoint</i>	Hul/mellemrum i døren til badeværelse samt 6+ points for "Udsugning i badeværelset"

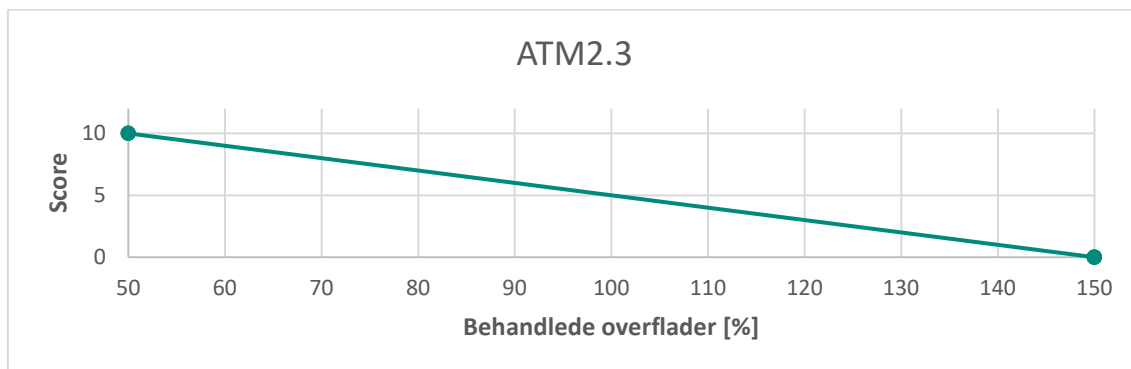
TABEL 25. ATM2.1B: NATURLIG VENTILATION - TILLÆGSPONT

<i>Score</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Udsugning i badeværelset</i>	Ingen (uden vindue)		Kun vindue, der kan åbnes, eller manuel udsugning f.eks. med kontakt, lys eller lign.)	Aftrækskanal (konstant aftræk)	*Konstant luftmængde (mekanisk ventilation, konstant udsugning)	*Variabel luftmængde (automatisk styret)
<i>Tillægspoint</i>		Serviceplan for mekanisk udsugning ved *				

TABEL 26. ATM2.2: VENTILATION AF BADEVÆRELSE . TILLÆGSPONT KUN MULIGT VED SCORE MARKERET MED \*

<i>Score</i>	<i>0</i>	<i>10</i>
<i>Nye materialer ved omfattende ændringer indenfor det seneste år</i>	Ja, men ikke lav-emitterende eller manglende information	Ja, alle omfattende ændringer er med dokumentation af lav-emitterende materialer  ELLER  Udført med natursten, tegl, keramiske fliser, glas (dog ikke vinduer) og metaloverflader  ELLER  Byggeriet er certificeret iht. DGNB eller Dansk Indeklima Mærkning (DIM)  ELLER  Der er ikke udført omfattende ændringer i boligens overflader eller tilført nye materialer indenfor det seneste år

TABEL 27. ATM2.3: LAV-EMITTERENDE MATERIALER



I de tilfælde hvor behandlede overflader uden dokumentation eller behandlede overflader som ikke er lav-emitterende medtages, multipliceres med en faktor 1,5. For behandlede overflader hvor dokumentation eksisterer eller hvor materialerne er lav-emitterende og ikke-behandlede overflader multipliceres med en faktor 0,5.

$$BO = (BO_{UM} * 1,5 + BO_{MM} * 0,5) / O \text{ [%]} \quad (5)$$

Her er BO behandlede overflader, indeks UM er overflader behandlet med overfladebehandling uden mærkningsordning eller ikke lav-emitterende overfalde, indeks MM er overflader behandlet med overfladebehandling med mærkningsordning, lav-emitterende materialer eller ikke overfladebehandlet indenfor det seneste år og O er antal overflader i boligen.

Som nævnt er der to forskellige muligheder for vægtning inden for ATM2, da nogle ventilationsløsninger gør det mindre relevant at vurdere de øvrige. Hvis der for eksempel findes mekanisk ventilation med balanceret indblæsning og udsugning, så skal der ikke straffes for manglende aftrækskanaler eller tværv ventilation. Hvis der er balanceret mekanisk ventilation med indblæsning og udsugning, er der højst sandsynligt også udsugning fra badeværelset, og det er derfor ikke nødvendigt at score kriteriet "Udsugning i badeværelse".

Da naturlig ventilation vurderes mindre effektiv og robust end mekanisk ventilation korrigeres desuden med en faktor på 0,8 for naturlig ventilation før den endelig score for kriteriet findes, jvf Tabel 28.

Vægtning af kriterier – ATM2	Procent	
	JA	NEJ (med faktor for vent. 0.8)
Ventilationssystem/serviceaftaler	70 %	-
Naturlig ventilation	-	35 %
Ventilation af badeværelse	-	35 %
Lav-emitterende materialer	30 %	30 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>(70 % x 0.8) + 30 % = 86 %</b>

TABEL 28. ATM2: VÆGTNING AF KRITERIER



## ATM3: PÅVIRKNING FRA AKTIVITETER I BOLIG

Fokus i ATM3 er på forureningskilderne til fugt og partikler, der opstår som følge af de aktiviteter, der er i boligen. Fugtbelastningen i en bolig kommer primært fra personer i boligen og derudover fra madlavning og tøjtørring. Partikler og kemiske stoffer kommer typisk fra madlavning samt brændeovne (når dette er relevant).

### ATM3.1: Tøjtørringsmuligheder

Jo flere tøjtørringsmuligheder der ikke belaster boligens indeklima, jo flere point kan der opnås, da flere muligheder øger sandsynligheden for at fugttilførslen ikke bliver kritisk i boligen. Tøjtørringsmuligheder uden for boligen kan fx være velventilerede tørreskabe i kælder eller loftsrum, vaskerum og overdækkede tørrefaciliteter.

### ATM3.2: Emhætte i køkken

Tilstedeværelsen af en emhætte reducerer mængden af partikler og fugt fra madlavningen i boligen. Det er vigtigt at emhætten er effektiv til at opfange em og er placeret hensigtsmæssigt. Ifølge Bygningsreglementets vejledning angives en emopfangsevne på 75 pct. eller højere iht. DS/EN 61591 eller DS/EN 13141-3 som vejledning til en effektiv emhætte. (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, 2018)

Der skelnes i IK-kompas mellem emhætte med aftræk til det fri og emhætte med recirkulering af luft. Sidstnævnte kræver dispensation fra BR, men medtages, da disse typer forekommer og det, i et indeklimateæssigt perspektiv, er bedre med recirkulering end ingen emhætte. Der er mulighed for et tillægspoint, hvis udlejeren har en serviceaftale og/eller vedligeholdelsesplan for udskiftning og rengøring af filtre i emhætten, fx på årlig basis, ved fraflytning/tilflytning af beboere eller ved indikation af behov for rensning af filter direkte på emhætte.

### ATM3.3: Komfur og ovn

Brug af gas til madlavning forurener indeklimateet med kemiske stoffer og partikler. Der tilskyndes via pointsystemet til at undgå gaskomfurer, da disse er særligt belastende for indeklimateet (Alm, Mukala and Jantunen, 2006; Paulin *et al.*, 2014; Mullen *et al.*, 2016; Zhao and Zhao, 2018).

### ATM3: Beregning af score

Beregning af score for ATM3 foretages ud fra Tabel 29 til Tabel 32.



Score	0	5	10
Tøjtørringsmuligheder	Ingen	Tørretumbler leveret af bygningsejeren/udlejerens  ELLER  Tøjtørringsmuligheder udenfor boligen	Tørretumbler leveret af bygningsejeren/udlejerens  OG  Tøjtørringsmuligheder uden for boligen.

TABEL 29. ATM3.1 TØJTØRRINGSMULIGHEDER

Score	0	1	3	9
Emhætte	Ingen		Recirkulering/filter	Udsugning
Tillægspoint		Regelmæssig udskiftning og rengøring af filtre v/ hhv. recirkulering eller udsugning		

TABEL 30. ATM3.2 EMHÆTTE I KØKKEN

Score	0	10
Komfur eller ovn	Gas	El

TABEL 31. ATM3.3 KOMFUR OG OVN

Vægtning mellem kriterierne i ATM3 fremgår af Tabel 32.

Vægtning af kriterier – ATM3	Procent
ATM3.1: Tøjtørringsmuligheder	30%
ATM3.2: Emhætte i køkken	50%
ATM3.3: Komfur og ovn	20%

TABEL 32. ATM3: VÆGTNING AF KRITERIER

## ATM4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET

Beboernes mulighed for at påvirke og forbedre det atmosfæriske indeklima ved forskellige justeringer i boligen vil øge tilfredsheden med det opnåede indeklima. Det er derfor væsentligt også at inddrage dette i IK-kompas-vurderingen. Ved atmosfærisk komfort vil dette hovedsageligt være muligheden for at øge luftskiftet i boligen på naturlig eller mekanisk vis. Herudover inddrages brugervenlighed i vurderingerne ud fra hvor let det er at foretage ændring af indeklimaet for hvert enkelt tiltag.

### ATM4.1: Mulighed for øget ventilation, naturlig

Åbning af vinduer kan forbedre luftkvaliteten i boligen gennem øget fortynding af forurening og fugt i indeluften. Det er en fordel, hvis der kan etableres gennemtræk i boligen, i forhold til tilfældet, hvor der kun kan åbnes vinduer i den ene side af boligen (ensidig udluftning), da dette



er mere effektivt i forhold til bortventilering af forurenede og fugtig indeluft. Det er desuden en fordel at kunne have vinduerne i beboelsesrum åbne når boligen står tom, eller om natten, for øget ventilation. Dette vurderes muligt, når vinduerne er "beskyttede" (dvs. vinduer, der ligger over stueetage eller mod lukket gårdrum eller have). Der vurderes for alle opholdsrum samt køkken eller køkken/alrum.

#### ATM4.2: Mulighed for øget ventilation, mekanisk

Forceret luftskifte i opholdsrum (stue og værelser) opnået med mekanisk ventilation kan være med til at forbedre luftkvaliteten i boligen gennem øget fortynding af forurening og fugt i indeluften. Forceret luftskifte kan fx opnås ved tryk på en knap til overstyring af basisventilationen eller ved fast indstilling med øget grundluftskifte over en længere periode.

#### ATM4.3: Mulighed for automatisk styring af ventilation

For atmosfærisk komfort vil en automatisk styring ift CO<sub>2</sub> (behovsstyring) eller fugt sikre en bedre luftkvalitet. Set fra et brugerperspektiv anses det dog for en kvalitet, at brugeren har mulighed for at overstyre de angivne setpunkter på en let tilgængelig måde. Ved let tilgængelig forstås display på væg i bolig eller let tilgængelig menu på ventilationsanlæg.

#### ATM4: Beregning af score

Beregning af score for ATM4 foretages ud fra Tabel 33 til Tabel 35.

Score	0	5	7	10
Mulighed for øget ventilation, naturlig	Ingen mulighed	Ensidig ventilation, når beboer er til stede	Gennemtræk (eller evt. termisk opdrift) når beboer er til stede  <b>ELLER</b>  Ensidig ventilation, når beboer IKKE er til stede eller sover (tyverisikret)	Gennemtræk (eller evt. termisk opdrift) når beboer IKKE er til stede eller sover (tyverisikret)

TABEL 33. ATM4.1 SCORING AF MULIGHED FOR MULIGHED FOR ØGET NATURLIG VENTILATION

Score	0	5	10
Mulighed for øget ventilation, mekanisk	Ingen mulighed for overstyring  <b>ELLER</b>  Ingen mekanisk ventilation	Tidsbegrænset forcering (fx tryk på booster-knap)	Tidsbegrænset forcering og Fast forcering (fx ved indstilling af trin)

TABEL 34. ATM4.2 SCORING AF MULIGHED FOR MULIGHED FOR ØGET MEKANISK VENTILATION



<i>Score</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>8</i>	<i>10</i>
<i>Mulighed for automatisk styring af ventilation</i>	Ingen	Automatisk efter fugt (låst setpunkt)	Automatisk efter fugt og CO <sub>2</sub> (låst setpunkt)	Automatisk efter fugt og CO <sub>2</sub> med manuel overstyring (nemt bruger-interface)*

TABEL 35. ATM4.3 SCORING AF EKSTRA VENTILATION (\* SE UDDYBNING I AFSNIT ATM4.3)

Vægtning mellem kriterierne i ATM4 fremgår af Tabel 36.

Vægtning af kriterier – ATM4	Procent
ATM4.1: Mulighed for øget ventilation, naturlig	30%
ATM4.2: Mulighed for øget ventilation, mekanisk	40%
ATM4.3: Mulighed for automatisk styring af ventilation	30%

TABEL 36. ATM4 SAMMENVÆGTNING AF SCORE



## TER: Termisk Indeklima

Det termiske indeklima omfatter de parametre, der påvirker menneskets varmebalance. Det er parametrene luft- og strålingstemperatur, lufthastigheden og turbulensintensitet og i mindre grad luftfugtigheden.

Det termiske indeklima i IK-kompas (TER) har fokus på termisk komfort, som er defineret ved den tilstand, hvori man udtrykker tilfredshed med de termiske omgivelser. Diskomfort eller utilfredshed kan skyldes, enten at omgivelserne er for varme eller for kolde for kroppen som helhed, eller det kan skyldes en uønsket lokal opvarmning eller afkøling af enkelte kropsdele, f.eks. kolde fødder, varmt hoved eller træk i nakken.

Undersøgelser af indeklimaet i boliger har vist, at der ofte er utilfredshed med dele af det termiske indeklima. De største udfordringer ligger i temperaturen om sommeren og vinteren samt at undgå gener på grund af træk. Herudover kan der opleves ubehag på grund af varierende rumtemperatur og strålingsasymmetri (forskel i overfladetemperatur), fx ved ophold tæt på et vindue med kraftigt solindfald eller ved store lodrette temperaturforskelle pga. kolde eller varme gulve.

*Temperaturen om sommeren* kan i boligen blive ubehagelig høj på grund af manglende solafskærmning, store vinduer mod solen og utilstrækkelig ventilation, og der kan opleves problemer med temperaturstigninger i dagens løb.

*Temperaturen om vinteren* kan i en bolig blive ubehagelig lav på grund af at kold udeluft, der trænger gennem utætheder eller at varmesystemet ikke kan tilføre tilstrækkelig varme.

*Træk* kan, især om vinteren, medføre ubehag i form af uønsket lokal afkøling af kroppen hidrørende fra luftbevægelse. Det kan f.eks. skyldes kuldenedfald fra store vinduer eller kold udeluft, der trænger gennem utætheder.

Det er vigtigt for brugernes oplevelse af komfort at de selv har mulighed for aktivt at påvirke deres indeklima. Derfor evalueres *brugernes muligheder for justering af det termiske indeklima* som en selvstændig parameter, ud fra hvilke handlemuligheder brugerne har, og om mulighederne er brugervenlige.

## Vurdering af termisk indeklima i IK-kompas

Som for de øvrige indeklimaparametre, vurderes boligens "potentiale" for at opnå et godt termisk indeklima, samtidig med at scoringen tilstræbes at være robust overfor usikkerheden i forudsætningerne. Det termiske indeklima vurderes ud fra muligheden for at sikre, at bygningen hverken bliver for varm om sommeren eller for kold om vinteren. Overblik over vurdering af det termiske indeklima fremgår af tabellen herunder.



Parameter		Kriterie	Vægtning
TER1	Temperatur, sommer	1.1 Sommerkomfort 1.2 Overfladetemperatur, sommer	30%
TER2	Temperatur, vinter	2.1 Varmekilder 2.2 Overfladetemperatur, vinter	25%
TER3	Trækgener	3.1 Utætheder 3.2 Kuldene-fald 3.3 Ventilation	20%
TER4	Brugerens mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Mulighed for øget ventilation, naturlig 4.2 Mulighed for øget ventilation, mekanisk 4.3 Mulighed for automatisk styring af ventilation 4.4 Udvendig solafskærmning 4.5 Køling 4.6 Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov	25%

TABEL 37. PARAMETRE TIL VURDERING AF DET TERMISKE INDEKLIMA

I det følgende gennemgås parametrene enkeltvis og det beskrives hvordan kriterierne skal evalueres.

## TER1: TEMPERATUR, SOMMER

### TER1.1: Sommerkomfort

Vurdering af parameteren 'Temperatur sommer' tager udgangspunkt i samme Sommerkomfort-beregning, som benyttes i Be18 (Aggerholm and Grau, 2018), men i udbygget form udviklet til IK-kompas, hvor ventilationsmængden kan variere over døgnet og typen af solafskærmning indgår (se nedenfor).

Som luftskifte i beregningen tages udgangspunkt i en basis-vinterventilation, som forøges ud fra muligheder for åbning af vinduer eller andre åbninger i boligen. Samtidig vurderes muligheder for at have åbne vinduer forskellige tider på døgnet (dag, aften, nat), ift sikkerhed af åbningen (ubeskyttet: stueetage, vinduer mod åbne arealer; beskyttet: boliger højere oppe i ejendommen, lukkede områder) og ift en evt reduktion af naturlig ventilation fra bevægelig ekstern solafskærmning (vindue blokeret for naturlig ventilation med solafskærmning aktiv, 50% naturlig ventilation eller uændret naturlig ventilation). Reduktionsfaktorer for beregning af effektivt åbningsareal i vinduer er de samme som bruges i "Branchevejledning for Indeklimaberegninger" (Havgaard Vorre *et al.*, 2017). I boliger med mekanisk ventilation er basis-vinterventilation fastsat til 0,3 l/s pr m<sup>2</sup>. For naturligt ventilerede boliger fastsættes basis-vinterventilation som angivet i Tabel 38 ud fra score opnået i ATM2.1b (fastlagt i Figur 8).





Score opnået i ATM2.1b	Basis-vinterventilation ved beregning i TER1.1 for boliger med naturlig ventilation
< 3 point	0,1 l/s pr m <sup>2</sup>
3 point ≤ ATM2.1b < 6 point	0,3 l/s pr m <sup>2</sup>
≥6 point	0,5 l/s pr m <sup>2</sup>

**TABEL 38. TER1.1: FASTLÆGGELSE AF BASIS-VINTERVENTILATION VED BEREGNING AF SOMMERKOMFORT. VENTILATIONEN OM SOMMEREN FASTLÆGGES HEREFTER UD FRA ÅBNINGSMULIGHEDER I VINDUER/ANDRE ÅBNINGER.**

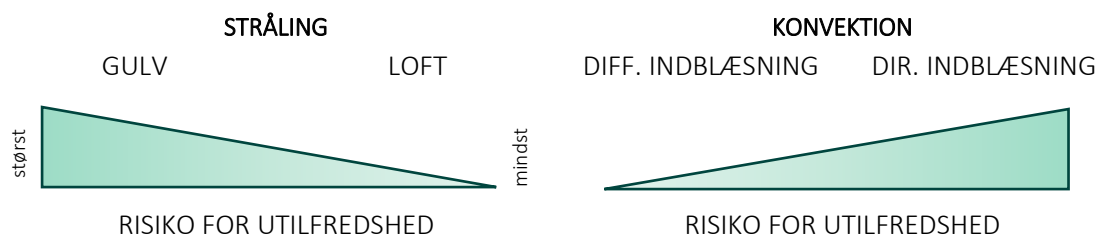
### KØLING I IK-KOMPAS KAN INKLUDERES I "SOMMERKOMFORT"-BEREGNINGEN

En stor del af nybyggeri har i dag store udfordringer med overophedning om sommeren som konsekvens af, at nybyggeri bliver mere og mere energieffektivt og dermed i stigende grad tæt og velisoleret. Det er derfor nærliggende at tænke, at køling fra en bæredygtig energikilde i fremtiden vil være en naturlig del af nybyggeriet. Hvis det i fremtiden bliver almindeligt at have køling i boliger, kan IK-kompas allerede nu håndtere dette. Dette gøres ved muligheden for at medtage effekten af køling i sommerkomfort-beregningen.

Selvom køling bidrager positivt til at opretholde en acceptabel rumtemperatur, kan køling resultere i forskellige indeklimagener, som samtidig skal vurderes. I IK-kompas fokuseres på to forskellige køleformer fra fire forskellige kilder:

- Stråling fra gulv
- Stråling fra loft
- Konvektion fra diffus indblæsning
- Konvektion fra direkte indblæsning

De fire forskellige kilder medfører forskellige risici for indeklimagener og kondens, hvilket diskuteres i det følgende. Køles rummet ved hjælp af køl i gulvet er der fx risiko for termisk diskomfort ved fødderne. Denne risiko er der ikke ved brug af loftkøling. Køles rummet ved at ventilationsluftens temperatur sænkes under rumtemperatur, er der risiko for trækgener. De mulige gener er illustreret i Figur 9.



**FIGUR 9. ILLUSTRATION AF MULIGE KOMFORTGENER VED AKTIV KØLING I BOLIGEN**

De fire kølemetoder, som ses i figuren, er implementeret i IK-kompas. De forskellige risici for afledte indeklimagener ligger til grund for scoringen i andre kriterier. Køling fra stråling vurderes i TER1.2: *Overfladetemperatur, sommer og køling* fra konvektion vurderes i TER3.3: *Ventilation* under TER3: *Trækgener*.



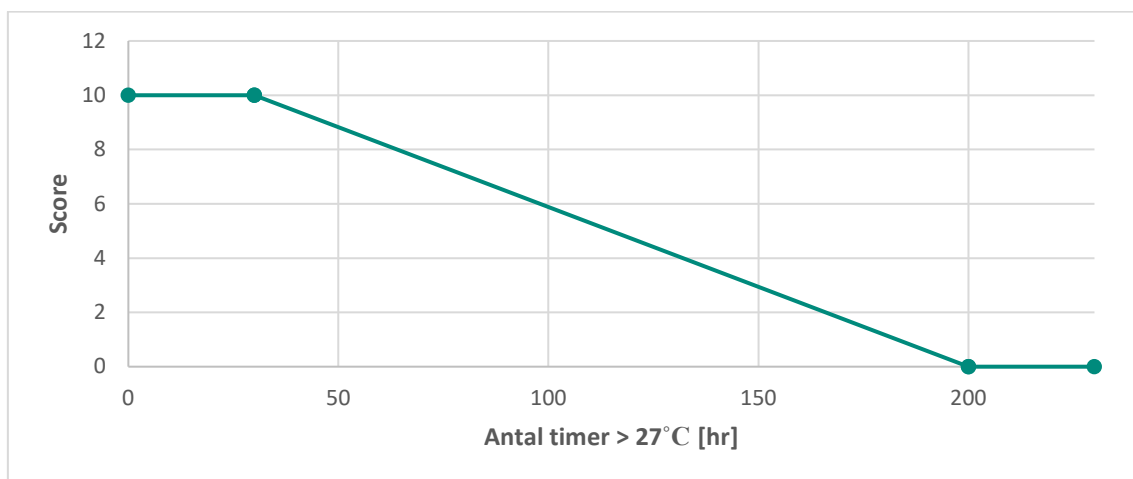
### TER1.2: Overfladetemperatur, sommer

Er der køling i boligen, kan der opstå gener og diskomfort pga kolde overflader. Jo mindre risiko der er for utilfredshed med den givne kølemetode, desto flere point kan der opnås. Køles rummet ved loftkøling, er der mindre risiko for termisk diskomfort end hvis der anvendes gulvkøling (kolde gulvoverflader giver større anledning til diskomfort pga den direkte berøring). Er der ikke mekanisk køling i boligen, udløser dette maksimale point i dette kriterie.

Vær desuden opmærksom på at kølelofter i princippet altid bør kombineres med mekanisk ventilation. Dette skyldes, at den mekaniske ventilation kan reducere risikoen for kondens på loftets overflade. (Babiak *et al.*, 2007)

### TER1: Beregning af score

TER1.1 Sommerkomfort-beregningen resulterer i et histogram, der viser fordelingen af temperaturer i rummet for hvert af årets 8760 timer. Score for TER1.1 gives ud fra antal timer over 27°C, jfr. Figur 10. Der regnes for alle opholdsrum, køkken og/eller køkken/alrum i IK-kompas og score fastlægges ud fra worst-case rum. Scoren er inspireret af de temperaturkrav, der forefindes i BR18, men med ambition om at max. point kræver færre timer over 27°C end BR anbefaler. BR's anbefaling svarer ca. til 6 point i IK-kompas. (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, 2018)



FIGUR 10. TER1.1: SCORE SOM FUNKTION AF ANTAL TIMER OVER 27°C

Er der køling i boligen, tilføjes den teoretiske køleeffekt i beregningsmodellen og temperaturprofilen pointgives efter samme princip, som hvis der ikke havde været køling i boligen. Der kan derfor ikke opnås flere eller færre point i de tilfælde, hvor køling inkluderes i beregningen.

TER1.2 Overfladetemperatur, sommer vurderes ud fra Tabel 39.



Score	0	3	5	8	10
<i>Gulvkøling</i>	Manuelt styret	Automatisk styret			
<i>Loftkøling</i>		Manuelt styret	Automatisk styret	Automatisk styret. Der er samtidig mekanisk ventilation	
<i>Ingen mekanisk køling</i>					Ingen aktiv køling

TABEL 39. TER1.2: SCORING AF OVERFLADETEMPERATUR, SOMMER

Vægtningen mellem kriterierne i TER1 ses i Tabel 40.

Vægtning af kriterier – TER1	Procent
TER1.1: Beregning af Sommerkomfort	90%
TER1.2: Overfladetemperatur, sommer	10%

TABEL 40. TER1: VÆGTNING AF KRITERIER

## TER2: TEMPERATUR, VINTER

### TER2.1: Varmekilder

Omkring boligens varmekilder vurderes hvordan varmekilderne styres og dermed hvor hurtigt/let de tilpasser sig efter varmebehov i det enkelte rum. Der skelnes mellem ingen muligheder for styring, styring udenfor rummet eller ventilstyring (fx gulvvarme med fast fremløbstemperatur) og termostatstyring i rummet. Score beregnes som middelværdi for alle boligens rum.

### TER2.2: Overfladetemperatur, vinter

For 'Overfladetemperaturer' registreres klimaskærmens U-værdier på baggrund af tegningsmateriale eller ved at anvende tabel for typiske U-værdier på baggrund af bygningstype og årgang. Herefter beregnes den indvendige overfladetemperatur ud fra udetemperaturen og en antagelse om lufttemperatur inde på 22°C og strålingstemperaturasymmetrien bestemmes.

Antallet af timer hvor strålingstemperaturasymmetrien overstiger 10,5°C beregnes og summeres og scoren for en arealvægtet værdi for vindue og væg fastlægges (TER2.2A). Grænseværdien på 10,5°C tager udgangspunkt i det forventede antal utilfredse ved en given strålingstemperaturasymmetri (figur A1B, Dansk Standard 1995).

For at tage hensyn til eventuelle radiatorers modvirkning af kolde overflader i rummet reduceres timetallet for vinduer med en korrektionsfaktor ud fra følgende udtryk:

$$\text{Korrigeret timetal} = \text{Reduktionsfaktor} \cdot \text{timetal uden radiator} \quad (6)$$



Reduktionsfaktorer er baseret på metoden i SBI-meddelelse 112 om kuldnefald fra kolde flader (Andersen, 1996) og fremgår af Tabel 41.

Beskrivelse	Reduktionsfaktor
Ingen vinduer med radiator under	1
Nogle vinduer med radiator under	0,9
Alle vinduer med radiator under	0,7

**TABEL 41. TER2.2: REDUKTIONSFAKTORER TIL BEREGNING AF REDUCERET KULDNEFALD FRA VINDUER PGA RADIATORER**

Da strålingstemperatursymmetrien i TER2.2A vurderes samlet for vindue og væg skal der efterfølgende også tages højde for evt. gener fra lave overfladetemperaturer for vinduet alene i opholdszonen nær ved facaden (1 m afstand). Dette gøres ved at regne særskilt for vinduet med en vinkelfaktor på 1 og efterfølgende korrigerer scoren fra TER2.2A (bemærk at den samlede score for TER 2.2 Overfladetemperaturer ikke kan blive lavere end 0 point). Igen bruges udtryk ( 6 ) til korrektion af timetallet under hensyntagen til eventuelle radiatorer.

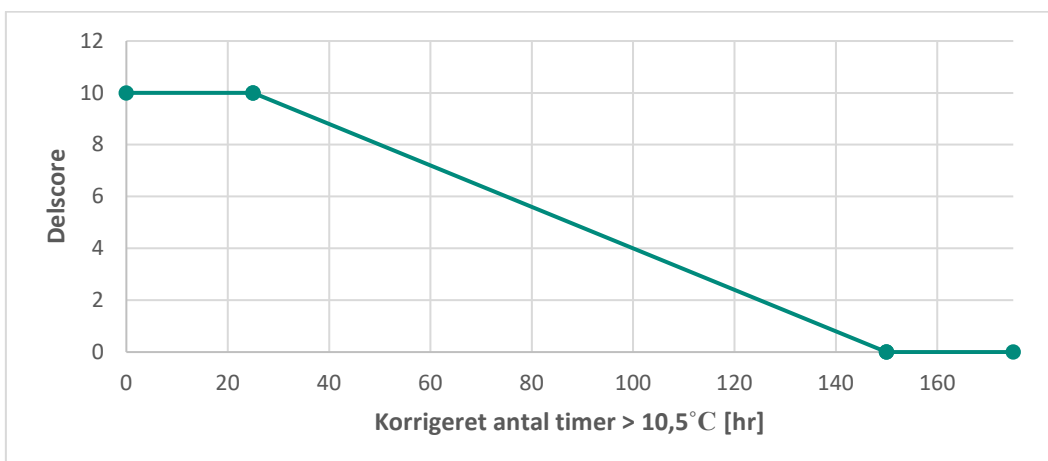
#### TER2: Beregning af score

Score for varmekilders placering og styring i TER2.1 ses i Tabel 42. IK-kompas opsummerer på rumbasis og bruger herefter en middel score til den endelige bedømmelse i værktøjet.

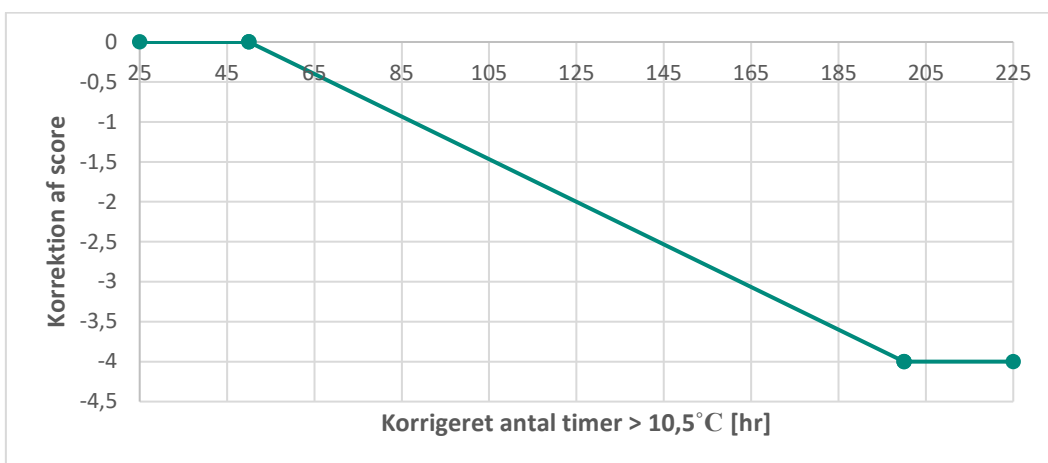
Score	0	5	10
Styring af varmekilder	Ingen styring	Styring udenfor rummet eller ventilstyring (Fx gulvvarme med fast fremløbstemperatur)	Termostatstyring i rummet

**TABEL 42. TER2.1: VARMEKILDER**

I TER2.2 gives der én samlet score for klimaskærmens isoleringsevne og dermed risikoen for gener pga. strålingstemperatursymmetri. Der benyttes i beregningen først et arealvægtet vinkelforhold for henholdsvis vindue og væg (TER2.2A - Figur 11) hvorefter der korrigeres, hvis vinduet alene giver anledning til lave overfladetemperaturer (TER2.2B - Figur 12). IK-kompas opsummerer på rumbasis og bruger herefter en middel score til den endelige bedømmelse i værktøjet.



FIGUR 11. TER2.2A: DELSCORE - VURDERING AF STRÅLINGSTEMPERATURASYMMETRI (OVERFLADETEMPERATURER) FOR VINDUE OG VÆG VÆGTET SAMMEN. KORRIGERET TIMETAL IHT ( 6 ).



FIGUR 12. TER2.2B: KORREKTION FOR SCORING AF STRÅLINGSTEMPERATURASYMMETRI FOR VINDUE ALENE. KORRIGERET TIMETAL IHT ( 6 ).

Den samlede score for TER2.2 kan aldrig blive mindre end 0.

Vægtning af kriterier – TER2	Procent
TER2.1: Varmekilder	50%
TER2.2: Overfladetemperatur, vinter	50%

TABEL 43. TER2: VÆGTNING AF KRITERIER

### TER3: TRÆKGENER

#### TER3.1: Utætheder

Utætheder i klimaskærmen vurderes i IK-kompas udelukkende for vinduer og døre, eftersom det er svært at vurdere utætheder i klimaskærmen uden målinger. Vinduers/døres tæthed vurderes gennem registrering af type og tilstand for det enkelte vindue/dør. Hvert vindue/dør i det enkelte rum tildeles en score på 0-10 point, hvorefter en middelværdi for rummets vinduer



anvendes fremadrettet, da denne er indikator for risikoen for gener. Der scores baseret på de tre forhold; Gummilister, Samling vindue/væg og Lukke-stand.

### TER3.2: Kuldeneffald

Risikoen for kuldeneffald vurderes ud fra den maksimale lufthastighed i kuldeneffaldet, der udregnes på baggrund af vinduets højde og den forventede overfladetemperatur.

Beregningsudtrykket for hastigheden af kuldeneffaldet fremgår af (7) (Dansk Standard, 1993)

$$v = \frac{2}{3} \cdot 0,07 \cdot \sqrt{R_i \cdot U_{\text{vindue}} \cdot h_{\text{vindue}} \cdot (t_{\text{op}} - t_{\text{ude}})} \quad (7)$$

hvor  $v$  er hastigheden af kuldeneffaldet [m/s],  $R_i$  er indvendig overgangsisolans for vinduet [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ],  $U_{\text{vindue}}$  er vinduets U-værdi [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ],  $h_{\text{vindue}}$  er vinduets højde [m],  $t_{\text{op}}$  er den operative temperatur i rummet,  $t_{\text{ude}}$  er udetemperaturen.

Overfladetemperaturen beregnes som funktion af udetemperaturen og vinduets U-værdi, der registreres på baggrund af tegningsmateriale eller ved at anvende tabel for typiske U-værdier på baggrund af bygningstype og årgang. De maksimale lufthastigheder udregnes for den givne vindueshøjde - og antallet af timer, hvor lufthastigheden overskrider 0,18 m/s summeres.

For at tage hensyn til eventuelle radiatorers modvirkning af kuldeneffald reduceres det beregnede timetal med en korrektionsfaktor på samme måde som i TER2.2 ud fra følgende udtryk:

$$\text{Korrigeret timetal} = \text{Reduktionsfaktor} \cdot \text{timetal uden radiator} \quad (8)$$

Reduktionsfaktorer er baseret på metoden i SBI-meddelelse 112 om kuldeneffald fra kolde flader (Andersen, 1996) og fremgår af Tabel 44.

Beskrivelse	Reduktionsfaktor
Ingen radiator under vindue	1
Radiator under vindue	0,7

**TABEL 44. TER3.2: REDUKTIONSFAKTORER TIL BEREGNING AF KORRIGERET TIMETAL**

### TER:3.3: Ventilation

Risikoen for trækgener fra ventilation afhænger af forskellen mellem rumluftens temperatur og indblæsningsluftens temperatur samt lufthastighed. Såfremt luften forvarmes tilstrækkeligt elimineres trækgenerne fra ventilationen, hvilket resulterer i maksimal score. Der skelnes i vurderingen mellem

- ingen forvarmning, hvilket typisk vil være tilfældet med naturlig ventilation
- delvis forvarmning, som fx kan være naturlig ventilation etableret med mulighed for forvarmning fx via ventilationsvindue



- forvarmning, hvilket oftest er tilfældet ved brug af balanceret mekanisk ventilation

Er der mulighed for at køle boligen via ventilationsluften, scores kølemetoden ud fra typen af indblæsning. Jo mindre risiko, der er for trækgener, desto flere point kan der opnås. Indblæses den samme mængde luft ind over et diffust loft og igennem et konventionelt armatur, er lufthastigheden gennem ventilationsåbningerne i et diffust loft lavere, end lufthastigheden i én ventilationsåbning. Indblæses den nedkølede/konditionerede ventilationsluft diffust, er risikoen for træk derfor mindre, end hvis ventilationsluft med tilsvarende temperatur indblæses direkte gennem et konventionelt armatur.

### TER3: Beregning af score

For TER3.1 scores der baseret på tre forhold; Gummilister på vinduets oplukkelige del, Samling vindue/væg og Lukke-stand, som vist i Tabel 45. Pointene lægges sammen til en score mellem 0 og 10. Lukkestand giver 0-4 point i alt, bestående af 3 supplerende bidrag. For vinduer uden mulighed for åbning scores der altid automatisk det maksimale antal point under punkterne Gummilister og Lukkestand, da disse vinduer antages tættest.

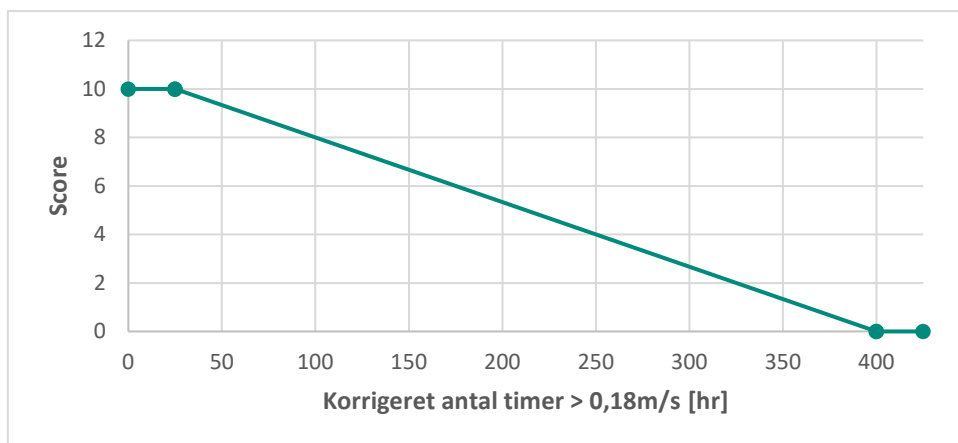
'Samling vindue/væg' maksimalt giver 2 point eftersom den vurderes til at have forholdsmæssigt mindre indflydelse på den samlede 'Utæthed' end 'Gummilister' og 'Lukke-stand', der hver scorer op til 4 point. Dette gøres for at sikre en hensigtsmæssig vægtning af de forskellige forhold. IK-kompas opsummerer på rumbasis og bruger herefter en middel score til den endelige bedømmelse i værktøjet.



Score	0	1	2	3	4
<i>Gummilister</i>	Revner, lister sluppet fra underlag, evt. forkert udførelse		Revner i lister		Ingen revner <b>ELLER</b> Vindue kan ikke åbnes
<i>Samling vindue/væg</i>	Ringe stand/ udførelse	Fin stand/ udførelse	Bedst mulige stand/ udførelse		
<i>Lukkestand</i>					
<i>Træk til/type af greb</i>	Greb utæt/slør eller hasper	Greb, uden anmærkning <b>ELLER</b> Vindue kan ikke åbnes			
<i>Belastning, gummiliste</i>	Ujævn belastning	Jævn Belastning <b>ELLER</b> Vindue kan ikke åbnes			
<i>Ramme/karm</i>	Meget skæv (synlig sprække)	Lidt skæv	Ikke skæv <b>ELLER</b> Vindue kan ikke åbnes		

TABEL 45. TER3.1: UTÆTHEDER - VINDUE

For TER3.2 vurderes kuldenedfald via det korrigerede timeantal (jf. ( 8 ) ) af timer hvor lufthastigheden overskrider 0,18 m/s, svarende til 15% utilfredse (Dansk Standard, 1993). IK-kompas opsummerer på rumbasis og bruger herefter en middel score til den endelige bedømmelse i værktøjet.



FIGUR 13. TER3.2: SCORING UD FRA LUFTHASTIGHED I KULDENEFDALDET. KORRIGERET TIMETAL IHT ( 8 ).

Risikoen for trækgener fra ventilation i TER3.3 vurderes ud fra Tabel 46 og Tabel 47. Disse vægtes sammen ud fra fordelingen i Tabel 48.





Score	0	5	10
Forvarmning af ventilationsluft	Nej <i>(temperatur for indblæsningsluft svarer til udeluften)</i>	Delvis <i>(temperatur for indblæsningsluft ligger mellem udeluft og rumtemperatur og er ofte varierende)</i>	Ja <i>(temperatur for indblæsningsluft svarer til passende rumtemperatur)</i>

TABEL 46. TER3.3A: VURDERING AF TRÆK FRA VENTILATION

Score	4	8	10
Indblæsning ved køling	Direkte indblæsning	Diffus indblæsning	Ingen køling

TABEL 47. TER3.3B: VURDERING AF TRÆK FRA VENTILATION I KØLESITUATION

Vægtning af kriterier – TER3.3	Procent
TER3.3a: Træk fra ventilation	50%
TER3.3b: Træk fra ventilation i kølesituation	50%

TABEL 48. TER3.3: VÆGTNING AF KRITERIER FOR TRÆK FRA VENTILATION

Vægtning af kriterier – TER3	Procent
TER3.1: Utætheder	40%
TER3.2: Kuldnefald	25%
TER3.3: Ventilation	35%

TABEL 49. TER3: VÆGTNING AF KRITERIER

## TER4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET

Beboernes justeringsmuligheder af det termiske indeklima sommer og vinter vurderes. Der vurderes på justeringsmuligheder for brugerne ved for høj temperatur om sommeren set i forhold til muligheder for vinduesåbning, ekstra ventilation, udvendig solafskærmning og aktiv køling. Om vinteren vurderes muligheder for regulering af temperatur på rumbasis. Herudover inddrages brugervenlighed i vurderingerne ud fra hvor let/hurtigt det er at foretage ændring af indeklimaet for hvert enkelt tiltag.

For både vurdering af udvendig solafskærmning (TER4.4) og vurdering af køling (TER4.5) gælder det, at disse kriterier udgår, hvis enten solafskærmning eller køling ikke forefindes i boligen.

### TER4.1: Mulighed for øget ventilation, naturlig

Åbning af vinduer kan være med til at afkøle boligen om sommeren. Det er en fordel hvis der kan etableres gennemtræk i boligen, i forhold til tilfældet hvor der kun kan åbnes vinduer i den ene side af boligen (ensidig udluftning), da dette er mere effektivt i forhold til bortventilering af varm indeluft. Det er desuden en fordel at kunne have vinduerne i beboelsesrum åbne når



boligen står tom eller om natten for øget ventilation. Dette vurderes muligt, når vinduerne er "beskyttet" (dvs. vinduer, der ligger over stueetage eller mod lukket gårdrum eller have)

#### TER4.2: Mulighed for øget ventilation, mekanisk

Forceret luftskifte i opholdsrum opnået med mekanisk ventilation kan være med til at afkøle boligen om sommeren. Forceret luftskifte kan fx opnås ved tryk på en knap til overstyring af basisventilationen eller ved fast indstilling med øget grundluftskifte over en længere periode.

#### TER4.3: Mulighed for automatisk styring af ventilation

For termisk komfort vil en automatisk styring ift temperatur (behovsstyring) sikre en bedre mulighed for afkøling af boligen i varme perioder. Set fra et brugerperspektiv anses det dog for en kvalitet, at brugeren har mulighed for at overstyre de angivne setpunkter på en let tilgængelig måde. Ved let tilgængelig forstås display på væg i bolig eller let tilgængelig menu på ventilationsanlæg.

#### TER4.4: Udvendig solafskærmning

En udvendig solafskærmning kan forebygge, at boligen overophedes.

#### TER4.5: Aktiv køling

Muligheden for aktiv køling kan være med til at forbedre temperaturen i boligen om sommeren.

#### TER4.6: Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov

Muligheder for regulering af temperatur på rumbasis samt hastighed på ændringen af denne vurderes.

#### TER4: Beregning af score

Beregning af score for TER4 foretages ud fra Tabel 50 til Tabel 55.

Score	0	5	7	10
Mulighed for øget ventilation, naturlig	Ingen mulighed	Ensidig ventilation, når beboer er til stede	Gennemtræk (eller evt. termisk opdrift) når beboer er til stede  <b>ELLER</b>  Ensidig ventilation, når beboer IKKE er til stede eller sover (tyverisikret)	Gennemtræk (eller evt. termisk opdrift) når beboer IKKE er til stede eller sover (tyverisikret)

TABEL 50. TER4.1 SCORING AF MULIGHED FOR MULIGHED FOR ØGET NATURLIG VENTILATION



Score	0	5	10
Mulighed for øget ventilation, mekanisk	Ingen mulighed for overstyring  <b>ELLER</b>  Ingen mekanisk ventilation	Tidsbegrænset forcering (fx tryk på booster-knap)	Tidsbegrænset forcering og fast forcering (fx ved indstilling af trin)

TABEL 51. TER4.2 SCORING AF MULIGHED FOR MULIGHED FOR ØGET MEKANISK VENTILATION

Score	0	5	10
Mulighed for automatisk styring af ventilation	Ingen	Automatisk efter temperatur (låst setpunkt)	Automatisk efter temperatur og med manuel overstyring (nemt bruger-interface)*

TABEL 52. TER4.3 SCORING AF MULIGHED FOR AUTOMATISK STYRING AF VENTILATION (\* SE UDDYBNING I AFSNIT TER4.3)

Score	0	1	5	9	10
Justering af udvendig solafskærmning	Automatisk, <b>uden</b> manuel overstyring  <b>ELLER</b>  Ingen solafskærmning		Manuel	Automatisk, <b>med</b> manuel overstyring	Ingen solafskærmning
Tillægspoint		Mulighed for fjernstyring af solafskærmning, når beboer ikke er til stede i bolig			

TABEL 53. TER4.4: SCORING AF SOLAFSKÆRMNING. ER UDVENDIG SOLAFSKÆRMNING IKKE TIL STEDE VURDERES DETTE IKKE.



Score	0	1	5	9
Køling	Ingen		Mulighed for tænd/sluk	Styret efter et af brugeren fastlagt setpunkt
Tillægspoint		Mulighed for fjernstyring af køling, når beboer ikke er til stede i bolig		

TABEL 54. TER4.5: SCORING AF KØLING. ER KØLING IKKE TIL STEDE VURDERES DETTE IKKE.

Score	0	5	7,5	10
Mulighed for regulering af varme på rumniveau	Ingen	Alle rum, reagerer langsomt  (fx gulvvarme i tung konstruktion)	Alle rum, kombination af langsomme og hurtige reguleringsmuligheder  (fx gulvvarme i tung konstruktion kombineret med radiatorer)	Alle rum, reagerer hurtigt  (fx radiatorer, luftvarme eller gulvvarme i let konstruktion)

TABEL 55. TER4.6 SCORING AF MULIGHED FOR TEMPERATURREGULERING I ALLE RUM

Vægtning af kriterier	Procent	
Mulighed for øget ventilation, naturlig	25%	
Mulighed for øget ventilation, mekanisk	15%	
Mulighed for automatisk styring af ventilation	10%	
Udvendig solafskærmning	20%	
Køling	5%	
Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov	25%	

TABEL 56. TER4 - SOLAFSKÆRMNING OG KØLING TIL STEDE

Vægtning af kriterier	Procent
Mulighed for øget ventilation, naturlig	26%
Mulighed for øget ventilation, mekanisk	16%
Mulighed for automatisk styring af ventilation	11%
Udvendig solafskærmning	21%
Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov	26%

TABEL 57. TER4 - SOLAFSKÆRMNING TIL STEDE, KØLING IKKE TIL STEDE

Vægtning af kriterier	Procent
Mulighed for øget ventilation, naturlig	31%
Mulighed for øget ventilation, mekanisk	19%
Mulighed for automatisk styring af ventilation	13%
Køling	6%
Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov	31%

TABEL 58. TER4 - SOLAFSKÆRMNING IKKE TIL STEDE, KØLING TIL STEDE



Vægtning af kriterier	Procent
Mulighed for øget ventilation, naturlig	33%
Mulighed for øget ventilation, mekanisk	20%
Mulighed for automatisk styring af ventilation	14%
Regulering af rumtemperatur ved opvarmningsbehov	33%

**TABEL 59. TER4 - HVERKEN SOLAFSKÆRMNING ELLER KØLING TIL STEDE**





## VIS: Visuelt Indeklima

Lyset påvirker vores arbejde, indlæringsevne, sundhedstilstand og generelle velvære og er derfor en vigtig parameter i udviklingen af byggeri med godt indeklima. Det er kendt, at dårligt lys kan give øjengener, træthed, hovedpine og større risiko for ulykker på arbejdspladsen. Lyset påvirker det biologiske ur og døgnrytmen. For meget lys på et forkert tidspunkt kan derfor være et problem. Undersøgelser har vist at kroppens produktion af melatonin hæmmes, hvis vi udsættes for lys om natten. Melatonin kaldes også søvnhormonet og har, som navnet antyder, stor betydning for døgnrytme og søvn, men hormonet påvirker også fordøjelsen, humøret og koncentrationsevnen.

Det visuelle indeklima påvirkes af lysfordelingen i rummet, lysets intensiteter, kontraster, lysets farveegenskaber og i nogle tilfælde flimrer, og når kontrasterne bliver for store opleves der også blænding. Lysdesign er en kompleks helhed, hvor bl.a. lysets funktionelle, æstetiske og energimæssige aspekter skal spille sammen, så lyset er med til at skabe de bedst mulige kvalitative rammer for menneskers liv og tilhørende aktiviteter.

I det visuelle indeklima bidrager vinduer til at skabe sammenhæng mellem inde- og udemiljøer. Direkte sollys på vinduer kan bidrage til at lukke både lys og varme ind i bygninger. Lyset påvirker derfor også både det termiske indeklima og energiforbruget i bygninger. IK-kompas udvikles i første omgang til boligbyggeri og elektrisk belysning inddrages ikke som en parameter, da beboerne selv vælger den elektriske belysning. Ved evaluering af andre bygningstyper bør elektrisk belysning medtages i evalueringen. I IK-kompas er vurdering af det visuelle indeklima opdelt i Dagslys, Sollys, Udsyn og Indkig samt Brugernes muligheder for justering.

*Dagslys* er en kvalitetsparameter i rum hvor mennesker opholder sig i en længere periode. Både lysfordelingen, spektralfordelingen og intensiteten er meget vigtige for oplevelsen af dagslyset i bygningen.

*Sollys* og blænding er tæt relaterede, da sollys i bygninger ofte er kilde til blænding enten direkte eller via reflekterende overflader. Blænding betragtes som en væsentlig parameter, som medfører nedsat arbejdsevne, anstrengelse af øjne og evt. dårlige arbejdsstillinger. Omvendt er direkte sollys ofte forbundet med ekstra kvalitet i en bolig. Vi kender alle følelsen af at sidde i en direkte solstråle og nyde solens varme. Men denne solstråle skal kunne kontrolleres, så den ikke skaber blænding og er til gene på f.eks. en arbejdsplads, men til gengæld samtidig kan gøre glæde i boligen.

*Udsyn og indkig* er især vigtigt for personer som tilbringer en stor del af døgnet i det samme lokale, som fx patienter på hospitalssengestuer, ældre mennesker i deres hjem og børn i institutioner, men er også en vigtig kvalitet i boligen. Sammenhængen mellem udsyn og indkig kan betyde, at der i nogle tilfælde er ønske om at begrænse indkig, da det kan virke generende.



Det er vigtigt for brugernes oplevelse af komfort at de selv har mulighed for aktivt at påvirke deres indeklima. Derfor evalueres *mulighederne for brugernes justering* af det visuelle indeklima som en selvstændig parameter, ud fra hvilke handlemuligheder brugerne har og om mulighederne er brugervenlige.

## Vurdering af visuelt indeklima

Boligens "potentiale" vurderes ift at opnå et godt visuelt indeklima. Vurderingen af det visuelle indeklima er baseret på mulighederne for at få dagslys og direkte sollys, samt udsyn, indkig og afskærmning. Hertil kommer en vurdering af brugernes mulighed for selv at påvirke det visuelle indeklima.

Overblik over vurdering af det visuelle indeklima fremgår Tabel 60.

Parameter		Kriterie	Vægtning
VIS1	Dagslys	1.1 Intensitet og fordeling 1.2 Kvalitet	35%
VIS2	Sollys	2.1 Solskinstimer	25%
VIS3	Udsyn, indkig og afskærmning	3.1 Udsyn 3.2 Indkig 3.3 Bevægelig afskærmning	30%
VIS4	Brugernes mulighed for justering af indeklimaet	4.1 Solafskærmning , justeringsmuligheder 4.2 Solafskærmning, aktiveringsmuligheder	10%

**TABEL 60. PARAMETRE TIL VURDERING AF DET VISUELLE INDEKLIMA**

I det følgende gennemgås parametrene enkeltvis og det beskrives hvordan kriterierne evalueres.

### VIS1: DAGSLYS

#### VIS1.1: Intensitet og fordeling

Parameteren Dagslys vurderes på baggrund af metoden beskrevet i "Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys", BR18 (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Beregningen bygger på en simpel metode, hvor man beregner forholdet mellem glasareal og gulvareal, hvorefter der korrigeres for en række lysforringende eller –forbedrende forhold. Altså vil det kræve et forøget glasareal for at beholde det samme dagslysbidrag ved reduceret lysgennemgang, som følge af solafskærmende ruder, udhæng eller ved nærved liggende bygninger.

Korrektionsfaktorer for dagslys regnes for hvert vindue ud fra et korrigeret eller ækvivalent glasareal, hvor vinduets glasareal korrigeres for en række forhold. Alle korrektionsfaktorerne beskriver afvigelser fra referencesituationen og omfatter

- Rudens lystransmittans,  $F_{LT}$





- Vinduesvæggens tykkelse,  $F_{VÆG}$
- Skygger fra omgivelserne,  $F_{OMG}$
- Skygger fra udhæng over vinduet,  $F_{OH}$
- Skygger fra fremspring ved siden af vinduet,  $F_{SF}$
- Skygger fra faste solafskærmninger,  $F_{AFS}$
- Korrektion for glas i vinduer, der vender mod et atrium,  $F_{ATR}$
- Korrektion for stor rumdybde,  $F_{RUM}$
- Korrektion for vinduer i flere flader,  $F_{FL}$ .
- Korrektionsfaktor for glas i ovenlys,  $F_{OVLYS}$

Korrektion for glas i vinduer, der vender mod et atrium,  $F_{ATR}$  er ikke inkluderet i denne version af IK-kompas, da det ikke vurderes relevant for størstedelen af boliger i DK.

Korrektionsfaktorer for dagslys regnes automatisk i IK-kompas ud fra brugerinput om vinduerne. Den samlede score for Dagslys regnes på baggrund af det samlede korrigerede glasareal for alle opholdsrum samt køkken i boligen ( $A_{GKor,i} = A_{glas} \cdot \text{korrektionsfaktor}$ ), som divideres med det samlede gulvareal af opholdsrummene samt køkken i boligen, som illustreret i nedenstående formel.

$$VIS1.1 = f\left(\frac{\sum A_{GKor,i}}{\sum A_{gulv, opholdsrum \text{ og køkken}}}\right) \quad (9)$$

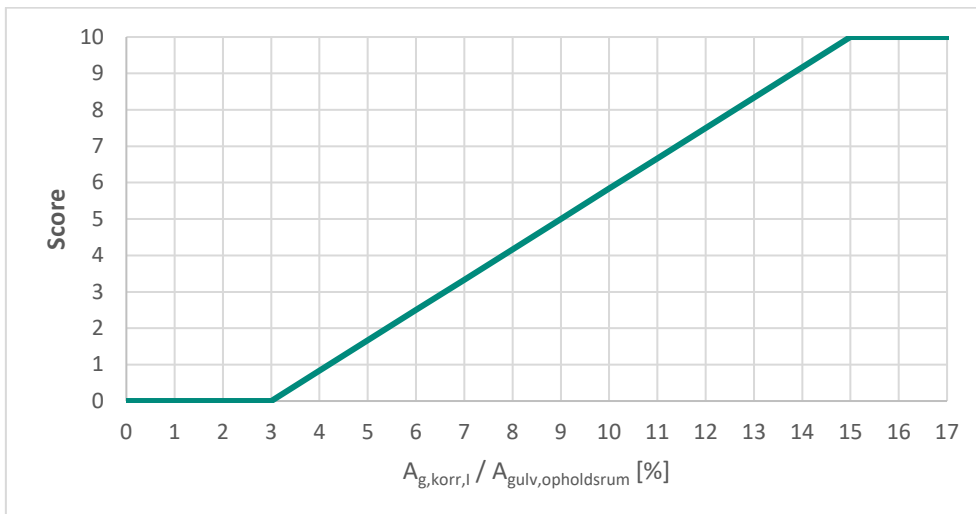
Altså er det en arealvægtet middel, der danner grundlag for scoring af VIS1.1 – Dagslys.

#### VIS1.2: Kvalitet

Dagslysets farver i bygningen påvirkes i høj grad af glassets farvegensivelse enten i negativ retning (kraftig farveforfalskning) eller i positiv retning (farvenutralt glas). Glasset vurderes ud fra farvegensivelsesindeks  $R_a$  dokumenteret enten ved producentangivelser, eller ved en registrering (ved at åbne vinduet og vurdere farveforfalskningen).

#### VIS1: Beregning af score

Den arealvægtede middelværdi bestemt for VIS1.1 (Dagslys) benyttes til at bestemme score ud fra i Figur 14.

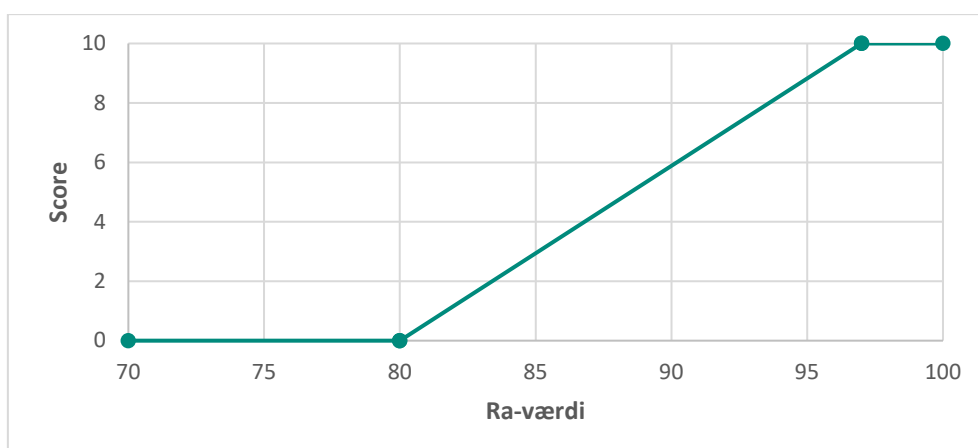


FIGUR 14. VIS1.1: FASTLÆGGELSE AF SCORE FOR LYSETS INTENSITET OF FORDELING

VIS1.2 vurderer farvegengivelsen via beskrivelserne i Tabel 61. Bemærk at farvede altanværn eller lignende vil påvirke farvegengivelsen negativt og scores svarende til  $R_a=80$ .

Scoren for VIS1.2 findes i Figur 15.

Farvegengivelse	$R_a$ -værdi
Farvneutralt glas	$\geq 97$
Beskeden farveforfalskning	= 90
Tydelig/kraftig farveforfalskning	= 80

TABEL 61. VIS1.2: BESKRIVELSE AF FARVEGENGIVELSE RELATERET TIL FARVEGENGIVELSESIKSET  $R_a$ 

FIGUR 15. VIS1.2: SCORING AF KVALITETEN AF VINDUETS FARVEGENGIVELSE



Fordeling af vægtning mellem de to kriterier er angivet i Tabel 62.

Vægtning af kriterier – VIS1	Procent
VIS1.1: Intensitet og fordeling	80%
VIS1.2: Kvalitet	20%

**TABEL 62. VIS1: VÆGTNING AF KRITERIER**

## VIS2: SOLLYS

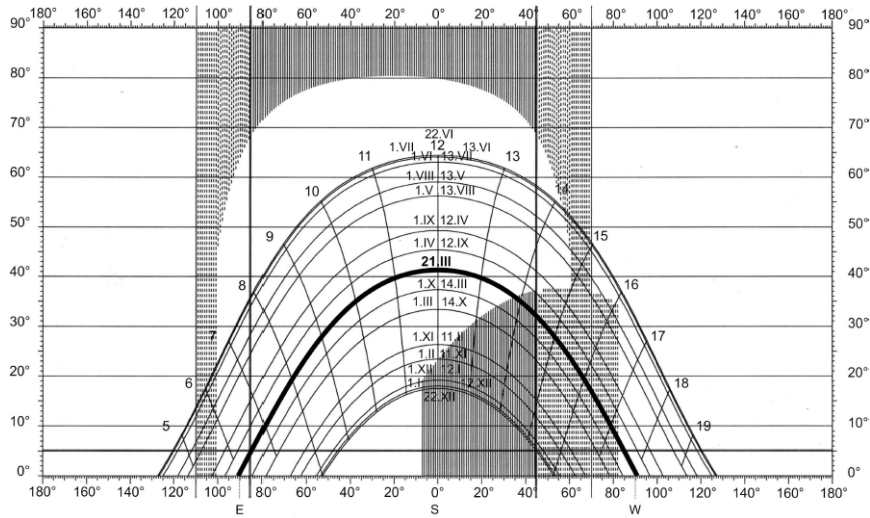
### VIS2.1: Direkte sollys

Dagslys og direkte sollys har stor indflydelse på personers psykiske helbred, hvor særligt direkte sollys kan modvirke vinterdepression. Som en del af potentialet i det visuelle indeklima for boligen vurderes muligheden for adgangen til direkte sollys i hver bolig i et opholdsrum udvalgt som "best-case", dvs at det antages, at beboerne kan flytte sig rundt i lejligheden til et rum med direkte sollys, hvis det ønskes.

Til at vurdere muligheden for adgang til direkte sollys i opholdsrum anvendes metoden med geometrisk opstilling beskrevet i Annex D, DS/EN 17037:2018. Metoden tager hensyn til orientering, placering og hældning af vinduer, samt skyggende objekter.

Beregnete værdier udføres ifølge standarden for en valgfri dato mellem 1. februar og 21. marts. IK-kompas benytter 1. februar, hvor det, for danske forhold, antages sværest at opnå direkte lys i boligen. I beregningen antages skyfri himmel. Perioden med direkte sollys beregnes for hvert vindues referencepunkt og summeres dernæst vindue for vindue for at bestemme perioden med direkte sollys i rummet. Placeringen af referencepunktet sker altid i midten af rudens bredde, og ved indersiden af ydervæg.

Udover fastlæggelse af referencepunkt skal der til beregningerne også registreres orientering og hældning af vinduet samt eventuelle skygger fra omgivelserne, som kræver en højere detaljeringsgrad af skygger fra omgivelser end tidligere kendt fra eksempelvis Be18. Det er ikke længere tilstrækkeligt at angive en middel horisont vinkel for et vindue, da det ikke giver en retmæssig repræsentation af skyggeforholdene. Dette skyldes at den direkte sol på en facade afhænger af solens bane, og derfor tillades en højere profilvinkel ved en azimuth nærmende sig 0° (Syd). På Figur 16 er afbilledet et Waldram diagram med solens bane samt skyggende objekter, som illustrerer effekten af skygger med forskellig højde.



FIGUR 16: WALDRAM DIAGRAM MED SKYGGENDE OBJEKTER (Dansk Standard, 2018a)

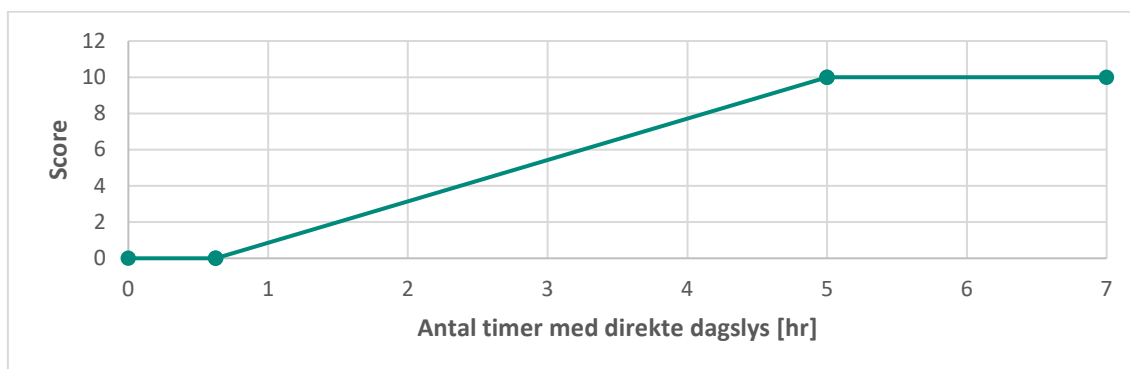
Ud over skygger fra omgivelserne modregnes også skygge fra hhv. fremspring ved siden af vindue, udhæng og murtykkelse i forbindelse med dagslys intensitet og fordeling.

Ifølge beregningsmetoden i DS/EN 17037 til direkte sollys, negligeres alle timer med en solhøjde under  $\gamma_s < 10^\circ$  for København (afhængigt af breddegrad,  $\varphi$ ), som antages at gælde for alle placeringer i Danmark.

Det ville for IK-kompas have været foretrukket at regne for vintersolhverv 21. december i stedet for 1. februar, da skyggende genstande (fx andre bygninger eller beplantning) måske ikke giver skygge i februar, men ved vintersolhverv, og dermed i en lang periode over vinteren giver fuld skygge på vinduet. Samtidig ønsker IK-kompas at lægge sig op ad beregningsmetoden i DS/EN 17037, hvilket medførte valget af 1. februar til beregningen.

#### VIS2: Beregning af score

Der evalueres på det bedste opholdsrum i hver bolig, hvor antallet af timer med direkte sollys i rummet bestemmer den endelige score. Antallet af timer med direkte sollys er bestemt af summen af timer fra alle vinduer i rummet, hvor sammenfald kun tæller én gang. Scoring for VIS2 fremgår af Figur 17.



FIGUR 17. VURDERING AF TIMER MED DIREKTE SOLLYS

Vægtning er angivet i Tabel 63.

Vægtning af kriterier – VIS2	Procent
VIS2.1: Solskinstimer	100%

TABEL 63. VIS2: VÆGTNING AF KRITERIER

### VIS3: UDSYN, INDKIG OG AFSKÆRMNING

VIS3 vurderer hhv. udsyn, indkig og afskærmning. I alle vurderinger vil en evt. ekstern solafskærmning have indflydelse på vurderingerne. Afhængigt af type indgår afskærmningen på følgende måde:

- Fast solafskærmning: Solafskærmningen sidder fast ned foran vinduet (vurderes i VIS3.1)
- Fast/justerbar solafskærmning: Solafskærmningen sidder fast ned foran vinduet og kan justeres i forskellige vinkler (vurderes i VIS3.1 for fast del og i VIS3.3 for justerbar del)
- Bevægelig solafskærmning: Solafskærmningen kan køres op og ned efter behov (vurderes i VIS3.3)

For solafskærmningens brug gælder følgende:

- Aktiveret: Solafskærmning er rullet ned foran vinduet
- Ikke aktiveret: Solafskærmning er ikke rullet ned foran vinduet

For solafskærmningens styring gælder følgende:

- Manuel: Solafskærmning skal aktiveres manuelt
- Automatisk: Solafskærmning aktiveres automatisk

#### VIS3.1: Udsyn

Udsynet eller udsigten til omgivelserne er en af de vigtigste faktorer for oplevelsen af rummet og er med til at give beboerne en fornemmelse af tid og sted. I bygningsreglementet beskrives, at vinduerne skal anbringes, så man kan se ud fra arbejdsrum og beboelsesrum. I den amerikanske bæredygtighedscertificering LEED v4 kvalificeres udsynet ud fra, om man har udsyn til bevægelse, himmel og/eller jord (U.S. Green Building Council, 2013). På tilsvarende vis



vurderer den nye Europæiske dagslysstandard (DS/EN17037) udsynet ift. muligheden for at se himmel, landskab/modstående bygning eller jorden (Dansk Standard, 2018a).

Metoden i IK-kompas læner sig op ad LEED v4 og DS/EN17037 og baserer sig på en samlet vurdering af mulighed for udsyn fra boligen og kvaliteten af dette. For udsyn skelnes der i IK-kompas mellem udsyn til himmel, grøn beplantning/grønne arealer/natur og gade/jord. Registreringer scoret i tabellerne "udsyn-kvalitet" og "obstruktion af udsyn", vægtes ligeligt til en samlet score for Udsyn. Således kræver en høj score for Udsyn, at der både er gode muligheder for udsyn, samt at den er af en hvis kvalitet.

Ved vurdering af Udsynets kvalitet, og evt. obstruktion heraf, placeres referencepunktet i en afstand på 0,5m fra indersiden af vinduet. Der vurderes på best-case for ét vindue med minimum 1m bredde, minimum 0,5m højde. Denne vurdering foretages kun for ét opholdsrum i boligen (best case). Samtidig indgår middelværdien for udsyn-score i øvrige rum og i den samlede score, jvf Tabel 67.

Ved vurdering af Udsyn fra øvrige opholdsrum defineres udsynsmulighed fra henholdsvis stående og siddende position ved at sammenholde øjenhøjde for siddende med underkant vindue og øjenhøjde for stående med overkant vindue, som vist i Tabel 64.

<i>Udsyn</i>	<i>Øjenhøjde</i>	<i>Krav</i>
Siddende	1,2m	Underkant vindue $\leq$ 1,2 m
Stående	1,7m	Underkant vindue $<$ 1,7 m OG Overkant vindue $\geq$ 1,2 m

**TABEL 64. VIS3.1: UDSYNSMULIGHED FRA HENHOLDSVIS STÅENDE OG SIDDENDE POSITION**

Vinduer med et areal  $< 0,25 \text{ m}^2$  vurderes ikke at give udsynsmulighed uanset placering. Det samme er gældende for ovenlysvinduer.

### VIS3.2: Indkig

Der er mange eksempler på moderne byggerier med gulv-til-loft vinduer, panoramavinduer, glaskarnapper og hele glasfacader, der giver boligen rigelig adgang til udsyn og dagslys. Der er imidlertid ligeledes eksempler på, at beboere blænder vinduerne af for at undgå unødigt eksponering – hvorved man mister adgangen til førnævnte udsyn og dagslys. Derfor er hensynstagen til indkigsgener en essentiel parameter for at sikre robustheden af det gode visuelle indeklima.

Vurdering af indkigsgener i IK-kompas vurderer boligens potentiale for at opretholde privatsfære og intimitet. Der vurderes på hvordan indkigsgener til opholdsrum er reduceret ved



hjælp af hensigtsmæssig orientering og størrelse af åbninger samt placeringen af vinduer i facaden.

Metoden til vurdering af indkigsgener er udarbejdet i forbindelse med REBUS, hvor der er søgt inspiration i DS/EN17037 til definition af referencepunkt. Udgangspunktet er at skabe en simpel metode, der kan bruges på mange typer af byggerier. Antagelser og estimater er søgt at være på et minimum for at gøre metoden mindre følsom overfor subjektive vurderinger. Vægtningsskemaer og beregningsgangen i metoden ikke videnskabeligt velbegrunder grundet manglende forskning på området, men metoden er REBUS' første bud på hvordan problematikken kan håndteres fremadrettet. I takt med at der opnås mere viden på området vil modellen blive udbygget.

Ved vurdering af indkigsgener registreres indkigsfelter for vinduer i alle opholdsrum og køkken i forhold til et referencepunkt placeret i en højde af 1,2 m over gulv i midten af rummet (samme højde som anvendt for direkte sollys – svarende til øjenhøjde for en siddende person).

Ved fastlæggelsen af scoren for indkig indgår følgende

- $W_{\text{vinduesandel}}$ , der vurderer risiko for indkig ift. vinduets størrelse og placering i facaden
- $W_{\text{modstående bygninger}}$ , der vurderer risiko for indkig fra modstående bygninger
- to korrektionsfaktorer, som korrigerer for direkte indkigsgener fra fodgængere og trafik ( $W_{\text{gadekorr.}}$ ) samt nærliggende opholdsområder ( $W_{\text{opholdskorr.}}$ ).

Indkigsfeltet udgøres af alle arealer, hvorfra uvedkommende kan forventes at færdes, dette vil altså både være af offentlig og privat karakter, herunder haver og vinduer (ikke egen have eller vinduer fra egen bolig). Nedenfor er nævnt en række eksempler på indkigsfelter, listen er ikke udtømmende:

- Veje, fortove, stier af ikke privat karakter (dvs. offentlige/fælles veje eller stisystemer)
- Offentlige opholdsarealer, såsom parker, pladser eller lign.
- Private haver, så længe det ikke tilhører boligen der scores
- Vinduer, terrasser eller altaner på omkringliggende bygninger

### VIS3.3 Bevægelig afskærmning

VIS3.3 vurderer afskærmningens effekt på udsynet fra boligen. Der vurderes kun udvendige bevægelige solafskærmninger, der indgår som en integreret del af facadeløsningen.

Afskærmningen vurderes kun efter dens evne til at bevare udsynet, når den er aktiveret.

Indvendige, brugeropsatte afskærmninger vurderes ikke.

### VIS3: Beregning af score

I det følgende gennemgås score for VIS3.1 til VIS 3.3.



**VIS3.1: SCORE FOR UDSYN**

Scoring for udsyn (VIS3.1) foretages for hhv for kvaliteten af udsyn (Tabel 65) og obstruktion af udsyn (Tabel 66).

<i>Udsyn – kvalitet Score</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<i>Vidt udsyn</i>	Længste kig under 20 m	Længste kig mellem 20m og 50 m	Længste kig over 50 m
<i>Differentieret kig / lag</i>	Uddifferentieret kig (udsigt til 1 af følgende 3 lag; 'himmel', 'grønt', 'gade')	Delvist differentieret kig (udsigt til 2 af følgende 3 lag; 'himmel', 'grønt', 'gade')	Differentieret kig (udsigt til 3 af følgende 3 lag; 'himmel', 'grønt', 'gade')

**TABEL 65. VIS3.1: VURDERING AF UDSYN**

<i>Obstruktion af udsyn</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Fast udvendig solafskærmning</i>	Ja, som obstruerer udsyn meget		Ja, som obstruerer udsyn i nogen grad		Ingen
<i>Altanværn</i>	Som obstruerer udsyn meget Fx fuld lukket altanværn		Som obstruerer udsyn i nogen grad Fx tonet glas, åbent metalnet		Ingen
<i>Øvrige objekter</i>	Ja, meget forstyrrende  (gennemgående vertikalt element i udsynsfeltet fx søjle, eller gennemgående vandret element fx håndliste)	Lidt  (som ved 0 point men elementet er enten placeret helt i top/bund/siden af udsynsfeltet eller har en meget slank dimension ift. udsynet)	Nej		

**TABEL 66. VIS3.1: OBSTRUKTION AF UDSYN**

Samlet score for VIS3.1 findes i Tabel 67 hvor vinduet med det bedste udsyn vægter 1/3, de øvrige vinduer tilsammen vægter 1/3 og obstruktioner for udsyn vægter 1/3.





Vægtning af kriterier – VIS3.1	Procent
VIS3.1a: Vurdering af udsyn – best case	33,3%
VIS3.1b: Obstruktioner for udsyn	33,3%
VIS3.1c: Vurdering af udsyn – middel øvrige rum	33,3%

TABEL 67. VIS3.1: VÆGTNING AF KRITERIER

### VIS3.2: SCORE FOR INDKIG

Ved fastlæggelsen af scoren for VIS3.2 Indkig indgår hhv risikoprofil for vinduets udformning ( $W_{\text{vinduesandel}}$ ) og vurdering af indkig fra modstående bygninger ( $W_{\text{modstående bygninger}}$ ), som efterfølgende korrigeres for direkte indkigsgener fra fodgængere, trafik ( $W_{\text{gadekorr.}}$ ) og nærliggende opholdsområder ( $W_{\text{opholdskorr.}}$ ). Der skelnes ved indkigsgener mellem indkigsfelter over eller under 25 m afstand fra bolig. Afstand,  $L_{\text{indkig}}$  er defineret som følger:

$$L_{\text{indkig}} = \text{Afstand fra vindue til nærmeste indkigsfelt} \quad (10)$$

Fælles for  $W_{\text{vinduesandel}}$  og  $W_{\text{modstående bygninger}}$  er, at begge kun skal vurderes i by-mæssig kontekst, defineret som  $L_{\text{indkig}} \leq 25$  m. I tilfælde med  $L_{\text{indkig}} > 25$  m betragtes det som "åben kontekst" og begge parametre opnår 10 point (max). Parametrene er beskrevet i det følgende:

#### VIS 3.2A: RISIKOPROFIL FOR VINDUESUDFORMNING [ $W_{\text{VINDUESANDEL}}$ ]

For hvert vindue markeres worst case indkigsfeltet nærmest boligen, og der måles en horisontal afstand til dette i Google Maps/Earth eller på eventuelle tilgængelige plantegninger.

##### Åben kontekst, $L_{\text{indkig}} > 25$ m

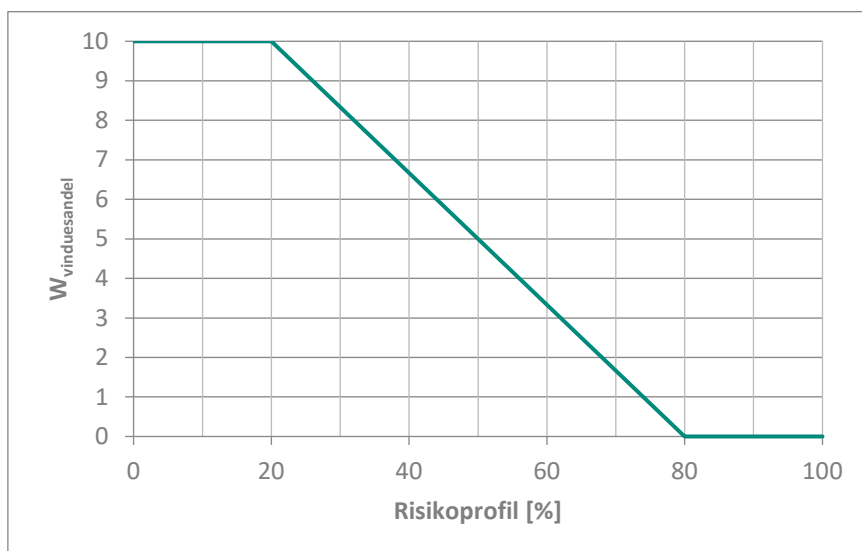
Hvis afstanden mellem indkigsfelt og vindue er over 25 m, betragtes casen som "åben kontekst", hvor modstående bygninger kun vil give minimal indkigsgene og der opnås  $W_{\text{vinduesandel}} = 10$  point.

##### By-kontekst, $L_{\text{indkig}} \leq 25$ m

Hvis afstanden er mindre end 25 m for et indkig-felt betragtes casen som "by-kontekst" og risikoen for indkig skal vurderes via vinduets risikoprofil, som benyttes til fastlæggelse af  $W_{\text{vinduesandel}}$ . Dette gøres ved først at vurdere indkigsfeltet ud fra vinduets størrelse og placering af vindue i væggen. Ved placering af vinduer til gulv medregnes et tillæg for de sidste 0,5 m ned mod gulvet, da det antages at disse vinduer vil øge generne ved indkig. Vinduets risikoprofil defineres som:

$$\text{Vinduets risikoprofil ift. indkig} = \text{samlet vinduesandel (i \% af facadeareal)} + \text{vinduesandel} \leq 0,5 \text{ m (i \% af facadeareal)}. \quad (11)$$

Ud fra risikoprofilen aflæses delscoren for  $W_{\text{vinduesandel}}$  i Figur 18.



FIGUR 18 VIS3.2A: VURDERING AF INDKIGSGENE UD FRA VINDUETS RISIKOPROFIL

VIS3.2B: INDKIG FRA MODSTÅENDE BYGNINGER [ $W_{\text{MODSTÅENDE BYGNINGER}}$ ]

For  $W_{\text{modstående bygninger}}$  skelnes igen mellem åben og by-kontekst.

**Åben kontekst,  $L_{\text{indkig}} > 25$  m**

Ved åben kontekst antages at modstående bygninger kun vil give minimal indkigsgene og der opnås  $W_{\text{modstående bygninger}} = 10$  point.

**By-kontekst,  $L_{\text{indkig}} \leq 25$  m**

$W_{\text{modstående bygninger}}$  findes gennem en funktion, der beskriver indkigget i worst case vinduet (beregningen foretages for alle vinduer i værktøjet. Scoren tildeles ud fra worst case). Heri indgår den modstående bygnings etagehøjde over/under referencerummet. Der tages et billede midt i referencerummet i en højde af 1,2 m orienteret hen imod vinduet. Antallet af modstående etager med indkigspotentiale tælles og der tildeles point efter den øverst synlige etage relativt til referenceetagen. Derfra kan delscoren findes via Tabel 68.

Hvis der ikke befinder sig en modstående bygning med potentiale for indkig, scores der 10 point for ingen indkigsrisici fra modstående bygninger. Generelt stiger potentialet for indkigsgene jo højere modstående bygning er relativt til referencebygningen, men der er kun betydningsfuldt indkig fra maks. én etage under og tre etager over referenceetagen, hvilket kommer til udtryk i Tabel 68.



Score	Hvor er der indkig fra?
10	- 2 etager under referenceetage
8	- 1 etage under referenceetage
6	Referenceetage
4	+ 1 etage over referenceetage
2	+ 2 etager over referenceetage
0	+ 3 etager over referenceetage

TABEL 68. VIS3.2B: FASTLÆGGELSE AF DELSCOREN  $W_{\text{MODSTÅENDE BYGNINGER}}$

Som eksempel på brug af tabel gives et referencerum på 3. sal med en modstående bygning op til 5. sal med potentielt indkig fra to etager over referencerummets egen etage, denne scorer 2 point som delscore. Et referencerum på 3. sal med en modstående bygning op til 2. sal vil have potentielt indkig fra én etage under referencerummets egen etage, derfor scorer den 8 point som delscore. Det antages, at det ikke er muligt at have betydningsfuldt indkig fra to etager under referenceetagen. Et referencerum i stue plan med en modstående bygning også i stueplan vil score 6 point som delscore.

#### VIS3.2C: KORREKTIONSFAKTORER [ $W_{\text{GADEKORR.}}$ OG $W_{\text{OPHOLDSKORR.}}$ ]

To korrektionsfaktorer er indført for at differentiere yderligere i tæt by-kontekst, hvor boliger er tætte på hinanden.

##### Indkig fra gadeniveau, $W_{\text{gadekor}}$

- Definition af "kort ophold":** Offentlige eller private gader, hvor folk enten går/cykler fra A til B eller opholder sig kort på bænke o.lign. Det er vigtigt, at huske, at gaderne selvfølgelig også skal være inden for definitionen af by-kontekst, dvs. indenfor 25 m, før scoren korrigeres med strafpoint. Det er dog sjældent, der ikke findes nærliggende veje og det afgørende er, om de kan ses på registreringsbilledet af vinduet.

Korrektion af Score, $W_{\text{gadekor}}$	Indkig fra gadeniveau
0	Intet indkig
-4	Indkig

TABEL 69. VIS3.2C: KORREKTION FOR INDKIG FRA GADENIVEAU, KORT OPHOLDSTID

**Indkig fra udendørs opholdsområder (sæsonbaseret indkig),  $W_{\text{opholdskorr}}$** 

- **Definition af "længere opholdstid":** Udendørs opholdsområder tæller offentlige pladser, parker eller lignende åbne områder med mulighed for ophold. Pladser og fortove med caféer og bænke som ophold. Busstoppesteder tæller også som ophold, særligt i byer da disse ofte kan samle mange mennesker. Udendørs træningsområder og legepladser tæller også med her, da det er antaget folk og børn træner og leger der i længere tid. Altaner og private gårde eller haver hører også ind under her. Et udendørs opholdsområde behøver ikke kun at befinde sig i terrænniveau, da f.eks. altaner kan være til stor gene i tæt by-kontekst.

Ved tvivl om hvad der kan passe ind herunder kan man vurdere, om der er ophold i længere tid af nogen art. Hvis folk ikke opholder sig, må de antages at transportere sig selv, hvilket vil gøre det til en gade. Det er vigtigt, at huske at det udendørs opholdsområde også skal være inden for definitionen af by-kontekst, dvs. indenfor 25 m, før scoren korrigeres med strafpoint. Derudover skal det kunne ses på registreringsbilledet af vinduet.

<i>Korrektion af Score, <math>W_{\text{opholdskorr}}</math></i>	<i>Indkig fra udendørs opholdsområde</i>
0	Intet indkig
0 til -4 (se Tabel 71)	Indkig

**TABEL 70. VIS3.2: KORREKTION FOR INDKIG FRA UDENDØRS OPHOLDSOMRÅDE, LÆNGERE OPHOLDSTID**

Ved indkig fra et udendørs opholdsområde kan straffen variere alt efter på hvilken etage referencerummet befinder sig på relativt til området. Derfor justeres straffen efter dette baseret på Tabel 71.

<i>Korrektion, <math>W_{\text{opholdskorr}}</math></i>	<i>Referencerummets etage relativt til opholdsområdets etage</i>	<i>Hvor er der indkig fra?</i>
0	- 2	- 2 etager under referenceetage <b>ELLER</b> + 2 etager over referenceetage
-2	- 1	- 1 etager under referenceetage <b>ELLER</b> + 1 etager over referenceetage
-4	0	Referenceetage

**TABEL 71. VIS3.2: FASTLÆGGELSE AF KORREKTIONEN  $W_{\text{OPHOLDKORR}}$**

Som eksempel på brug af Tabel 71 vurderes et referencerum på 3. sal med en legeplads i terrænniveau synligt i registreringsbilledet. Her gives 0 point i straf, da der er 3 etager i relativ forskel og man derfor ikke kan få betydningsfuldt indkig i denne højde fra legepladsen. Et referencerum på 3. sal med indkigspotentiale fra en altan på 4. sal vil få -2 point i straf, da der kun er 1 etage i relativ forskel, hvilket kan potentielt give betydningsfulde indkigsgener. Et



referencerum på 3. sal med indkigspotentiale fra en altan på 4. sal og 5. sal vil få -2 point i straf, da der tildeles point efter worst case, hvilket må være den lavest hængende altan over referenceetagen. Et referencerum på 3. sal med indkigspotentiale fra en altan på 2. sal, 3. sal, 4. sal og 5. sal vil få -4 point i straf, da der tildeles point efter worst case, hvilket vil være altanen på referenceetagen (3. sal) da den hænger lige ud for referencevinduet.

### VIS3.2: ENDELIG SCORE FOR INDKIG

Den endelige score for indkig beregnes med følgende formel:

$$\text{Score VIS3.2} = (W_{\text{vinduesandel}} + W_{\text{modstående bygninger}} + W_{\text{gadestraf}} + W_{\text{opholdsstraf}}) / 2 \quad (12)$$

Score kan aldrig blive mindre end 0.

### VIS3.3: SCORE FOR BEVÆGELIG AFSKÆRMNING

Den eksterne afskærmningseffekt på udsynet fra boligen (VIS3.3) vurderes i Tabel 72.  $\tau_{v, n-n}$  er et omtrentligt udtryk for andelen af det frie udsynsareal. (Dansk Standard, 2005)

	<i>Udsyn ved aktiv afskærmning</i>	
<i>Score</i>	<i>Ved aktiv afskærmningen er der:</i>	<i>Normal-normal lystransmittans</i>
2	Ingen udsyn til de ydre omgivelser	$\tau_{v, n-n} < 0,03$
4	Udsyn til de ydre omgivelser, men afskærmningen reducerer/forvrænger udsynet permanent	$\tau_{v, n-n} < 0,10$
7	Udsyn til de ydre omgivelser	$\tau_{v, n-n} > 0,10$
10	Ingen afskærmning	-

TABEL 72. VIS3.3: BEVÆGELIG AFSKÆRMNINGS PÅVIRKNING PÅ UDSYNET (Dansk Standard, 2005)

Vægtning af kriterier, VIS3	Procent
VIS3.1: Udsyn	40%
VIS3.2: Indkig	35%
VIS3.3: Bevægelig afskærmning	25%

TABEL 73. SAMMENVÆGTNING AF SCORE VIS3.

### VIS4: BRUGERNES MULIGHED FOR JUSTERING AF INDEKLIMAET

Det visuelle indeklima i boliger evalueres på justeringsmuligheder for solafskærmning. I praksis er justeringsmulighederne en afvejning af beboerens ønsker til dagslys, udsyn og indkig. Er udvendig solafskærmning ikke til stede opnås 10 point.

**VIS4.1: Solafskærmning, justeringsmuligheder**

For bygningsbrugere bliver brug af solafskærmning en afvejning mellem mulighed for dagslys, udsyn og indkig. VIS4.1 vurderer hvor let det er at justere solafskærmningen. Kun udvendig afskærmning indgår i vurdering.

**VIS4.2: Solafskærmning, aktiveringsmuligheder**

Det mest optimale for brugere er, at solafskærmningen kan aktiveres vindue for vindue. Dette vurderes i VIS4.2.

**VIS4: Beregning af score**

VIS4 vurderes ud fra Tabel 74 og Tabel 75.

<i>Score</i>	<i>0</i>	<i>7</i>	<i>10</i>
<i>Justering af udvendig solafskærmning</i>	Ingen mulighed	Kan reguleres med manuel betjening	Kan reguleres med elektrisk betjening <b>ELLER</b> Der er ingen ekstern solafskærmning

**TABEL 74. VIS4.1: SCORING AF SOLAFSKÆRMNING, JUSTERINGSMULIGHEDER.**

<i>Score</i>	<i>0</i>	<i>10</i>
<i>Aktivering af udvendig solafskærmning for hvert vindue</i>	Nej	Ja <b>ELLER</b> Der er ingen ekstern solafskærmning

**TABEL 75. VIS4.2: SCORING AF SOLAFSKÆRMNING, AKTIVERINGSMULIGHEDER.**

Vægtning af kriterier	Procent
Solafskærmning , justeringsmuligheder	50%
Solafskærmning, aktiveringsmuligheder	50%

**TABEL 76. SAMMENVÆGTNING AF SCORE VIS4.**

# Referencer

- Aggerholm, S. and Grau, K. (2018) *SBI-anvisning 213 Bygningers energibehov*. 5th edn.
- Alm, S., Mukala, K. and Jantunen, M. J. (2006) 'Levels and Determinants of Personal Carbon Monoxide Exposure in Preschool Children', *Epidemiology*, 9(Supplement), p. S128. doi: 10.1097/00001648-199807001-00429.
- Andersen, K. T. (1996) *Kuldenedfald fra kolde flader, SBI-meddelelse 112*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, Denmark.
- ASHRAE (2009) 'Ventilation and infiltration', in *2009 ASHRAE Handbook—Fundamentals (SI-edition)*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, pp. 16.1-16.36.
- Babiak, J. et al. (2007) *Low temperature heating and high temperature cooling embedded water based surface heating and cooling systems*. Rehva. Available at: [http://primo.aub.aau.dk/primo\\_library/libweb/action/display.do;jsessionid=3A879DB7F50B60F4E60C2567319A7D0?tabs=detailsTab&ct=display&fn=search&doc=AUB01\\_ALEPH001679743&indx=2&reclids=AUB01\\_ALEPH001679743&reclidxs=1&elementId=1&renderMode=poppedOut&displayMode=full&frbrVersion=&vid=desktop&vl\(57399064UI0\)=any&tab=default\\_tab&vl\(57399062UI1\)=all\\_items&dscnt=0&vl\(freeText0\)=REHVA Guidebook%3A Low temperature heating and high temperature cooling&vl\(1UIStartWith0\)=contains&dum=true&dstmp=1512729599601&gathStatIcon=true](http://primo.aub.aau.dk/primo_library/libweb/action/display.do;jsessionid=3A879DB7F50B60F4E60C2567319A7D0?tabs=detailsTab&ct=display&fn=search&doc=AUB01_ALEPH001679743&indx=2&reclids=AUB01_ALEPH001679743&reclidxs=1&elementId=1&renderMode=poppedOut&displayMode=full&frbrVersion=&vid=desktop&vl(57399064UI0)=any&tab=default_tab&vl(57399062UI1)=all_items&dscnt=0&vl(freeText0)=REHVA Guidebook%3A Low temperature heating and high temperature cooling&vl(1UIStartWith0)=contains&dum=true&dstmp=1512729599601&gathStatIcon=true) (Accessed: 8 December 2017).
- Dansk Standard (1993) *DS 474 Norm for specifikation af termisk indeklima*. Elektronis. Charlottenlund : Dansk Standard.
- Dansk Standard (2004) *DS/EN 12354-6:2004 Bygningsakustik – Beregning af bygningers akustiske egenskaber ud fra bygningselementernes egenskaber – Del 6: Lydabsorption i lukkede rum*. Charlottenlund : Dansk Standard.
- Dansk Standard (2005) *DS/EN 14501:2005 - Jalousier og skodder - Termisk og visuel komfort - Bestemmelse af ydeevne og klassifikation*. Available at: <https://webshop.ds.dk/da-dk/søgning?q=DS%2FEN+14501%3A2005> (Accessed: 6 December 2017).
- Dansk Standard (2011) *DS 3033 Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer*. Elektronis. Charlottenlund : Dansk Standard.
- Dansk Standard (2013a) *DS/EN ISO 717-1:2013 Akustik – Vurdering af lydisolations i bygninger og af bygningsdele – Del 1 : Luftlydisolation*.
- Dansk Standard (2013b) *DS/EN ISO 717-2:2013 Akustik – Vurdering af lydisolations i bygninger og af bygningsdele – Del 2: Trinlydniveau*. Charlottenlund : Dansk Standard.
- Dansk Standard (2018a) *DS/EN 17037:2018 Dagslys i bygninger (Daylight in buildings)*.
- Dansk Standard (2018b) *DS 490:2018 - Lydklassifikation af boliger (Sound classification of dwellings)*. Elektronis. Dansk Standard.
- European Environment Agency (2020) *Environmental noise in Europe – 2020*. doi: 10.2800/686249.

- Frontczak, M., Andersen, R. V. and Wargocki, P. (2012) 'Questionnaire survey on factors influencing comfort with indoor environmental quality in Danish housing', *Building and Environment*, 50, pp. 56–64. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.10.012.
- Frontczak, M. and Wargocki, P. (2011) 'Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 46(4), pp. 922–937. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.10.021.
- Google (no date) *Google maps*. Available at: <https://www.google.com/maps> (Accessed: 15 March 2018).
- Havgaard Vorre, M. *et al.* (2017) *Branchevejledning for indeklimaberegninger 1. udgave*. Available at: [www.sbi.dk](http://www.sbi.dk) (Accessed: 19 December 2017).
- International Well Building Institute (2019) *Air quality standards | WELL Standard*. Available at: <https://standard.wellcertified.com/air/air-quality-standards> (Accessed: 11 December 2018).
- Knudsen, H. N. *et al.* (2016) 'House Owners' Interests and Actions in Relation to Indoor Temperature, Air Quality and Energy Consumption', in *Proceedings of 12th REHVA World Congress CLIMA 2016 : volume 6*, p. Paper #665.
- Knudsen, H. N. *et al.* (2019) *Oplevet indeklima - Spørgeskema til evaluering før og efter renovering, 2. udgave*. REBUS samfundspartnerskab. Available at: [http://www.rebus.nu/media/1346/oplevelt-indeklima\\_version2.pdf](http://www.rebus.nu/media/1346/oplevelt-indeklima_version2.pdf).
- Kragh, J. *et al.* (2013) *Håndbog NORD2000 - Beregning af vejstøj i Danmark*.
- Larsen, T. S. *et al.* (2020) *Centrale parametre til karakterisering af bygningers indeklima, 2. udgave*. REBUS samfundspartnerskab.
- Larsen, T. S. and Knudsen, H. N. (2017) *Brugerkommunikation – vejen til et bedre indeklima?* REBUS samfundspartnerskab.
- M1 criteria and the use of classified products - M1 Luokituspalvelu* (2019). Available at: <https://m1.rts.fi/en/m1-criteria-and-the-use-of-classified-products-2d03887d-aa6a-4a66-ad3c-ce25a512cf38> (Accessed: 26 March 2019).
- Michelsen, L. N., Fryd, J. and Jensen, A. (2010) *Introduktion - Støj fra vejtrafik - vejdirektoratets arbejde med støj - Rapport 370*. Available at: [http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden\\_og\\_data/publikationer/Lists/Publikationer/Attachments/829/støj fra vejtrafik.pdf](http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/publikationer/Lists/Publikationer/Attachments/829/støj%20fra%20vejtrafik.pdf) (Accessed: 15 January 2019).
- Miljøstyrelsen (2006) *Støj kortlægning og støj handlingsplaner (Vejledning nr. 4, 2006)*. København. Available at: <http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-146-8/pdf/87-7052-146-8.pdf>.
- Mullen, N. A. *et al.* (2016) 'Results of the California Healthy Homes Indoor Air Quality Study of 2011-2013: Impact of natural gas appliances on air pollutant concentrations', *Indoor Air*, 26(2), pp. 231–245. doi: 10.1111/ina.12190.
- Paulin, L. M. *et al.* (2014) 'Home interventions are effective at decreasing indoor nitrogen dioxide concentrations', *Indoor Air*, 24(4), pp. 416–424. doi: 10.1111/ina.12085.
- Rasmussen, B. and Ekholm, O. (2019) 'Nabostøj i danske etageboliger – Gener og potentielle helbredseffekter', *Miljø og sundhed*, 3, pp. 3–14. Available at: <http://miljoogsundhed.sst.dk/blad/index.html>.



## REFERENCER

Rasmussen, B. and Petersen, C. M. (2014a) *Lydisolering af klimaskærmen (SBI-anvisning 244)*. Edited by N. S. Nielsen. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Available at: <http://www.anvisninger.dk/244> (Accessed: 24 May 2018).

Rasmussen, B. and Petersen, C. M. (2014b) *Lydisolering mellem boliger - eksisterende byggeri (SBI-anvisning 243)*. Edited by N. S. Nielsen. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Available at: <http://www.anvisninger.dk/243> (Accessed: 24 May 2018).

Rohde, L. *et al.* (2019) 'Determining indoor environmental criteria weights through expert panels and surveys', *Building Research & Information*. Routledge, pp. 1–14. doi: 10.1080/09613218.2019.1655630.

Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen (2018) *Bygningsreglement 2018 (BR18)*.

Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen (2019) *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys*.

Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen (2020) *Bygningsreglementets vejledning om lydforhold*. Available at: <http://byggningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Vejledninger>.

U.S. Green Building Council (2013) *LEED v4, Reference Guide for building design and construction v4*.

Udesen, C. . *et al.* (2019) *Boligmiljø - Sundheds- og sygeligheds-undersøgelsen 2017*. Available at: <https://www.sdu.dk/da/sif/rapporter/2019/boligmiljoe>.

WHO (2011) *Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe*. Available at: [www.euro.who.int](http://www.euro.who.int).

WHO (2018) *Environmental noise guidelines for the European region*. Available at: <https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>.

World Health Organization WHO (2019) *WHO - Ambient (outdoor) air quality and health*. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Accessed: 25 March 2019).

Zhao, Y. and Zhao, B. (2018) 'Emissions of air pollutants from Chinese cooking: A literature review', *Building Simulation*, 11(5), pp. 977–995. doi: 10.1007/s12273-018-0456-6.



# Appendix 1: Beregning af trafikstøj for boliger uden for støjkort

## Udendørs trafikstøjniveau UDEN FOR gældende støjkort

I Danmark er det kun trafikstøj i de fire største byer, de største statsveje som motorveje og motortrafikveje, jernbaner og lufthavne der skal kortlægges, se <https://mst.dk/luft-stoej/stoej/kortlaegning-af-stoej-og-handlingsplaner/>. I provinsbyer og landområder kan der derfor mangle kortlægning af ekstern støj. I disse situationer foretages i stedet støjestimering på baggrund af følgende fremgangsmåde indtil målinger/støjkort foreligger. <sup>4</sup>

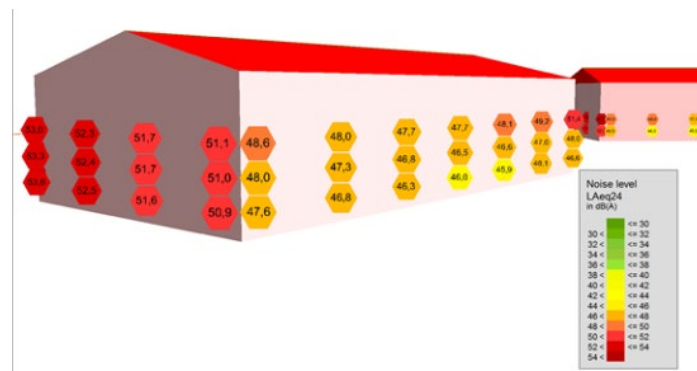
I Danmark beregnes trafikstøj med den godkendte støjmodel Nord2000, som anvendes til støjberegninger og -godkendelser i situationer, hvor der ikke er udført støjkortlægning. Der kan anvendes et af følgende værktøjer til overslagsberegning af trafikstøj (eller generelt ekstern støj inkl. virksomhedsstøj), uden for støjkortet.

- **SoundPlan:** Værktøjet kan udover trafikstøj også indregne støjkluder fra virksomheder med grafisk dokumentation i farvelagte kort. Se <http://www.soundplan.dk/>. Figur 19 illustrerer en detaljeret beregning af forventede støjniveauer uden for vinduerne af en fleretages bygning. Det højeste niveau kan anvendes som 'worst case' eksempel. Bemærk, at resultater, afhængigt af beregningernes opsætning, kan være op mod 3 dB for høje.
- **NorCalc:** Værktøjet til trafikstøj alene er baseret på opslag i tabeller, som på forhånd er gennemregnet for nogle typiske trafik-støjtilfælde. Værktøjet kan downloades fra SINTEFs hjemmeside. <https://www.sintef.no/siste-nytt/kartlegging-av-stoy/>
- **N2kR:** Værktøjet er en tidligere version brugt inden lancering af NorCalc. Værktøjet kan stadig downloades, men er ikke længere ajour mht. støjeksemplar data. **SoundPlan** eller **NorCalc** skal derfor benyttes fremadrettet. <sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Principielt kan trafikstøjbelastningen  $L_{den}$  ikke måles direkte men skal beregnes med Nord2000 i Danmark. Årsagen til at støjen ikke direkte kan måles er, at støjbelastningen skal angives som en årsmiddelværdi baseret på årsværdier af trafik og meteorologiske forhold.

<sup>5</sup> N2kR er anvendt i det efterfølgende beregningseksempel.



FIGUR 19. DETALJERET BEREGNING I SOUNDPLAN AF FORVENTEDE STØJNIVEAUER UDEN FOR VINDUERNE AF EN BYGNING.

BEMÆRK: Der eksisterer andre avancerede beregningsmodeller, som i hovedtræk vil give sammenlignelige resultater, men det er kun Nord2000, der er godkendt i Danmark til trafikstøjberegninger. I Danmark udføres alle certificerede beregninger med **SoundPlan**.

#### Beregningseksempel ved placering UDEN FOR støjkort

I Nord2000 er der for trafikstøj defineret seks kategorier af vejtyper med forskellige hastighedsbegrænsninger og fordeling af let/tung trafik. Disse kategorier danner baggrund for beregningerne i N2kR, som desuden også baserer resultaterne på:

- vejrdata
- vejens orientering i fht. N-S i intervaller på 45°
- overfladebelægning
- vejtype og dertilhørende fordeling af let, mellem og tung trafik
- hastighed
- bebyggelse/støjskærme ved vejen
- trafikbelastningen

Eksempler på trafikstøj er beregnet for en vej orienteret N-S og vejrdata er angivet som årsmiddel, hvor vinden oftere blæser fra V og SV end fra Ø og NØ (DK year). Støjen fra kilden angives dermed som 'worst-case'. Støjkurven og støjeksemplerne er således angivet for hhv. 20, 40 og 80 m øst for vejen, med helt fladt terræn, som er blødt, som f.eks. græs. Belægningen er asfaltbeton, og trafikbelastningen er angivet i fordelingsnøglen i Håndbog Nord2000.

Støjberegning ved boliger, der adskiller sig markant fra det givne eksempel anbefales foretaget i Nord2000 beregningsmodellen. Ved ændring i trafikmængde (men ikke fordeling) vil en simpel fordobling medføre 3 dB forøgelse af støjniveauer i tabeller og grafer. Ellers kan eksempel-værdierne i Tabel 78 og Tabel 79 anvendes.

Input i eksempelberegningerne med 'N2Kr' er foretaget ud fra antagelser angivet i Tabel 77.

Input i N2kR	
Vejrdata	DK year
Vejens orientering i fht. N-S i intervaller på 45°	Orientering NS
Overfladebelægning	AC 12d (DK)
Vejtype og dertilhørende fordeling af let, mellem og tung trafik	Se Appendix 1 i Nord2000
Hastighed	Se input fra Tabel 78 og Tabel 79
Bebyggelse/støjskærme ved vejen	Støj angives mellem 5 m høje huse
Trafikbelastningen	Se input fra Tabel 78 og Tabel 79

**TABEL 77. FORUDSÆTNINGER FOR BEREGNINGER FORETAGET I NORD2000 TIL BRUG I IK-KOMPAS.**

Ved anvendelse af beregningsværktøjet samt anbefalingerne til inputs i Nord2000 fremkommer følgende eksempler på støj som funktion af afstanden til kilden modtaget i hhv. 1,5m og 4m's højde, jvf. Tabel 78 og Tabel 79. Støjniveauet er angivet ved  $L_{den}$ , som er det gennemsnitlige støjniveau over et døgn (men baseret på årsmiddelværdier). I tabellerne er de mindre veje uden for byer opdelt i landeveje nær ved og uden for byområder, da veje nær byer typisk har mest trafik. Små veje i landområder uden nævneværdig gennemkørende trafik vil typisk have meget få køretøjer. For boligveje skelnes der mellem blinde veje og fordelingsveje i større boligområder. De lidt større boligveje betjener ofte en kombination af boliger og andre formål (butikker el. lign.), jvf. (Kragh *et al.*, 2013).

Modtageposition Højde 1,5 m			Årsdøgntrafik, antal	Hastighed, km/t	$L_{den}$ [dB], 0 m	$L_{den}$ [dB], 20 m	$L_{den}$ [dB], 40 m
Landevej	A	Ved byområde	1100	60-70	71	59	51
	B	Uden for byområde	200	80-90	66	54	46
	C	Ikke-gennemkørende trafik	50	80-90	59	48	40
Boligvej	D	Vej med flere funktioner	1400	50-60	68	56	48
	E	Fordelingsvej/bygade	250	50-60	60	49	41
	F	Blind vej	100	30-40	53	43	35

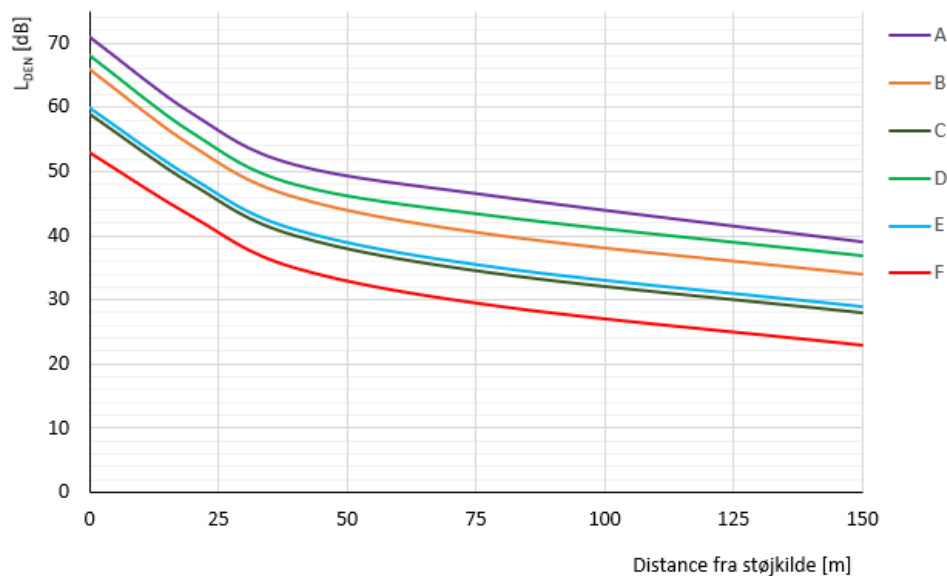
**TABEL 78. STØJ FRA TRAFIK UDEN FOR DE STØRSTE BYER BEREGNET I NORD2000. ANGIVET SOM STØJ I TRE FORSKELLIGE AFSTANDE TIL VEJEN MODTAGET I 1,5 M HØJDE**

Modtageposition Højde 4 m			Årsdøgntrafik, antal	Hastighed, km/t	L <sub>den</sub> [dB], 0 m	L <sub>den</sub> [dB], 20 m	L <sub>den</sub> [dB], 40 m
Landevej	A	Ved byområde	1100	60-70	67	60	53
	B	Uden for byområde	200	80-90	61	54	48
	C	Ikke-gennemkørende trafik	50	80-90	55	48	42
Boligvej	D	Vej med flere funktioner	1400	50-60	64	57	50
	E	Fordelingsvej/bygade	250	50-60	56	49	43
	F	Blind vej	100	30-40	49	43	37

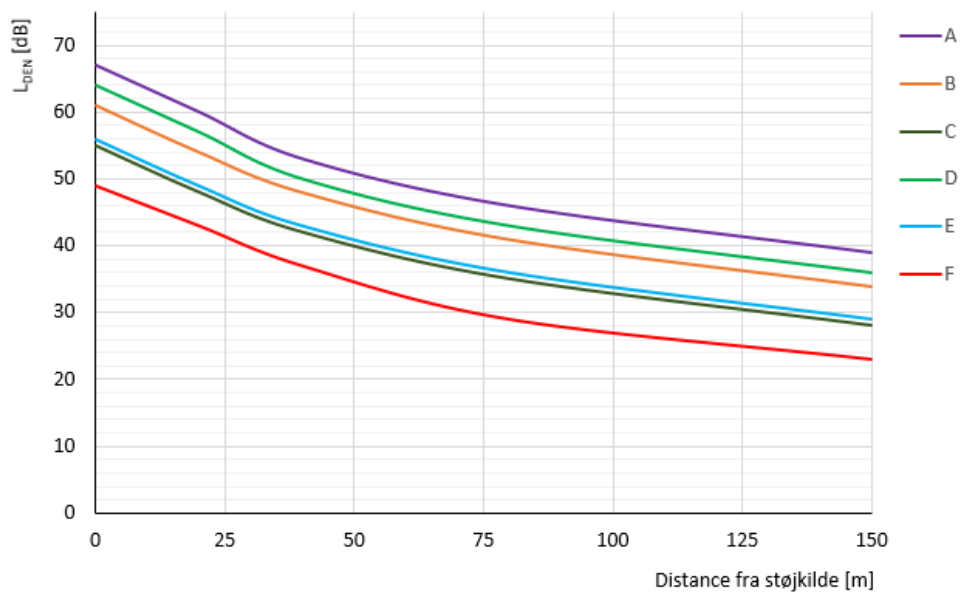
TABEL 79. STØJ FRA TRAFIK UDEN FOR DE STØRSTE BYER BEREGNET I NORD2000. ANGIVET SOM STØJ I TRE FORSKELLIGE AFSTANDE TIL VEJEN MODTAGET I 4 M HØJDE

Der interpoleres til energimæssig middelværdi ved afstande mellem de angivne, som vist i Figur 20 og Figur 21.

Beregningerne angiver lydtrykniveauet ved bygningens facade. Der er ikke taget højde for landskabsmæssige forhold så som bakker, åbent vand eller andet.

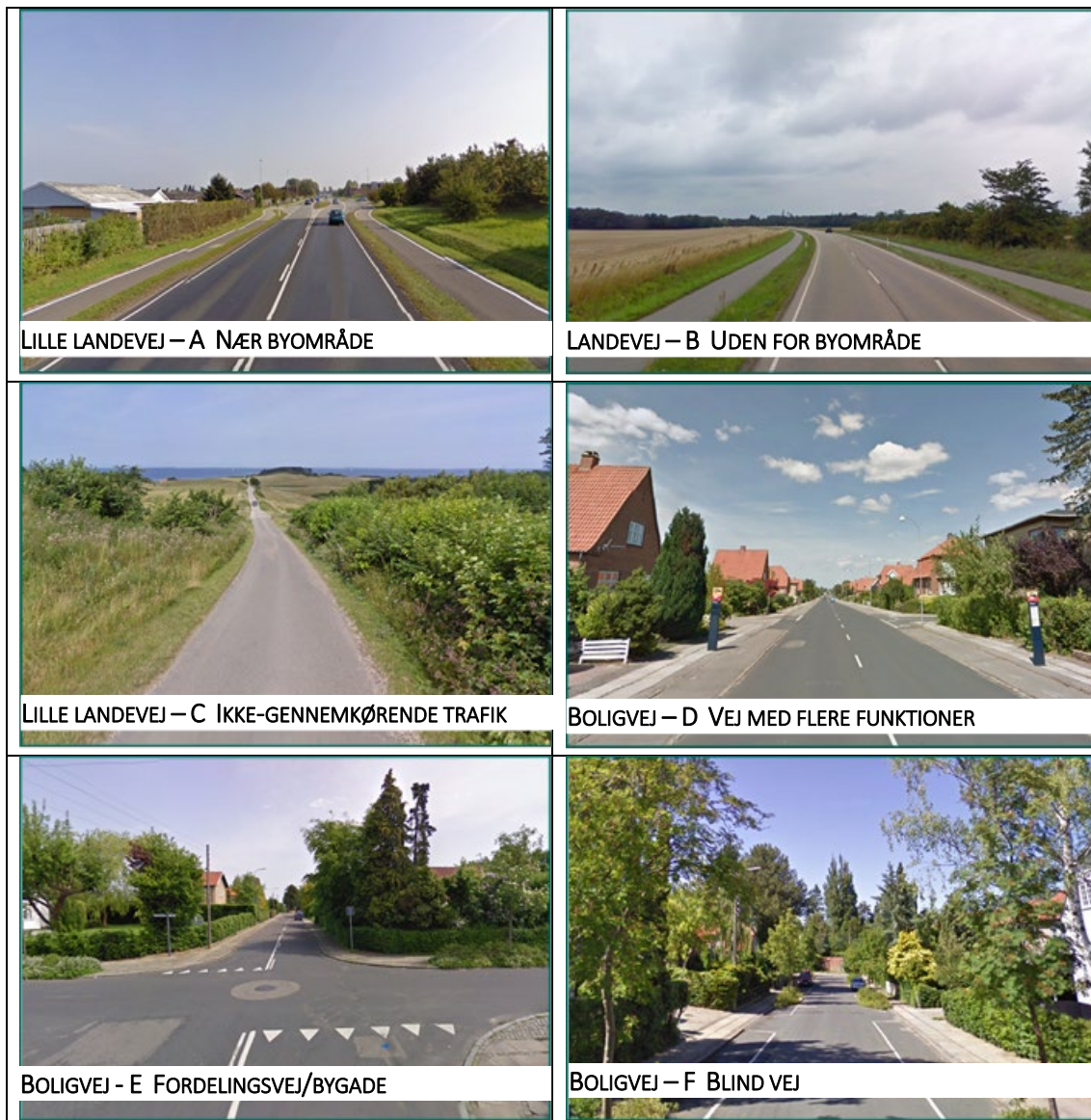


FIGUR 20 STØJNIVEAU, L<sub>DEN</sub>, SOM FUNKTION AF AFSTANDEN (DISTANCEN) TIL STØJKILDEN I 1,5 M HØJDE



FIGUR 21 STØJNIVEAU,  $L_{DEN}$ , SOM FUNKTION AF AFSTANDEN (DISTANCEN) I 4 M HØJDE

Figur 22 viser eksempler på de forskellige typer af veje, som kan anvendes i forbindelse med identificering af vejtyper.



FIGUR 22 EKSEMPLER PÅ VEJTYPER TIL BEREGNING UDENFOR STØJKORT (foto Google n.d.)



## Appendix 2: Fastlæggelse af lydabsorptionsareal for rum med let møblement

Ved beregning af efterklangstiden ( $T_{\text{mean}}$ ) i AKU3.2 antages et let møbleret rum, som beregnes vha. Sabines Formel.

$$T_{\text{mean}} = 0,163 * V_{\text{room}} / (A_{\text{room surfaces}} + A_{\text{sparsely}})$$

Til beregningen var det nødvendigt at definere et møblement som svarer til let møblement. Værdier for møblement er fundet i EN 12354-6 (Dansk Standard, 2004). Der er antaget følgende:

- Rum på 12m<sup>2</sup> med rum højde på 2,5 m svarende til rumvolumen på 30 m<sup>3</sup>
- Let møblement: et bord, to stole, et skrivebord og et skab. Dette svarer til et absorptionsareal på 2m<sup>2</sup> (ud fra Annex E i EN 12354-6)

Vurderes møblementet i forhold rummets gulvareal (2m<sup>2</sup>/12m<sup>2</sup>) svarer dette til 17%. Det antages at denne andel kan benyttes for alle beregninger af  $A_{\text{sparsely}}$ . Så øges rummets areal fx til 25m<sup>2</sup> vil absorptionsarealet for let møblement svare til  $A_{\text{sparsely}} = 4,25 \text{ m}^2 (= 25 * 0,17)$

*IK-kompas Etageboliger – værktøj til holistisk vurdering af indeklima* er en dokumentationsrapport, der forklarer brugen af værktøjet IK-kompas.

Værktøjet bruges til at vurdere bygningens mulighed for at opnå et godt indeklima. Værktøjet tager udgangspunkt i bygningens fysiske rammer og er uafhængig af brugernes adfærd i bygningen. Værktøjet vurderer bygningens IndeklimaKvalitet, ikke brugernes adfærd.

Værktøjet er som udgangspunkt udviklet til at kunne bruges bredt således, at det på sigt vil kunne benyttes til vurdering af indeklima i alle bygningstyper, men i første omgang afgrænses udviklingen til at omfatte etageboligbyggeri.

Dokumentationsrapporten henvender sig til bygherrer, rådgivere og eksperter, lejere og Almene Boligselskaber som ønsker at kende til eller forbedre deres indeklima. Værktøjet kan benyttes i alle former for etageboliger.

