



# BUILD

# RAPPORT

2025:14

# Byggetekniske hændelser og udvikling i regulering og viden 1995 - 2025

Bygningers sikkerhed og sundhed

Ruut Peuhkuri, Jørgen Nielsen, John Dalsgaard Sørensen, Lars Vædeled Roed, Andreas Klauber, Per Heiselberg,  
Torben Valdbjørn Rasmussen, Birgitte Andersen, Nanet Mathiasen, Anne Kathrine Frandsen, Birgit Rasmussen & Jesper Kragh



# **BYGGETEKNISKE HÆNDELSER OG UDVIKLING I REGULERING OG VIDEN 1995 - 2025**

Bygningers sikkerhed og sundhed

Ruut Peuhkuri,  
Jørgen Nielsen,  
John Dalsgaard Sørensen,  
Lars Vædeled Roed,  
Andreas Klauber,  
Per Heiselberg,  
Torben Valdbjørn Rasmussen,  
Birgitte Andersen,  
Nanet Mathiasen,  
Anne Kathrine Frandsen,  
Birgit Rasmussen,  
Jesper Kragh

BUILD, Aalborg Universitet  
2025

<b>TITEL</b>	Byggetekniske hændelser og udvikling i regulering og viden 1995 - 2025
<b>UNDERTITEL</b>	Bygningers sikkerhed og sundhed
<b>SERIETITEL</b>	BUILD Rapport 2025:14
<b>FORMAT</b>	Digital
<b>UDGIVELSEÅR</b>	2025
<b>UDGIVET DIGITALT</b>	Oktober 2025
<b>FORFATTER</b>	Ruut Peuhkuri, Jørgen Nielsen, John Dalsgaard Sørensen, Lars Vædeled Roed, Andreas Klauber, Per Heiselberg, Torben Valdbjørn Rasmussen, Birgitte Andersen, Nanet Ma- thiasen, Anne Kathrine Frandsen, Birgit Rasmussen, Jesper Kragh
<b>SPROG</b>	Dansk
<b>SIDETAL</b>	108
<b>ISBN</b>	978-87-94561-56-3
<b>LAYOUT</b>	BUILD
<b>FOTO</b>	Ruut Peuhkuri
<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.anvisninger.dk">www.anvisninger.dk</a>

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

# INDHOLD

<b>FORORD</b>	<b>4</b>
<b>1 SAMMENFATNING</b>	<b>6</b>
1.1 Tværgående konklusion	6
1.2 Konstruktioner	7
1.3 Brand	7
1.4 Atmosfærisk indeklima	8
1.5 Visuelt indeklima	10
1.6 Akustisk indeklima	11
1.7 Termisk indeklima	11
<b>2 INDLEDNING</b>	<b>14</b>
2.1 Baggrund	14
2.2 Metode og afgrænsning	14
2.3 Rapportens opbygning	16
<b>3 KONSTRUKTIONER</b>	<b>18</b>
3.1 Kortlægning af udvikling i reguleringen	18
3.2 Kortlægning af væsentlige hændelser	23
3.3 Analyse af sammenhæng mellem hændelser og regulering	31
3.4 Vurdering af realiseret opfyldelse af krav	32
3.5 Referencer	36
3.6 Bilag til kapitel 3	38
<b>4 BRAND</b>	<b>46</b>
4.1 Metode, kildegrundlæg og afgrænsning	46
4.2 Kortlægning af udvikling i reguleringen	48
4.3 Kortlægning af væsentlige hændelser	50
4.4 Analyse af sammenhæng mellem hændelser og regulering	55
4.5 Vurdering af realiseret opfyldelse af krav	56
4.6 Referencer	58
<b>5 SUNDHED</b>	<b>60</b>
5.1 Atmosfærisk indeklima	60
5.2 Visuelt indeklima	85
5.3 Akustisk indeklima	89
5.4 Termisk indeklima	99
<b>6 KONKLUSION</b>	<b>104</b>
6.1 Refleksioner og anbefalinger	104

# FORORD

Nærværende rapport præsenterer resultatet af et projekt, som havde til formål at kortlægge hændelser de seneste ca. 30 år inden for konstruktionskollaps og brande samt på sundhed i bygninger, og markere hændelser, som har medført ændringer i reguleringen. Baggrunden for projektet er Social- og Boligstyrelsens arbejde med udvikling af et helhedsorienteret bygningsreglement, som udspringer af tillægsaftale af 30. maj 2024 til national strategi for bæredygtigt byggeri. Rapporten kan anvendes som et bidrag til granskning af bygningsreglementets tekniske krav i forbindelse med revision af bygningsreglementet.

Kortlægningen og analyserne er udført af et projektteam bestående af en række eksperter ved BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet, inden for de tre undersøgte af bygningsreglementets områder – konstruktioner, brand og sundhed – hvor BUILDs egen ekspertise er suppleret ved inddragelse af DBI (Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut) som underleverandør på brandområdet. Ekspertise og viden for de tre områder brand, konstruktioner og sundhed findes i separate miljøer, og opgaven er derfor gennemført som tre relativt selvstændige delprojekter, med følgende projektdeltagere ledet af lektor Ruut Peuhkuri:

- Konstruktioner: Adjungeret professor Jørgen Nielsen, Professor John Dalsgaard Sørensen, Seniorrådgiver Jørgen Munch-Andersen
- Brand: Data scientist Andreas Klauber og Brandrådgiver Lars Vædeled Roed, DBI.
- Sundhed: Professor Per Heiselberg (atmosfærisk indeklima, ventilation), Seniorforsker Jesper Kragh (termisk indeklima), Lektor Birgitte Andersen (atmosfærisk indeklima, skimmel), Seniorrådgiver Nanet Mathiasen (visuelt indeklima), Seniorforsker Anne Kathrine Frandsen (visuelt indeklima), Seniorforsker Torben Valdbjørn Rasmussen (atmosfærisk indeklima, radon og asbest) og Lektor emerita Birgit Rasmussen (akustisk indeklima)

I forbindelse med dataindsamling har projektteamet været i kontakt med en lang række organisationer og personer. Vi vil gerne udtrykke stort tak til alle som har være behjælpelige, uanset om data har været brugbar eller ej i dette projekt. En særlig tak til Peder Fynholm, teknisk chef i Byggeskadefonden, for at lade os få en værdifuld indblik i Byggeskadefondens omfattende registre.

Rapporten er udarbejdet som en del af et myndighedsprojekt gennemført for Social- og Boligstyrelsen, Kontor for byggeri. Rapporten er kvalitetssikret af lektor Jannie Sønderkær Nielsen og projektkoordinator Haseebullah Wahedi har bistået med dataindsamling.

BUILD - Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet  
Sektion for Byggeteknik, Proces og Indeklima  
Oktober 2025

Anne Kathrine Frandsen, viceinstituttleder for myndighedsbetjening

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, overlapping curves that flow across the entire page.

1

# SAMMENFATNING

# 1 SAMMENFATNING

Denne rapport kortlægger, hvordan reguleringen inden for de tekniske bestemmelser om sikkerhed og sundhed har udviklet sig i 1995 – 2025 og undersøger om der er en sammenhæng mellem reguleringens udvikling og hændelser inden for brand, konstruktioner og sundhed samt milepæle i vidensudvikling i de enkelte fagområder. Der er også set på i hvilken grad krav i reguleringen er realiseret i byggeriet - forskellen mellem formel og realiseret opfyldelse af krav.

Ekspertise om regler, hændelser og analyse af hændelser inden for de forskellige fagområder findes i separate miljøer. Analysen er derfor gennemført som relativt selvstændige delprojekter indenfor hvert fagområde. Sammenfatningen af analyserne præsenteres i det følgende enkeltvis for de enkelte fagområder, men der gives også et bud på en samlet, tværgående konklusion.

## 1.1 Tværgående konklusion

Bygningsreglement med dets henvisninger til normer og standarder har til formål at sikre at bygninger yder tilfredsstillende tryghed i brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende. Historisk har reguleringen bevæget sig væk fra detailkrav til beskrivelser af ydeevnekrav, også omtalt som funktionskrav, hvor der ikke stilles målbare krav eller krav om bestemte løsninger, materialer eller konstruktionsopbygninger, men krav til den ydeevne eller funktion, som skal være opfyldt. Dette giver plads til fortolkning og stiller krav til både viden om konkrete løsninger, der opfylder bygningsreglementets bestemmelser og nødvendig/tilstrækkelig dokumentation af, at funktionskrav er opfyldt.

Den nærværende kortlægning af perioden 1995 – 2025 har vist at

- Krav som regel er strammet, eller gjort mere målbart eller konkret fx for radon
- Enkelte krav er lempet, fx for bæreevne af konstruktioner (bortset fra snelasten) og ventilation
- Markante hændelser og milepæle i viden har i høj grad påvirket reguleringen
- Der er som regel kommet øget krav til dokumentation og kontrol, men på nogle områder, fx for skimmel, er disse krav nødvendigvis hverken defineret, beskrevet eller kontrolleret
- Øget krav til dokumentation og kontrol af dokumentation på konstruktions- og brandområdet har reduceret antal af alvorlige fejl som potentielt kunne lede til en alvorlig hændelse, og her spiller også vejledninger og oplysningskampagner en positiv rolle
- Øget krav til dokumentation formodes at stille større krav til ekspertise for de projekterende
- Oplysningskampagner og bedre vejledning har virket på en række områder som ventilation, radon, asbest og termisk indeklima
- Der mangler systematisk opsamling og registrering af opfyldelse af reguleringens krav, bortset fra vedrørende brandhændelser
- Det er meget sparsomt med dokumentation for, om byggeri lever op til det opstillede kravniveau, bortset fra på konstruktions- og brandområdet.
- Det kan ikke påvises at byggeri på de undersøgte felter lever op til det opstillede kravniveau (pga. sparsom dokumentation): Nogle byggerier lever op til kravene, og for nogle

byggerier findes dokumentation for denne - tilmed kontrolleret af certificerede statikere og brandrådgivere.

Helt overordnet kan det konkluderes, at indsatsen mod at sikre en balance mellem hensyn til sikkerhed, sundhed, klima og økonomi i høj grad skal fokusere på, *hvordan* krav opfyldes og dokumenteres, og i nogle tilfælde kontrolleres, især via bedre vejledning. Betydningen af ekspertise om, hvordan krav skal overholdes og dokumenteres, forventes at stige, da nye materialer og beregningsmetoder sammen med usikkerheden om de kommende klimaændringer rummer nye risici.

## 1.2 Konstruktioner

Historisk set har der været en udvikling med øgede krav til robusthed samt til dokumentation og kontrol af projektering, af udførelse og af materialer med dertil hørende øgede omkostninger. Modsat er der gennem reduktion af det formelle sikkerhedsniveau åbnet for besparelser på materialer til konstruktioner. Der er tale om to modsatrettede udviklinger.

Alvorlige hændelser er gennem årene i en vis udstrækning gjort til genstand for undersøgelser for at fastslå årsagen og på den baggrund vurdere, om der er behov for tiltag i reguleringen: Kollapset af Siemens Arena rejste en erkendelse af behovet for at øge den realiserede sikkerhed gennem krav til dokumentation og kontrol af statiske beregninger, og de mange hændelser i forbindelse med de voldsomme snestorme i årene 2007-2010 førte til skærpelse af snelasten i 2012. Kortlægningen af alvorlige hændelser peger dog ikke på noget behov for yderligere at øge det formelle sikkerhedsniveau.

De alvorlige hændelser er spredte og har derfor begrænset værdi som indikator for udviklingen i bygningers realiserede sikkerhedsniveau. Det har givet anledning til at se på de systematisk registrerede nærved-hændelser ud fra en hypotese om at det årligt konstaterede antal nærved-hændelser kan benyttes som en sådan indikator. I analysen er benyttet især registreringer fra 1- og 5-års eftersyn med tilhørende specialeftersyn (C-eftersyn) fra Byggeskadefonden.

Kortlægningen af disse nærved-hændelser viste et markant fald i antallet siden midten af 00'erne og kan tolkes som et udtryk for, at det realiserede sikkerhedsniveau er øget, om end datagrundlaget er spinkelt og kun omfatter det almene byggeri.

Alvorlige hændelser skyldes især grove fejl ved projektering, ved udførelse eller ved vedligehold. Antallet af grove fejl reduceres ved øget kontrol (Ordninger for anerkendte og certificerede statikere) og bedre vejledninger. De øgede krav til dokumentation og kontrol samt bedre vejledninger antages at have reducere frekvensen af alvorlige fejl, selvom det formelle sikkerhedsniveau i 2008 blev reduceret.

## 1.3 Brand

1995–2025 viser en tydelig læringskæde, hvor konkrete brande enten har udløst direkte ændringer i reglerne, ført til præciseringer og vejledninger eller afsløret mangler i efterlevelsen. I samme periode er fokus flyttet fra BR95's præskriptive krav til BR18's funktionsbaserede ramme, hvor dokumentation, drift og kontrol har fået en større og mere systematisk betydning med indførslen af certificeringsordningen for brand med uddannelses-, erfarings- og kompetencekrav til brandrådgiveren samt krav til kontrol i projekterings- og udførelsesfaserne.

Når det gælder kollaps under brand, er den væsentligste styrkelse sket gennem kravet om R 120 (Se begrebsforklaring i afsnit 4.1.1) for bærende konstruktioner over cirka 12

meters bygningshøjde samt Eurocodes og de danske nationale annekser, som indlejrer robusthed mod progressivt kollaps. Samtidig bidrager tidligere detektion og et skærpet niveau for drift og tilsyn til at forkorte brandpåvirkningen og dermed beskytte de bærende konstruktioner.

Begrænsningen af brandudbredelse er især blevet styrket efter internationale hændelser, ikke mindst Grenfell (2017), som har medført præciseringer af krav og vejledninger for facader og hulrum, herunder brandstop og samlet systemdokumentation. På driftsiden er kravene hævet i risikofyldte anvendelser gennem "Göteborg-pakken" i 1999 for forsamlinger, kravet om røgalarmer i boliger og et styrket brandsyn og praksis i AK6. (Se begrebsforklaring i afsnit 4.1.1) Tyngdepunktet ligger på funktion og dokumentation snarere end generelle materialeforbud.

Hændelserne i Grøndalsbo (2022) og på Børsen (2024) peger samtidig på et vedvarende "compliance-gap": de største rest-risici findes i udførelsen, i driften og i midlertidige renoveringsfaser, hvor sektionering og proceskrav udfordres. Det gør DKV-planer, tilsyn og kvalitetssikring til centrale virkemidler.

Datagrundlaget viser samlet færre brandskader siden 2006, mens niveauet for over-tændte bygningsbrande og storbrande er forholdsvist stabilt. Personskader og dødsfald forekommer absolut hyppigst i AK4, mens den relative risiko pr. hændelse er højest i AK5–AK6. Disse korrelationer kan ikke uden videre tolkes som kausalitet, men de understøtter retningen: øget robusthed og mere effektiv begrænsning af brandudbredelse opnås gennem tydeligere eftervisning, drift og kontrol.

## 1.4 Atmosfærisk indeklima

### 1.4.1 Ventilation

I forbindelse med stramning af kravene til varmeisolering og tæthed af bygninger i 70'erne og 80'erne oplevedes en række problemer med manglende ventilation, høje relative fugtigheder og generel dårlig luftkvalitet. Der blev gennemført en række undersøgelser, der bekræftede problemerne med omfattende ændringer i kravene til ventilation med BR95. Krav på ventilationsområdet har siden for skoler og daginstitutioner bevæget sig fra luftmængder til en grænseværdi for indeluftens CO<sub>2</sub>, som i BR18 i brugstiden maksimalt skal være 1000 ppm. For boliger er ventilationskrav fortsat baseret på krav til luftmængder. Derudover er der introduceret mulighed for behovsstyret ventilation og eftervisning af trækgener afhængigt af de aktuelle forhold, som forventet indetemperatur, aktivitetsniveau og påklædning.

Vidensgrundlaget for fastsættelse af ventilationskrav blev primært grundlagt før 1996 og efterfølgende undersøgelser har generelt bekræftet, at kravene kan opfylde funktionskrav til luftkvalitet, samt at behovsstyret ventilation af boliger både kan forbedre/sikre indeklimaet og reducere unødigt energiforbrug. Det har givet grundlag for indførelse af mulighed for behovsstyring af ventilation i beboelsesbygninger i første omgang (BR10) med primær relevans for mindre boligheder og senere (BR18) for alle boliger med periodevis anvendelse.

Undersøgelser af efterlevelse af bygningsreglementets krav til ventilation er ikke blevet systematisk gennemført, hverken for boliger, daginstitutioner eller skoler, men det er bl.a. dokumenteret at boliger med mekanisk ventilation som regel opfylder luftmængdekravene.

### 1.4.2 Formaldehyd

Reguleringen af koncentrationen af formaldehyd i indeluften har i hele perioden haft fokus på at mindske kildestyrken af de forureninger, der stammer fra afgang fra træbase-rede plader, der indeholder en formaldehydafgivende lim, samt malinger mm. Derfor skulle der kun benyttes byggematerialer der var godkendte. Fra 2004 skulle disse byggematerialer

være CE mærkede for at sikre at der benyttes byggematerialer med den lavest mulige afgivelse af forureninger. 2006 blev formaldehyd anerkendt som værende kræftfremkaldende for mennesker. BR10 anbefalede nu, at WHO-grænseværdien fra 2000 skulle overholdes: at det samlede formaldehydindhold i indeluften ikke overstiger 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Desuden anbefalede BR10 at beklæde pladerne med et ikke-formaldehydafspaltende materiale for yderligere at begrænse afgasningen. BR18 tilføjer bl.a. vigtigheden af tilstrækkeligt luftskifte for nedbringelse af koncentrationen, især lige efter indbygning af nye byggematerialer.

Resultaterne fra undersøgelser af formaldehydkoncentration i indeluften i boliger viser at grænseværdien i et rum godt kan overskrides selvom de enkelte materialer overholder grænseværdien for afgasning under standardbetingelser. Mange mindre kilder og faktorer som luftskifte, men især indholdet af møbler og andet inventar end byggevarer, påvirker også den samlede koncentration. Dertil kommer muligheden for "cocktail effekter", hvis omfang og sundhedseffekter ikke er fastlagt endnu.

### 1.4.3 Radon

Siden 1980'erne er der gennemført en række undersøgelser vedrørende radon, hvor resultaterne er udgivet i rapporter, videnskabelige papers, anvisninger og vejledninger. Bestemmelse om radonsikring introduceres første gang i BR95, hvilket betød krav til lufttætte konstruktioner mod undergrunden. WHO-anbefalinger i 2009 samt en række nationale undersøgelser i 00'erne resulterede i, at BR10 gennem bestemmelse stiller krav om at indeluftens indhold af radon ikke må overstige 100 Bq/m<sup>3</sup>. Bestemmelser om radon suppleres i BR18 med, at radonindholdet i indeluften skal vurderes som en estimeret årsmiddelværdi.

Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring er undersøgt af to omgange både i 2019 og i 2022. Undersøgelsen viser et markant fald i den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi for boliger opført efter 2010, og dermed påviser, at bygningsreglementets bestemmelser om radon overordnet set efterleves i væsentligt omfang, med undtagelser og har effekt i praksis.

### 1.4.4 Skimmel

En række sager med fugt-, skimmel- og indeklimaproblemer i tætte/lave boliger i 1990'erne satte fokus på betydningen af fugt og skimmel. Gennem 00'erne blev det videnskabeligt dokumenteret, at skimmelvækst kan føre til toksindannelse på byggematerialer og give negative helbredseffekter, hvilket førte til at WHO i 2009 udkom med rapport om at fugt og skimmel giver helbredsproblemer. Siden er viden udbygget med at bestemte skimmelarter kobles med bestemte byggematerialer. Sideløbende er der udviklet både hurtige og præcise målemetoder for skimmel.

BR-krav går i 2010 fra at fokusere på kondens og kuldebroer som årsag til fugt og skimmelvækst til at sikre, at våde, fugtfølsomme materialer samt materialer og bygningsdele med skimmelsvamp, ikke indbygges. Der skal ved planlægning, projektering, udbud og udførelse af bygningskonstruktioner træffes de nødvendige foranstaltninger, hvilket indebærer udarbejdelse af en fugtstrategiplan.

BR18 angiver ingen grænseværdi for skimmel men kræver, at vand og fugt ikke må medføre risiko for personers sundhed eller skader på bygningen, herunder at bygningskonstruktioner og –materialer ikke må have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp. Der findes en aktionsgrænse for skimmelvækst på 0,06 m<sup>2</sup> for renovering i SBi Anvisning 281, men ingen grænseværdier for skimmelsporer i luften.

Der findes ikke egentlige undersøgelser for udviklingen af omfanget for fugt- og skimmel-skader i bygninger gennem årene, men årsberetninger fra Byggeskadefonden giver et klart billede af at fugt til stadighed er medvirkende til en stor del af de skader som dækkes af Byggeskadefonden.

### 1.4.5 Asbest

Generelt har vidensudviklingen om asbests stærkt skadelige påvirkninger for den menneskelige organisme, været forud for reguleringen. Mangel på alternativer til asbest i byggevarer fastholdt produktionen af byggevarer helt frem til 1990, hvor de sidste dispensationer til udendørs anvendelse af asbestholdige materialer på bygninger ophørte. I BR95 stilles der gennem bestemmelse krav om at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs og BR08 skærper bestemmelsen til at asbestholdige materialer slet ikke må anvendes. I BR18 ændres bestemmelsen til at handle om, at det i forbindelse med ombygninger og lignende skal sikres, at asbest fra allerede indbyggede materialer ikke spredes til indeklimaet.

Sandsynligheden for at finde asbestholdige materialer i forbindelse med renovering og ombygning afhænger af byggeperiode, bygningstype og geografi. Så selvom forbruget af asbest faldt bort som resultat af bygningsreglementets bestemmelser sammen med bekendtgørelser, meddelelser og rundskrivelser om asbest, ligger udfordringen i dag især på sundhedspåvirkning under byggearbejder i forbindelse med renovering, som reguleres via arbejdsmiljølovgivningen. Sikkerheden i risikovurderingen afhænger i høj grad af den enkelte bygning og bygningsejer, og der kendes ikke til undersøgelser, registreringer eller vurderinger af disse forhold, ud over den opgørelse, som foreligger som tabel 4 i SBI-anvisning 228 om asbest i bygninger – regler, identifikation og håndtering. Tabel 4 indeholder sandsynligheden for forekomst af asbestholdigt materiale, fordelt på bygningstype og tidsperiode.

## 1.5 Visuelt indeklima

Dagslys er i Bygningsreglementet beskrevet dels som en del af energirammen for en bygning og dels som en del af det visuelle miljø, der beskrives ved lysintensitet, lysfordeling og behov for udsyn. I BR 2008 kom det første selvstændigt afsnit om dagslys, placeret under kapitlet om indeklima. Her fremhæves vigtigheden af udsyn og lysets betydning for menneskers sundhed. Dette kan ses som en afspejling af den forskningsmæssige evidens for lysets betydning for menneskers sundhed, der har fået ny aktualitet da man i 2002 redegør for opdagelsen af en celle i øjet der er med til at regulere menneskers døgnrytme.

Forud lå perioden efter energikrisen i 1973 – 74 som skabte et krav til at reducere varmetabet i bygninger gennem øget isolering samt reduktion af dør- og vinduesåbninger. Med BR95 blev det, under forudsætning af en U-værdi på 1,80 W/m<sup>2</sup>K muligt at have et vinduesareal på maksimalt 22 % af bygningens opvarmede etageareal. Et vinduesareal større end 22% kunne opnås ved at kompensere med mere isolering eller vinduer med lavere U-værdi.

Fra BR08 og fremover blev krav til udsyn og dagslys i dybe rum samt risiko for overophedning en del af reguleringen.

Metoden til at dokumentere tilfredsstillende dagslys ændrede sig i årene fra BR08 til BR18 fra reglen om 10 % af gulvarealet kombineret med dagslysfaktor på min 2%, til i 2018 at bestå af 10% af gulvarealet i kombination af reglen om 300 lux i halvdelen af tiden i halvdelen af rummet.

I forbindelse med evaluering af den frivillige bæredygtighedsklasse overholdt 97 % af testprojekterne kravet om 300 lux i mindst 50 % af tiden for 50 % af gulvarealet. En betydelig andel af testprojekter ligger lige på grænseværdien til de 50 % af gulvarealet, og de opfylder derfor kun lige netop kravet. Der synes at være udfordringer med at opfylde dagslyskravene i tætbyggede områder, hvilket antyder behovet for at gentænke lokalplaner.

## 1.6 Akustisk indeklima

Hvilke akustiske forhold, der kan give gode lydforhold, afhænger meget af rummenes og bygningens anvendelser. Grænseværdierne for etageboliger har været stort set uændrede fra 1956 frem til 2008, hvor der kom en skærpelse til det nuværende niveau, som har været det samme siden 2008. BR08 stillede krav til lydforhold for boliger i form af grænseværdier som i lydklasse C i DS 490, og til undervisnings- og daginstitutionsbygninger. For lette konstruktioner i lejlighedsskel i boligbyggeri blev der anbefalet supplerende grænseværdier gældende ned til 50 Hz. For kontorbygninger og hospitaler blev der for de mest almindelige rumtyper, dvs. kontorer og møderum i kontorbyggeri samt sengestuer, undersøgelsesrum og behandlingsrum i hospitaler defineret vejledende forslag til projekteringsværdier for luftlydisolation, trinlydniveau og støj fra tekniske installationer og fra trafik.

Kortlægning af de danske etageboliger i 2015 mht. lydisolation og konstruktionstyper førte til et forslag om, at DS 490 blev udvidet med to nye lydklasser E og F, så alle danske etageboliger kan lydmærkes, og i 2018 udkom en revideret version af DS 490 med disse to nye lydklasser. Store dele af den eksisterende etageboligmasse opfylder ikke kravene til et rimeligt akustisk indeklima, fordi der ikke var lydkrav på tidspunktet for opførelsen (typisk før ca. 1960) eller fordi gældende lydkrav ikke blev overholdt. I henhold til nationale danske sundheds- og sygelighedsundersøgelser er ca. 35% af beboerne i dansk etageboligbyggeri generet af nabostøj. Sammenhæng mellem støj og selvrapporterede sundhedsgener er blevet videnskabeligt dokumenteret, hvor især nabostøj i etageejendomme fylder meget.

Bygningsreglementets kontrolprocedurer og regler har også ændret sig over tid. Ifølge BR95 og BR08 kunne der i byggetilladelsen stilles krav om lydmålinger til dokumentation af overholdelse, men i BR10 og BR15 er rækkehuse undtaget. Anvendelsen af denne mulighed varierede dog meget mellem kommunerne. Fra 2018 udføres kontrol som stikprøver af byggesager. For kontor- og hospitalsbyggeri har der ikke været specifikke lydkrav gældende, men i 2020 blev BRs lydvejledning udvidet med nogle ret omfattende forslag i lighed med krav til andre bygninger, men stadig kun som forslag til projekteringsværdier.

Der findes ikke en samlet viden om, i hvor høj grad lydkrav overholdes. Det formodes, at flertallet af nye boliger overholder bygningsreglementets lydkrav. Men omvendt findes mange eksempler på nybyggeri, der langt fra overholder kravene, og brugere har typisk ikke adgang til dokumentation.

## 1.7 Termisk indeklima

Bygningsreglementet har gradvist skærpet kravene til termisk komfort, især med fokus på sommerkomfort. De mest fundamentale ændringer i kravene til det termiske indeklima kom med BR95, hvor der blev indført krav om tilfredsstillende temperaturer i opholdsrum. Rapportererede problemer med høje temperaturer i lavenergibyggeri medførte i BR10, at der blev indført et specifikt krav til lavenergibyggeri vedrørende antallet af overtemperaturtimer, hvilket ved BR15 blev udvidet til standardbyggeri som dokumentationskrav.

Spørgeskemaundersøgelser peger på, at de oplevede problemer med for høje indetemperaturer i boliger i perioden 2000–2020 er blevet reduceret i byggeri opført efter 2020. Denne udvikling kan fortolkes som en konsekvens af ændringer i bygningsreglementet vedrørende termisk indeklima samt en øget erfaring i byggebranchen med, hvordan sådanne problemer undgås i dag.





2

# INDLEDNING

## 2 INDLEDNING

### 2.1 Baggrund

Byggeri i Danmark bliver reguleret af byggeloven, og i bygningsreglementet (BR) bliver byggelovens krav udspecificeret og formuleret som nogle mere detaljerede, også tekniske krav, som bebyggelser i Danmark skal overholde. Kravene skal sikre, at bygninger frembyder tilfredsstillende tryghed i brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende.

Det første samlede danske bygningsreglement er fra 1961 og byggede i høj grad på de bestemmelser, som havde været gældende for hhv. København, Frederiksberg og landområder. Allerede i dette BR61 blev der taget skridt i retningen mod det funktionsbaserede bygningsreglement, som vi kender i dag, hvor der ikke stilles krav om bestemte løsninger, materialer eller konstruktionsopbygninger, men krav til den funktion, disse skal opfylde.

I dag er bygningsreglementet knyttet op på en række EU-bestemmelser, som skal sikre dels byggevarers frie bevægelighed (CE-mærkning), dels fælles europæiske metoder for dokumentation af bygningers sikkerhed (Eurocodes). Sikkerhedsniveauet i de færdige bygninger er dog et nationalt anliggende, der fastlægges i de danske nationale annekser til Eurocodes, og sættes i kraft af Bygningsreglementet.

Bygningsreglementet opdateres løbende på grund af ændrede krav til funktionsevne, f.eks. vedrørende energiforbrugsamt med baggrund i en overvågning af sikkerhedsniveau baseret på analyse af hændelser, f.eks. kollaps af konstruktioner, brande eller udbredt forekomst af skimmelvækst. Den aktuelle version med de aktuelle krav for sundhed og sikkerhed afspejler således både erfaringer, nyeste viden og ønsker om, at byggeriet udvikler sig i retninger, som opfylder samfundskrav, f.eks. krav til begrænset energiforbrug. I den seneste udgave af byggeveforordningen fokuseres på cirkulær økonomi.

Som en del af den nationale strategi for bæredygtigt byggeri i 2024 er Social- og Boligstyrelsen aktuelt i gang med udvikling af et helhedsorienteret bygningsreglement, hvor blandt andet bygningsreglementets krav skal granskes med henblik på at sikre en balance mellem hensyn til sikkerhed, sundhed, klima og økonomi. I granskningen af kravene er det væsentligt at kende det nuværende niveau i reguleringen inden for de tekniske bestemmelser om sikkerhed og sundhed samt om der er – og gennem de seneste år har været – sammenhæng mellem reguleringens udvikling og hændelser inden for brand, konstruktioner og sundhed.

### 2.2 Metode og afgrænsning

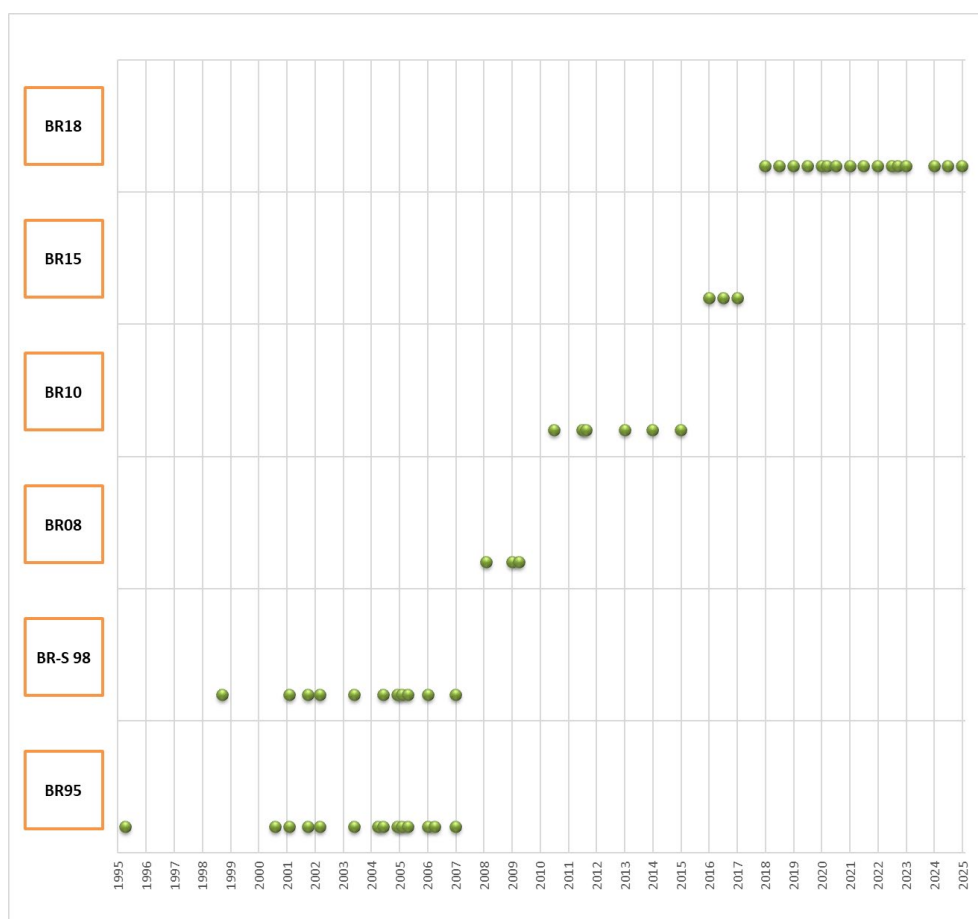
I projektet er der udført kortlægninger og analyser gældende for perioden 1. januar 1995 til 1. januar 2025. Gennem rapporten henvises til de i løbet af perioden gældende bygningsreglementer som forkortelser:

- BR95 – Bygningsreglement 1995
- BR-S 98 – Bygningsreglement for småhuse 1998
- BR08 – Bygningsreglement 2008
- BR10 – Bygningsreglement 2010
- BR15 – Bygningsreglement 2015
- BR18 – Bygningsreglement 2018

Kortlægningen og analysen er udført i følgende dele:

- Kortlægning af væsentlige ændringer i reguleringen inden for de tekniske bestemmelser for sikkerhed (konstruktioner og brand) og sundhed fra og med BR95 til BR18
- Kortlægning af hændelser, som afspejler manglende sikkerhed og sundhed i bygninger eller påvist reduceret levetid for bygningen eller en bygningsdel, herunder kortlægning af eventuelle milepæle for vidensudvikling.
- Analyse af om udviklingen i regulering kan henføres de kortlagte hændelser og vidensudvikling.
- Analyse af sammenhængen mellem formel og realiseret opfyldelse af krav i reguleringen.

Datagrundlaget, de benyttede metoder samt omfanget af analyserne varierer for de forskellige fagområder og er omtalt nærmere ved de respektive kapitler. Overordnet er kortlægningen af reguleringen udført ved at gennemgå samtlige versioner af bygningsreglementerne BR95, BR-S 98, BR08, BR10, BR15 og BR18 for væsentlige ændringer i kravtekst samt i vejledninger og eventuelle bilag, se Figur 1. Ligeledes er relevante normer og standarder – og henvisninger dertil – gennemgået, hvis relevant.



**FIGUR 1.** Illustration af de gældende bygningsreglementer (BR) for perioden 1995 – 2025. De grønne punkter angiver en version af BR, som henviser til daterede versioner af BR på <https://www.bygningsreglementet.dk/>. For småhuse gjaldt BR85 indtil ikrafttræden af BR-S 98.

I kortlægningen af hændelser er sager i en række forskellige databaser medtaget i analysen, mens data fra andre kilder og databaser er blevet vurderet irrelevante i den aktuelle sammenhæng, enten på grund af datakvalitet eller begrænset adgang. For udvalgte store og "kendte" hændelser findes der rapporter med skadesudredelse og disse er medtaget som

kilder. Endelig er der udført generelle søgninger i nyheder og faglitteratur for at afdække eventuelle relevante hændelser. Som udgangspunkt er kun hændelser i Danmark medtaget, men er der sket en hændelse i udlandet, som har haft en påvirkning på reguleringen i Danmark, er denne hændelse også medtaget.

De ovenfor beskrevne, udvalgte hændelser er defineret som relevante hændelser, men denne definition kan variere for de enkelte fagområder. Hvad der forstås ved en relevant hændelse, er nærmere defineret i de respektive kapitler.

Kortlægningen af vidensudvikling er gennemført som en kombination af ekspertviden og litteratursøgning, hvor milepæle i viden især på indeklimateområdet er kortlagt som en "hændelse". Disse milepæle i viden kan også stamme fra international litteratur.

Følgende emneområder er medtaget i kortlægning af analysen, med angivelse af kapitelnummer i det nuværende BR18. Af forureninger er formaldehyd, asbest og radon medtaget i den nærværende analyse, mens mineraluldsfibre omtales kun kort under atmosfærisk indeklimate.

- Kapitel 5 Brand
- Kapitel 13 Forureninger
- Kapitel 14 Fugt- og vådrum
- Kapitel 15 Konstruktioner
- Kapitel 17 Lydforhold
- Kapitel 18 Lys og udsyn
- Kapitel 19 Termisk indeklimate
- Kapitel 22 Ventilation

## 2.3 Rapportens opbygning

Ekspertise om regler, hændelser og analyse af hændelser inden for de tre områder konstruktioner, brand og sundhed findes i separate miljøer, og kortlægningen er derfor gennemført som selvstændige delprojekter for de enkelte fagområder.

Kortlægningen og analysen er for hvert område således rapporteret selvstændigt og beskrivelsen af de benyttede metoder såvel som henvisninger til litteratur samt eventuelle bilag er samlet under hvert enkelt emne. I rapporten gives dog også et bud på en samlet, tværgående konklusion.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, curved bands that flow across the page.

3

# KONSTRUKTIONER

## 3 KONSTRUKTIONER

Dette kapitel er opbygget som følger:

Væsentlige ændringer i reguleringen inden for de tekniske bestemmelser for bærende konstruktioners sikkerhed fra og med 1995 er beskrevet i afsnit 3.1. I afsnit 3.2 beskrives kortlægning af relevante hændelser gennem de seneste 30 år. Det er hændelser, som er resultatet af manglende sikkerhed i bygningen, eller hvor der er påvist væsentlig reduceret levetid for bygningen eller en bygningsdel. I afsnit 3.3 sammenholdes regulering og hændelser med henblik på at afdække om udviklingen i regulering kan henføres de kortlagte hændelser. I afsnit 3.4 perspektiveres resultaterne, og der konkluderes vedrørende sammenhænge mellem regulering og antallet af hændelser. Bilag, som knytter sig til kapitel 3, er placeret efter afsnit 3.5.

I kapitel 3 benyttes begrebet "hændelse" i to betydninger. 1) Som i de øvrige kapitler benyttes det om et konstateret svigt i et bygværks ydeevne (i kapitel 3 et svigt i den bærende konstruktions sikkerhed). 2) I kapitel 3 benævnes det også som en hændelse, når en ekstrem storm eller et ekstremt snefald indtræffer, for eksempel en 50-års storm. I de enkelte tilfælde fremgår betydningen af sammenhængen.

Sikkerhedsniveauet for bærende konstruktioner i danske bygninger fastlægges i de danske nationale annekser til Eurocodes, og sættes i kraft af bygningsreglementet. I det følgende skelnes mellem det formelle sikkerhedsniveau og det realiserede sikkerhedsniveau:

- **Det formelle sikkerhedsniveau**  
er foreskrevet i bygningsreglementet med tilhørende danske standarder.  
Helt overordnet specificeres det ved et såkaldt årligt sikkerhedsindeks i det nationale annekst til sikkerhedsnormen, DS/EN 1990. Til praktisk brug for de fleste bygningskonstruktioner er der på det grundlag opbygget et system med partialkoefficienter, som tilstræber samme sikkerhedsniveau.
- **Det realiserede sikkerhedsniveau**  
er det, der realiseres i en konkret byggesag. Det kan være højere eller lavere end det formelle sikkerhedsniveau, selv om alle krav er overholdt. Afvigelser kan for eksempel skyldes, at et indbygget konstruktionselement i realiteten har højere styrke end den, som det formelle sikkerhedsniveau foreskriver, fordi brand- eller lydkrav har været dimensionsgivende. Især grove fejl i projektering og udførelse kan føre til en betydelig reduktion i det realiserede sikkerhedsniveau.

### 3.1 Kortlægning af udvikling i reguleringen

Der er fokuseret på de ændringer i reguleringen, hvor der er sket tilpasninger med væsentlig betydning for bærende konstruktioners sikkerhed eller levetid.

I afsnit 3.1.1. beskrives opdateringer af bygningsreglementet, i afsnit 3.1.2. beskrives opdateringer af væsentlige henvisninger fra bygningsreglementet, primært last- og sikkerhedsnormerne og i afsnit 3.1.3. beskrives opdateringer af vejledninger. I afsnit 3.1.4. sammenfattes analysen om kortlægning af reguleringen.

#### 3.1.1 Opdateringer af bygningsreglement (BR)

I perioden 1995 til 2025 har der eksisteret de i figur 1 og figur 2 viste udgaver af bygningsreglementet. Som det ses, har der indtil 2008 været to sideløbende reglementer, ét for

småhuse og ét for erhvervs- og etagebyggeri. Bygningsreglementerne indeholder kravtekst samt vejledning.

Udgangspunktet i 1995 med hensyn til væsentlige krav for dokumentation af bærende konstruktioner er følgende:

*For småhuse (BR85):* I §4.2 Bærende konstruktioner (i §4.2.1) står der "Ved dimensionering af bærende konstruktioner skal anvendes følgende normer fra Dansk Ingeniørforening: Sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner (DS 409) og Last på konstruktioner (DS 410). Bærende konstruktioner skal herudover dimensioneres og udføres på grundlag af de normer fra Dansk Ingeniørforening, som vedrører den pågældende konstruktion. ... Følgende normer vil normalt have betydning ved konstruktioner til enfamiliehuse: Fundering (DS 415), Betonkonstruktioner (DS 411), Stålkonstruktioner (DS 412), Trækonstruktioner (DS 413), Murværkskonstruktioner (DS 414) og Letbetonkonstruktioner (DS 420)". Herudover angives i vejledningen: "I SBI-anvisning 147 er redegjort for hvorledes konstruktioner kan udføres, så de opfylder bestemmelserne om dimensionering, brandforhold, lydforhold og fugtforhold. Konstruktioner kan udføres efter disse anvisninger, uden at der skal fremsendes dokumentation for, at normer og øvrige bestemmelser er overholdt."

*For erhvervs- og etagebyggeri (BR95):* I §5.1.2, Dimensionering af konstruktioner, står der, at der "skal anvendes følgende normer for bygningskonstruktioner: DS 409 Sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner, DS 410 Last på konstruktioner, DS 411 Betonkonstruktioner, DS 412 Stålkonstruktioner, DS 413 Trækonstruktioner, DS 414 Murværk, DS 415 Fundering, DS 417 Svejste lagertanke af stål til brandfarlige væsker, DS 419 Aluminiumskonstruktioner, DS 420 Letbeton, DS 446 Tyndpladekonstruktioner, DS 451 Kompositions-konstruktioner, betonstål." I Stk. 3 står desuden "Glasflader og glaskonstruktioner skal udføres og dimensioneres, så der opnås sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende forhold mod personska-der." Vejledningen siger yderligere: "..... Basisbetonbeskrivelsen er obligatorisk ved statsligt og statsstøttet byggeri, jf. Bygge- og Boligstyrelsens cirkulære af 6. januar 1987 om brug af beton", samt "Efter kap. 1.3, stk. 6 kan kommunalbestyrelsen forlange, at beregninger vedrørende de bærende konstruktioner udarbejdes af en statiker, der har anerkendelse efter reglerne i bilag 1."

Det er således kun for erhvervs- og etagebygninger, at der er lagt op til en detaljeret projektering og dokumentation af bærende konstruktioner. For småhuse vil man normalt kunne henvise til generelle anvisninger af konstruktioner, der opfylder kravene (SBI-anvisning 147).

Efter 1995 er der udgivet nye bygningsreglementer med tilhørende opdateringer. Alle reglementer er gennemgået med henblik på at identificere væsentlige ændringer i det ovenfor beskrevne udgangspunkt fra 1995 vedrørende dokumentation af bærende konstruktioner. De væsentligste identificerede ændringer er beskrevet i bilag 1. De mest betydningsfulde af disse ændringer er også markeret i figur 2.

	År	Småhuse	Erhvervs- og etagebyggeri	Dokumentation og kontrol						
				A	B	C	D	E	F	G
	1995									
	1996	BR85								
	1997									
	1998									
	1999									
	2000									
BR95 og BR98: Vejledning vedrørende betonkvalitet og valg af dækklag (miljøklasser)	2001		BR95							
	2002									
	2003	BR98								
BR95: Kommunalbestyrelsen kan kræve redegørelse for statisk dokumentation. (Bilag 6)	2004									
BR95: Beskrivelse af attestingssystem 3 under byggevarerdirektivet (Bilag 7)	2005									
CE-mærkning	2006									
	2007									
Overgang til Eurocodes. 2) BR-vejledning: En uafhængig anerkendt statiker skal gennemgå projekter i høj sikkerhedsklasse	2008		BR08							
	2009									
1) "Erklæring vedr. teknisk dokumentation" gældende for visse mindre bygninger, 2) Reglerne for reduceret snelast på visse driftsbygninger modificeres	2010		BR10							
	2011									
	2012									
	2013									
	2014									
BR15 træder i kraft 1. januar 2016	2015		BR15							
	2016									
	2017									
1) Regler for kontrol af dokumentation for bærende konstruktioner 2) Krav vedrørende bygværksprojekterende 3) Regler vedrørende certificerede statikere og deres virke	2018		BR18							
	2019									
Ophør af kommunal teknisk sagsbehandling (brand, statik)	2020									
Krav om anvendelse af bygværksprojekterende fjernes	2021									
1) Definition af kompleksitet for ombygning og forandring af eksisterende konstruktion. 2) Nye bestemmelser vedr. lovliggørelse af bærende konstruktioner	2022									
	2023									
	2024									
	2025									

- A: Anerkendelsesordning for statikere 1995-
- B: Erklæring vedr. teknisk dokumentation" gældende for visse mindre bygninger
- C: Statikererklæring
- D: Dokumentation af bærende konstruktioner
- E: Kontrol af dokumentation for bærende konstruktioner og brandforhold
- F: Krav vedrørende bygværksprojekterende
- G: Regler vedrørende certificerede statikere

FIGUR 2. Oversigt over gældende versioner af bygningsreglementet i perioden 1995 til 2025 med illustration af tiltag vedrørende krav til dokumentation og kontrol. Flere detaljer ses i bilag 1.

Fra 1995 til 2008 er der to gældende bygningsreglementer. Som det ses i bilag 1, betyder ændringerne i perioden, at kravene til småhuse strammes, så kravene vedrørende de bærende konstruktioners sikkerhed sidst i perioden er stort set identiske i de to bygningsreglementer. I FIGUR 2 er peget på følgende ændringer: I 2001 kommer en vejledning om betonkvalitet og valg af dækklag (miljøklasser), i 2004 åbnes for, at Kommunalbestyrelsen kan kræve redegørelse for statisk dokumentation og i 2005 oplyses om attestingssystem 3 under byggevarerdirektivet, som bl.a. introducerer CE-mærkning af byggevarer. Herudover fremgår det af bilag 1, at der i 2001 i BR-vejledningen åbnes for anvendelse af foreliggende udkast til Eurocodes, som erstatning for DS-normerne.

Fra 2008 til 2010 gælder BR08. Som vist i FIGUR 2 medfører det krav om anvendelse af Eurocode-systemet med tilhørende nationale annekser samt (i henhold til BR-vejledning) krav om, at en uafhængig anerkendt statiker skal gennemgå projekter i høj sikkerhedsklasse. Som vist i bilag 1 er der herudover en bestemmelse om dokumentation af materialer og konstruktioner, der ikke er dækket af normerne samt en bestemmelse om lempelser i sikkerhedsniveau for visse driftsbygninger inden for landbrug og gartneri. I 2009 tilføjes en henvisning til normer for dimensionering af konstruktioner i letbeton og porebeton (4.2, stk. 4 og 5).

Fra 2010 til 2016 gælder BR10. Som vist i FIGUR 2 indføres en bestemmelse om "Erklæring vedr. teknisk dokumentation" gældende for visse mindre bygninger, og reglerne for

reduceret snelast på visse driftsbygninger modificeres. Som vist i Bilag 1 får "Regler om glaspartier, glasflader og glaskonstruktioner" sit eget afsnit.

Fra 2016 til 2018 gælder BR15. Som vist i FIGUR 2 indeholder den bestemmelser om statisk erklæring og om dokumentation af bærende konstruktioner.

Det nuværende bygningsreglement BR18 har gennemgået en lang række opdateringer. Som vist i FIGUR 2 kom der allerede i den første udgave i 2018 bestemmelser om kontrol af byggeprojekter. Det gælder "Regler for kontrol af dokumentation for bærende konstruktioner", "Krav vedrørende bygværksprojekterende" og "Regler vedrørende certificerede statikere og deres virke". I samme udgave ses også, som det fremgår af bilag 1, at der er kommet en bestemmelse om, at de bærende konstruktioner i et bygværk skal indplaceres i en konstruktionsklasse, ligesom reglerne for dokumentation af bærende konstruktioner og regler vedrørende anerkendte statikere opdateres. Henvi sning til normgrundlag bliver også mere specifik. Af figur FIGUR 2 fremgår, at efterfølgende opdateringer af BR18 har betydet, at kommunal teknisk sagsbehandling ophører i 2020, og at krav om anvendelse af bygværksprojekterende fjernes i 2021. I 2022 tilføjes definition af kompleksitet for ombygning og forandring af eksisterende konstruktion samt nye bestemmelser vedr. lovliggørelse af bærende konstruktioner. Af bilag 1 ses, at herudover er "Indplacering i konstruktionsklasser" opdateret i 2021, og "Regler for certificeringsordninger" er opdateret i 2024.

### 3.1.2 Opdateringer af henvisninger fra BR

I perioden 1995 til 2025 er der ikke foretaget direkte ændringer i bygningsreglementet med sigte på at ændre det formelle sikkerhedsniveau. Med bygningsreglementets henvisninger til normerne er der dog indirekte indbygget de ændringer i sikkerhedsniveauet, som er resultatet af opdateringer af normgrundlaget.

Normerne har i hele perioden været delt op i tre dele: Sikkerhed, laster og konstruktioner. I 1995 henvistes til Dansk Ingeniørforenings normer, fra 1998 var det normer udgivet af Dansk standard, og siden 2008 har det været Dansk Standard/Eurocodes med nationale annekser. Justeringer i sikkerhedsniveauer er især sket gennem ændringer i sikkerhedsnormerne, DS409 og DS/EN1990, medens ændringer i lastnormer (bortset fra den nedenfor nævnte ændring af snelast) og konstruktionsnormer har sigtet på at indbygge ny viden uden at sigte mod justeringer i niveauer for karakteristiske styrker eller karakteristiske laster.

Ændringer i sikkerhedsnormen og i lastnormen er oplyst i FIGUR 3 og i bilag 2. Det fremgår heraf, at det formelle sikkerhedsniveau (se FIGUR 3 til højre) især er ændret i 2006, hvor der sker en reduktion i krav til bæreevner på ca. 10%. Det ses desuden, at den karakteristiske værdi for snelast på jord (terrænværdi) i 2012 øges fra 0,9 kN/m<sup>2</sup> til 1,0 kN/m<sup>2</sup>. Samtidig øges nogle formfaktorer, så den karakteristiske værdi for nogle tagformer øges betydeligt mere.

FIGUR 3 (til venstre) og bilag 2 peger desuden på ændringer, der sigter på at påvirke det realiserede sikkerhedsniveau. Det drejer sig i 1998 om krav til robusthed og til materialekontrol, i 2006 og 2007 om krav fra til kontrol af projektering og i 2018 om krav til inspektion under udførelse.

### 3.1.3 Vejledninger

I perioden er der sket en udbygning af vejledninger, som har sigtet på at øge det realiserede sikkerhedsniveau i de bærende konstruktioner. Det gælder myndighedernes vejledninger og anvisninger, SBI-anvisninger, Byg-Erfa blade, brancheanvisninger samt Byggeskadefondens beretninger.

I afsnit 3.5, Referencer, ses en liste med eksempler på vejledninger udgivet af myndighederne. De omfatter særlige opmærksomhedspunkter som fjernelse af sne fra udsatte tage, eftersyn ældre betonaltaner samt afstivning af træspær og stålrammer.

Projektering og udførelse		Sikkerhedsniveau
	1995	
	1996	
	1997	
Krav til robusthed og til materialekontrol	1998	Ny generation normer udgivet af Dansk Standard. Partialefficienter for bygninger blev kalibreret til et årligt sikkerhedsindeks på 4,8
	1999	
	2000	
	2001	
	2002	
	2003	
	2004	
	2005	
1) Krav til kontrol af projektering udvidet med egenkontrol, uafhængig kontrol og tredjepartskontrol for konstruktioner i høj konsekvensklasse 2) Krav til robusthed udvidet 3) Krav til svingninger	2006	Accept af Eurocodes (sættes i kraft i BR08) 1) Sikkerhedsniveauet blev sænket, 2) Lastkombinationer tilpasset lastkombinationerne i Eurocodes EN1990,
1) Krav til kontrol af projektering udvidet med kontroltyper og minimumskrav til kontrol af projektmateriale. 2) Krav til robusthed udvidet.	2007	Sikkerhedsniveau differentieres afhængigt af konsekvensklasse
	2008	
	2009	
	2010	
	2011	
	2012	Den karakteristiske værdi for snelast på jord (terrænværdi) øges fra 0,9 kN/m <sup>2</sup> til 1,0 kN/m <sup>2</sup> , og der indføres en række ekstra formfaktorer
	2013	
	2014	
	2015	
	2016	
	2017	
Krav til inspektion under udførelse indføres, herunder krav til almen kontrol og særlig kontrol i form af egenkontrol, uafhængig kontrol og tredjepartskontrol.	2018	
	2019	
	2020	
	2021	
	2022	
	2023	
	2024	
	2025	

FIGUR 3. Ændringer i normgrundlag. Til højre ses ændringer, der sigter mod det formelle sikkerhedsniveau, og til venstre ses ændringer, der sigter mod ændringer i det realiserede sikkerhedsniveau.

### 3.1.4 Sammenfattende om regulering

Af de foregående afsnit fremgår det, at bortset fra en forøgelse af snelasten i 2012, er det formelle sikkerhedsniveau reduceret svarende til en reduktion i krav til bæreevner på ca. 10%.

Samtidig ses en udvikling med bestræbelser på at øge det realiserede sikkerhedsniveau, hvor der såvel i bygningsreglementet som sikkerhedsnormen stilles øgede krav til robusthed samt dokumentation og kontrol af projektering, af udførelse og af materialer.

Forbedringer i det realiserede sikkerhedsniveau støttes desuden af, at der i lastnormer og konstruktionsnormer indbygges forbedrede og udvidede modeller for fastsættelse af laster og for beregning af konstruktioners styrke, samt af at flere parter udarbejder vejledningsmateriale, som understøtter korrekt forståelse og anvendelse af reguleringen.

Samlet set er der besparelser på materialer til konstruktioner og øgede omkostninger til dokumentation af projektering og udførelse. Der er tale om to modsatrettede udviklinger, og man kan ikke ved alene at analysere reguleringen afgøre om det realiserede sikkerhedsniveau er øget eller reduceret.

## 3.2 Kortlægning af væsentlige hændelser

I afsnit 3.2.1 beskrives den anvendte afgrænsning af hændelserne, i afsnit 3.2.2 med tilhørende bilag 3 beskrives kortlægning og analyse af potentielle kilder. Kortlægningen omfatter relevante hændelser gennem de seneste 30 år.

### 3.2.1 Afgrænsning af hændelser

En relevant hændelse inden for konstruktionsområdet er en hændelse, hvor der er konstateret fare for personsikkerhed i bygningen. Der fokuseres især på:

- **Alvorlige hændelser**  
hvor mennesker er - eller meget let kunne være - kommet til skade. Sådanne alvorlige hændelser opdages f.eks. ved at større eller mindre dele af en bygning kolliderer.
- **Nærved-hændelser**  
hvor det konstateres, at den bærende konstruktions formelle sikkerhedsniveau er – eller inden for en periode bliver - lavere end krævet i bygningsreglementet og dermed anses for at udgøre en risiko for en alvorlig hændelse. Sådanne nærved-hændelser opdages f.eks. i forbindelse med projektgennemgang og kontrol ved nybygning, ombygning eller renovering og ved eftersyn, hvor der observeres revner eller deformationer (nedbøjninger), som kan henføres til overbelastning.

### 3.2.2 Kortlægning og analyse af potentielle kilder

Udgangspunktet for kortlægningen har været at se årsagen til en hændelse som udtryk for en eller flere af følgende:

- Mangler i regler, f.eks. større snelast end normerne foreskriver
- Manglende opfyldelse af krav, f.eks. fejl i projektering eller udførelse
- Forkert anvendelse, f.eks. overbelastning ved anvendelse af en bolig som pakhús
- Nedsat bæreevne som følge af nedbrud af materialer i de bærende konstruktioner, oftest ved fugtpåvirkning som f.eks. korrosion i udlæggerjern i altaner som følge af manglende vedligehold
- Forkert anvendelse af byggemateriale, f.eks. indbygning af MgO-plader på steder, hvor det kan medføre hurtig nedbrydning af sømbeslag i den omkringliggende bærende konstruktion.

I Danmark foregår der ikke nogen systematisk registrering af hændelser. Det er vurderet, at relevante data kunne eksistere hos de kilder, der fremgår af bilag 3. Baseret på oplysninger fra kilderne er det vurderet, hvor relevante kilderne er for løsning af opgaven, hvor tilgængelige de er, og i hvilken udstrækning og detaljeringsgrad hændelserne er beskrevet og analyseret hos kilden. Dette er sammenholdt med en vurdering af hvor tidskrævende det vil være at gøre brug af de enkelte kilder. På det grundlag er der foretaget en prioritering af indsatsen med indsamling og analyse af data.

Som beskrevet i bilag 3 findes der ikke en enkelt kilde, som indeholder alle de data, der er behov for.

De kilder, som er vurderet at indeholde tilgængelige og relevante data, er:

- Byggeskadefonden
- Den lovpligtige byggeskadeforsikring
- Nyheder
- Faglitteratur og videnudvikling
- Stående Byggepanel

Man kan opdele disse kilder i to grupper:

- Kilder med data, som især kommer fra **alvorlige hændelser**  
Data herfra er ikke opsamlet systematisk, og de er i nogen grad præget af hændelser som følge af ekstremt vejr. Det gælder: Nyheder, Faglitteratur og videnudvikling samt Stående Byggepanel.
- Kilder med data, som især kommer fra **nærved-hændelser**  
Data herfra opsamles systematisk som led i en løbende kontrol. Det gælder Byggeskadefonden og Den lovpligtige byggeskadeforsikring.

Opdelingen er sket ud fra en viden om, at alvorlige hændelser i en vis udstrækning er gjort til genstand for undersøgelser for at fastslå årsagen og på den baggrund vurdere om der er behov for tiltag i reguleringen. Der er derfor lagt vægt på data fra kilder, hvor data er analyseret, frem for kilder, der rummer mange relativt dårligt beskrevne hændelser. De alvorlige hændelser er under alle omstændigheder spredte og har derfor begrænset værdi som indikator for udviklingen i bygningers realiserede sikkerhedsniveau. Det har givet anledning til en interesse for systematisk registrerede nærved-hændelser ud fra en hypotese om, at det årligt konstaterede antal nærved-hændelser kan benyttes som en sådan indikator.

Nogle af de i bilag 3 omtalte kilder indeholder data, som enten ikke er relevante eller i praksis ikke kan udnyttes til identifikation af relevante hændelser vedrørende bærende konstruktioners sikkerhed. Det gælder: ODIN - Beredskabsstyrelsens database, Almindelig husforsikring, Voldgiftsnævnet for Bygge- og Anlægsvirksomhed, Kommuner, Politi, Arbejdstilsynet, Kontrol i forbindelse med myndighedsbehandling af byggeprojekter samt Byggeriets Evaluerings Center. Data fra disse kilder indgår således ikke i den beskrevne analyse af data.

### 3.2.3 Hændelser

Til brug for kortlægningen af hændelser for konstruktionsområdet er der udarbejdet følgende liste for data, som det tilstræbes at registrere:

- Overordnet beskrivelse af hændelse, inkl. tidspunkt
- Bygningens anvendelse/brug, materialevalg og anden relevant information
- Bygningstype (bygningens omfang, opførelsesår)
- Tab af menneskeliv, skader på mennesker, nærved skader på mennesker
- Omfang af materielle skader
- Om hændelsen skyldes fejl i normregel, design, projektering, udførelse, drift (forkert anvendelse) eller manglende reovering
- Om hændelsen skete/blev opdaget under projektkontrol, opførelse, ombygning eller almindelig drift udløst af f.eks. vind, sne, vand, brug af bygningen, materialevalg eller naturligt på baggrund af den iboende svigtsandsynlighed

Der er udarbejdet et simpelt regneark, som muliggør en registrering af de oplyste data for de enkelte hændelser med mulighed for en sortering på tidspunkt, type, art eller lignende. Det har ikke været muligt inden for projektets rammer at overføre data fra eksisterende databaser til projektets regneark. Afhængigt af hvilke af de tidligere nævnte kilder, der lægges til grund, vil de tilknyttede beskrivelsesparametre være forskellige og ikke omfatte alle de oplyste parametre. Opsamling af data vedrørende alvorlige hændelser er tidskrævende, og for den periode, kortlægningen omfatter, er der tale om flere hundrede hændelser. Det har ikke været muligt at få "alle hændelser" med, men det vurderes, at yderligere uddrag af data ikke vil ændre det samlede billede væsentligt.

### Data vedrørende alvorlige hændelser

En række alvorlige hændelser med tilhørende referencer er vist på tidslinjen i FIGUR 4. For disse hændelser er der i afsnit 3.5 anført referencer til detaljerede analyser eller til beskrivelser i pressen. De angivne rapporter eller beskrivelser er gennemgået, og så vidt muligt er data for de ovenfor oplyste beskrivelsesparametre trukket ud i et regneark.

Alle de nævnte hændelser er så alvorlige, at mennesker kunne være kommet alvorligt til skade, og i tre tilfælde er det sket. I de øvrige tilfælde var bygningerne i brug eller under reovering, så der kunne have været håndværkere eller brugere til stede i det område, der blev ramt af kollaps. Ingen af disse konstruktioner har haft den forskriftsmæssige styrke. I den udstrækning årsagerne er kendte, har det været fejl i projektering eller udførelse eller manglende vedligehold. I nogle af snetrykskaderne i 2010 har mangler i forskrifter for snelast endvidere spillet en rolle.

Hertil kommer analyser af kollapse i tre rapporter:

Efter stormen i 1999 er der indsamlet oplysninger om 70 skader (se rapport Jørgen Munch-Andersen og Mogens Buhelt (2000)). I rapporten står der: "Undersøgelsen omfatter kun væsentlige skader, der må formodes at være forårsaget direkte af vindtrykket". Undersøgelsen viser ....., at samtlige beskadigede bygninger har haft meget væsentlige konstruktive mangler, der har medført, at den regningsmæssige last har været over – ofte langt over - det dobbelte af den regningsmæssige styrke." Årsagerne til kollapse er således projekterings- og udførelsesfejl eller manglende vedligehold.

Efter ekstreme snefald i februar 2007 er der indsamlet oplysninger om 13 skader (se rapport Nielsen, J., & Pedersen, E. S. (2008)). I rapporten står der: "Udover mangelfuld dimensionering mod snelast, er i nogle tilfælde oplyst andre projekterings- eller udførelsesfejl. Hvorvidt svigtet var sket, såfremt disse fejl ikke var til stede, er uvist. Kun i ét tilfælde skønnes svigtet at kunne være relateret til manglende vedligehold."

Tilsvarende står der i rapporten efter det ekstreme snefald i starten af 2010 (se rapport S.O. Hansen, J.D. Sørensen, F. Sørensen, P. Lind, K. Tølløse, H. Harms, J. Munch Andersen (2010)). "Der er indsamlet oplysninger om knap 300 væsentligt skadede konstruktioner". "Bygninger kollapsede i forbindelse med den store snelast i vinteren 2010 har generelt væsentlige konstruktive mangler og har derfor ikke den sikkerhed, som de nuværende konstruktionsnormer foreskriver". Årsagen til den manglende sikkerhed er udførelsesfejl, beregningsfejl, manglende vedligeholdelse og store snemængder".

De omtalte hændelser er kun et lille udpluk af de hændelser, der er forekommet i perioden.

År	Hændelse	Årsag	Situation
1995			
1996			
1997			
1998			
1999	70 Stormskader, rapport	*)	I brug
2000			
2001			
2002			
2003	Siemens Arena, Ballerup	Fejl, projektering	I brug
2004			
2005			
2006			
2007	Taget over Gigantium i Aalborg	Fejl, snelastforskrifter	I brug
2008			
2009	Kollaps af Rødovre Skøjtehal	Fejl, projektering	Under opførelse
2010	300 snetryksskader, rapport	*)	I brug
	Club Danmark Hallen, København SV	Fejl, projektering Fejl, snelastforskrifter	I brug
	25 sammenstyrtede tage - snetryk, rapport	*)	I brug
2011			
2012			
2013	Cirkustelt, Kalundborg	Fejl, udførelse. Mgl. videngrundlag	I brug
2014	Etageejendom, Frederikshavn	Fejl, projektering	Under renovering, men i brug
2015			
2016	Altannedstyrning, Aalborg	Fejl, projektering og/eller udførelse	Under opførelse
	Butik, Dronningmølle	Fejl, projektering og/eller udførelse	I brug
	Altankollaps, Nykøbing Falster	Mgl. Vedligehold	I brug
	Rønbæk Idrætscenter, Hinnerup	Mgl. Vedligehold Fejl, projektering	I brug
2017			
2018	Gipsloft, Hvidovre rådhus	Fejl, projektering og/eller udførelse	Under renovering
	Stålkonstruktion, Hirtshals	Fejl, projektering og/eller udførelse	Under opførelse
2019	Altan, Da Vinci Parken, Aalborg	Fejl, projektering og/eller udførelse	Under opførelse
2020	Altankollaps, Kolding	Mgl. Vedligehold	I brug
2021			
2022			
2023			
2024	Altankollaps, Aarhus	Fejl, projektering og udførelse	I brug
2025	Svalegang, Odense	Fejl, projektering	Under renovering
	Kollaps etagedæk, Aarhus	Fejl, projektering, eller udførelse	Under renovering, men i brug

FIGUR 4. En tidslinje med alvorlige hændelser med konstruktionssvigt i perioden 1995-2025.

\*) Se beskrivelse i afsnit "Data vedrørende alvorlige hændelser"

### Data vedrørende nærved-hændelser hændelser

En dialog med Byggeskadefonden viste, at den gennem årene har benyttet sig af flere databaser, og at det ikke uden videre, som ellers planlagt, er muligt for den at levere et udtræk data, som er relevante for dette projekt. Byggeskadefonden oplyser, at data på enkeltsagsniveau for nuværende skal søges, "håndholdt" i filer med "rådata".

Der er modtaget tre filer med "rådata". Det er to filer med data fra 1- og 5-års eftersyn med tilhørende specialeftersyn (C-eftersyn) gennemført i perioden 1997 til 2012 (212 og 188 sager) og én fil med eftersyn dækkende perioden 2012 til 2024 (420 sager). Udtrækkene gælder kun Svigtgruppe 4 (Svigtet skal udbedres, inden forholdet forværres) og Svigtgruppe 5 (Bygningsdelen skal sikres, og skaden skal udbedres snarest). De tre filer indeholder beskrivelser af hvad svigtet omfatter. Kun den tredje fil indeholder renoveringsprojekter, og registreringerne i den er foregået efter parametre, som afviger fra parametrene benyttet i de to øvrige filer.

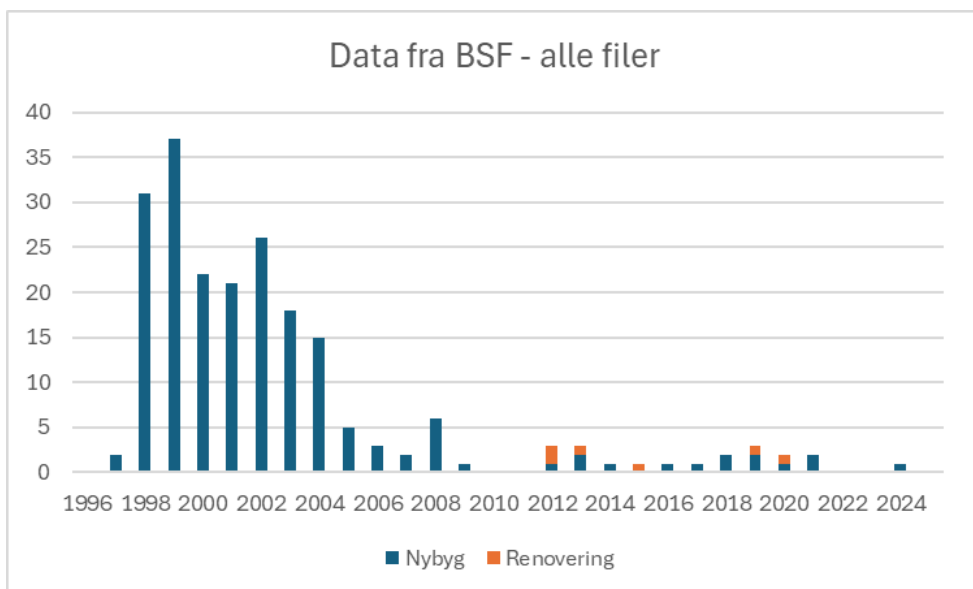
Filerne er gennemgået, så det for hver sag er vurderet om sagen omfatter påvisning af at sikkerheden for den bærende konstruktion ikke opfylder bygningsreglementets krav. Efter denne filtrering er de 820 sager reduceret til 209 sager, som på en tidslinje fordeler sig som vist i **FIGUR 5**. Især den tredje fil, med de nyeste data, blev reduceret i et meget betydeligt omfang. Den første sortering, hvor kun forhold vedrørende "styrke og stivhed" blev medtaget reducerede antallet fra 420 til 60 sager. Eksempler på frasorterede sager vedrører "Andet", "Fugt," "Ventilation", "Vandafledning", "Vanddampdiffusionsmodstand", "Vandtæthed", "Ventilering" og "Vindtæthed." Fjernelse af dubletter og sager som vurderes ikke at opfylde kriterierne for denne kortlægning reducerede yderligere antallet, så der i **FIGUR 5** kun indgår 19 sager, 13 fra nybyggerier og 6 fra renoveringer.

Ud fra de udleverede data fra Byggeskadefonden er det i mange tilfælde ikke muligt entydigt at afgøre vurderet om der er tale om projekteringsfejl eller udførelsesfejl, idet projekteringsfejl ofte vil lede til udførelsesfejl, men tilsammen er det de helt dominerende årsager. Kun anvendelsen af MGO-plader i klimaskærmen giver et signifikant bidrag i den korte år-række, hvor de blev anvendt.

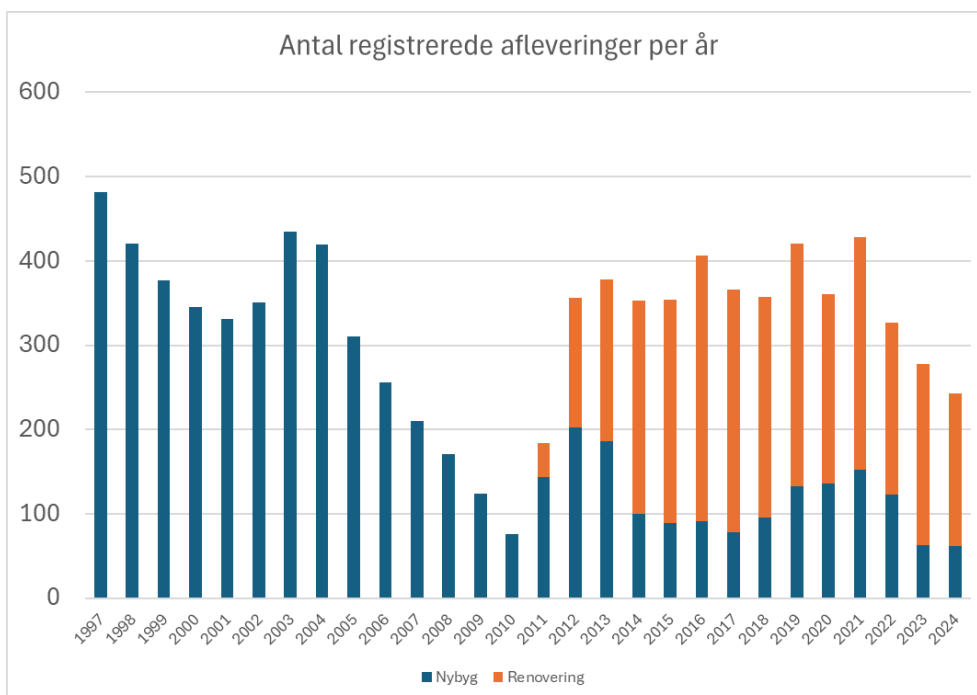
Byggeskadefonden gør opmærksom på at 1-års eftersyn først er udført fra 1997 og før da var det 5-års eftersyn. Det forklarer formentlig, at den pågældende fil indeholder så få sager før 1998. Byggeskadefonden betegner i øvrigt filerne som "et ikke-valideret udtræk med forbehold for fejl". Der kan også være sket fejl i analysen, som er baseret på en hastig gennemgang de modtagne "rådata".

Disse fejlkilder vurderes dog ikke at have påvirket det overordnede resultat, som vist i **FIGUR 5**, væsentligt. Her ser man et markant fald i antallet af nærved-hændelser fra, at de omkring år 2000 udgjorde ca. 25 om året til det nu er mindre end en tiendedel, selv om renoveringer nu tælles med. For at sammenholde denne udvikling med den aktuelle byggeaktivitet, er antal årlige afleveringer registreret af Byggeskadefonden vist i **FIGUR 6**.

Hvis MGO-sager, som i nogen grad kan vedrøre holdbarheden af bærende konstruktioner, var talt med, ville der have været en pukkel på grafen i **FIGUR 5** omkring 2015.



**FIGUR 5.** Antal projekter registreret af Byggeskadefonden, hvor krav til bærende konstruktioner sikkerhed ikke er som krævet, opdelt på årstal. Kilde: Byggeskadefonden



**FIGUR 6.** Antal afleveringer per år registreret af Byggeskadefonden fordelt på nybyg og renovering. Kilde: Byggeskadefonden

Fra Den lovpligtige byggeskadeforsikring er der modtaget en fil med udtræk vedrørende "Bærende og stabiliserende konstruktioner" for perioden 14. september 2015 til 10. december 2024, i alt 1815 eftersyn. Sagerne er bl.a. bedømt vedrørende "Alvorlighed" med følgende fordeling:

- 6 sager (3 vedrører brand) "Alvorlige byggetekniske svigt eller byggeskade, med betydning for personsikkerheden"
- 6 sager "Byggetekniske svigt eller byggeskade i stort omfang."
- 104 sager "Væsentlige byggetekniske svigt eller byggeskade af mindre omfang"
- 694 sager "Mindre væsentlige byggetekniske svigt eller byggeskade"

- 1005 sager "Intakt eller med mindre svigt"

Sagerne indeholder herudover en bedømmelse af "Årsag". Her er fordelingen:

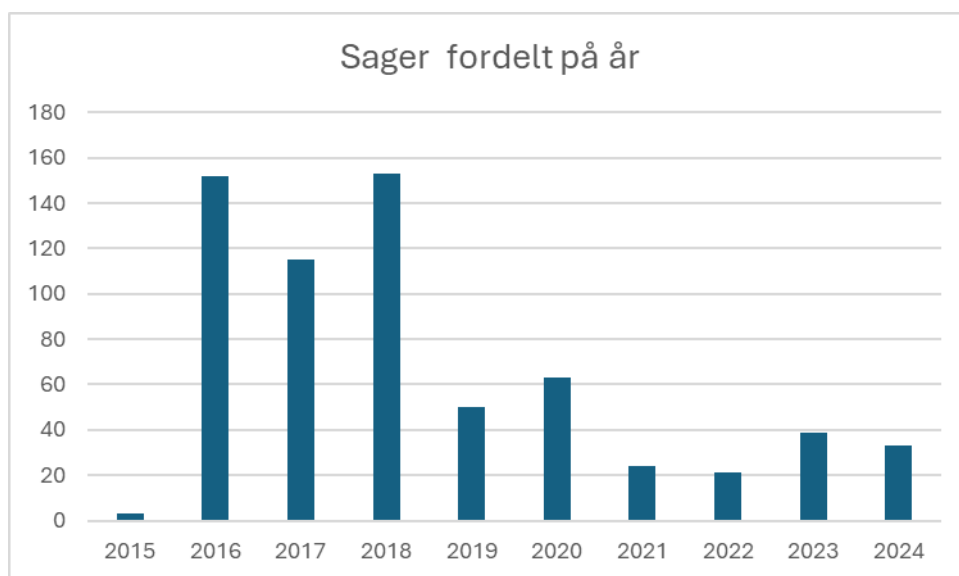
- 380 sager er bedømt "Fejl i projekteringen"
- 1083 sager er bedømt "Fejl i udførelsen"
- 324 sager er bedømt "Følgeskade"
- 28 sager er bedømt "Materialefejl"

Der har ikke været tid til at gå ind i de enkelte sager, men stikprøver har vist, at sager bedømt "Intakt eller med mindre svigt" samt sager bedømt "Følgeskade" ikke er relevante. Efter frasortering af disse sager samt et antal som var fejdaterede eller udatede, resterer 681 sager. En stor del af disse er med bedømmelsen "Mindre væsentlige byggetekniske svigt eller byggeskade". Disse er vurderet som kunne være relevante på baggrund af følgende eksempel på en bedømmelse i denne kategori:

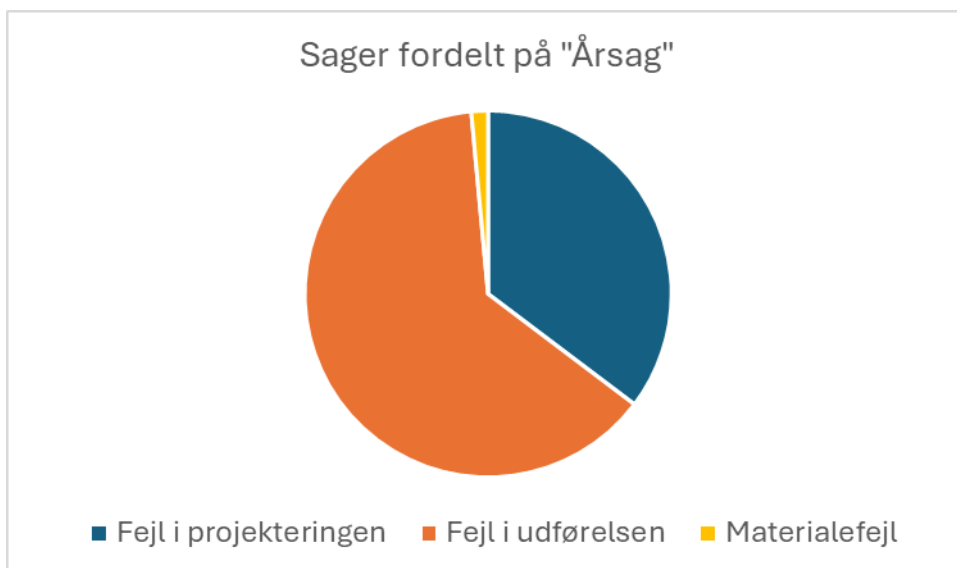
*"Der foreligger ikke statistiske beregninger, der dokumenterer etagedækkets kapacitet i forbindelse med optagelse og overførsel af vandrette stabilitetslaster samt lodrette laster. I bygningsreglementet, bilag 4 til kap. 4, fremgår det, at der skal foreligge statistisk dokumentation i overensstemmelse med principperne i SBI-anvisning 223, appendiks E, "Eksempel på statistisk dokumentation for småhuse"."*

De væsentligste informationer i de data, der således er fundet relevante, fremgår af figurerne FIGUR 7, FIGUR 8 og FIGUR 9. Man ser et markant fald i antallet af sager i løbet af perioden, at fejl i projektering og udførelse er helt dominerende, samt at der er få alvorlige byggetekniske svigt.

En nærmere analyse af de enkelte sager ud fra et kriterie om relevans for denne kortlægning, ville kunne reducere antallet, men næppe den overordnede tendens.



**FIGUR 7.** Antal sager registreret af den lovpligtige byggeskadeforsikring fordelt på årstal. Medtaget alle sager bortset fra dem som er defineret med "Intakt eller med mindre svigt" og "Følgeskader". Udtræk er vedrørende "Bærende og stabiliserende konstruktioner" for perioden 14. september 2015 til 10. december 2024.



**FIGUR 8.** Sager registreret af den lovpligtige byggeskadeforsikring fordelt på "Årsag". Udtræk er vedrørende "Bærende og stabiliserende konstruktioner" for perioden 14. september 2015 til 10. december 2024.



**FIGUR 9.** Sager registreret af den lovpligtige byggeskadeforsikring fordelt på "Alvorlighed". Udtræk er vedrørende "Bærende og stabiliserende konstruktioner" for perioden 14. september 2015 til 10. december 2024.

### 3.2.4 Sammenfattende om hændelser

I Danmark er der ikke noget samlet register for data om hændelser vedrørende bærende konstruktioners sikkerhed, og mange af dem, der findes, er registreret i lukkede systemer, hvor der ikke er adgang til data, eller de registreres på en måde, så data i praksis ikke kan trækkes ud, og de hændelser, der er skaffet adgang til, gælder for en begrænset del af byggeriet.

Data fra de beskrevne alvorlige hændelser er i vid udstrækning blevet tilgængelige som følge af myndighedernes bemyndigelse til sikre adgang til den information, som er nødvendig for at klarlægge årsagen til hændelserne. De data, som er registreret, se **FIGUR 4**, anses for at være en begrænset del af de alvorlige hændelser, der er forekommet i Danmark i den periode kortlægninger dækker. De anses dog for at være et repræsentativt udsnit af alle

hændelserne. Det ses i FIGUR 4, at ekstreme vejrhændelser, storm i 1999 og snefald i 2007 og 2010, giver anledning til et stort antal kollapse, og at der i perioder mellem sådanne vejr-hændelser forekommer spredte kollapse. Alle de beskrevne alvorlige hændelser tilskrives grove fejl i statistiske beregninger og i udførelsen (ofte begået flere år forud for hændelsen), manglende vedligehold eller fejl i snelastforskrifterne.

Analyse af årsagerne til alvorlige svigt kan benyttes som grundlag for vurderinger af om reguleringen skal justeres, eller om vejledninger til byggeriets parter bør udarbejdes, men de har begrænset værdi som indikator for en udvikling i de bærende konstruktioners sikkerhedsniveau.

De beskrevne data fra nærved-hændelser opsamles systematisk og registreres løbende. I den udstrækning, de kan tolkes som en indikator for en udvikling i byggeriets sikkerhedsniveau, ses en klar positiv udvikling i det realiserede sikkerhedsniveau. Datagrundlaget anses for dækkende for det almene byggeri. Datagrundlaget kunne styrkes væsentligt, hvis man kunne få data fra certificerede og anerkendte statikeres virke, hvor der påvises hændelser, som vedrører en større og – i denne sammenhæng – mere betydningsfuld del af byggeriet, hvor der i højere grad er eksempler på mere komplekse byggerier, anvendelse nye materialer samt anvendelsen nye og komplekse værktøjer til statistiske beregninger. Ingen af de i kortlægningen beskrevne hændelser er tilskrevet et for lavt formelt sikkerhedsniveau.

### 3.3 Analyse af sammenhæng mellem hændelser og regulering

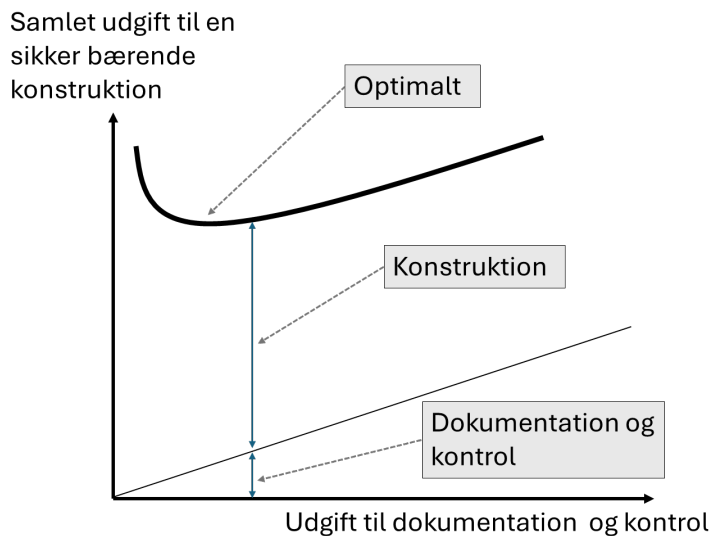
Analysen fra såvel alvorlige hændelser som analyser af data fra nærved-hændelser er udnyttet til at udtrække viden, der er benyttet som grundlag for vurderinger af, om der er behov ændringer i reguleringen. De mest markante sammenhænge mellem hændelser og regulering er:

- Myndighedernes bemyndigelse til at sikre adgang til den information, som er nødvendig for at klarlægge årsagen til alvorlige hændelser kan ses som en følge Siemens Arenas kollaps.
- Kollapset af Siemens Arena rejste også en erkendelse af behovet for at øge den realiserede bæreevne gennem krav til dokumentation og kontrol af statistiske beregninger. Det har ført til en række øgede krav, som beskrevet i afsnit 3.1 om regulering.
- Mange hændelser i forbindelse med voldsomme snestorme i årene 2007-2010 førte til skærpelse af snelasten i 2012 (se FIGUR 3). I 2006 er det generelle sikkerhedsniveau reduceret (se FIGUR 3). Det betyder, at de bærende konstruktioner for byggerier projekteret i perioden 2006 til 2012 har en lavere formel sikkerhed over for snelast end bygninger projekteret før og efter denne periode. Det er ikke undersøgt om de bygninger, der kollapsede i snestormene i årene 2007-2010 er projekteret i den periode eller om de skærpede krav ville have været nok til at nogle af hændelserne kunne være undgået.
- Analyser af hændelser er udnyttet til at forbedre regulering og vejledninger til byggeriets parter. Som eksempler er der i afsnit 3.5 henvist til myndigheders vejledninger. De vedrører udsatte konstruktioner under ekstreme storme eller ekstreme snefald, eftersyn af ældre altaner samt anvendelsen af MGO-plader. Byggeskadefondenes årsberetninger indeholder også i vid udstrækning den type af information.
- Analyser af hændelser er udnyttet til at iværksætte forskning som støtte for at understøtte grundlaget for ændringer i reguleringen.

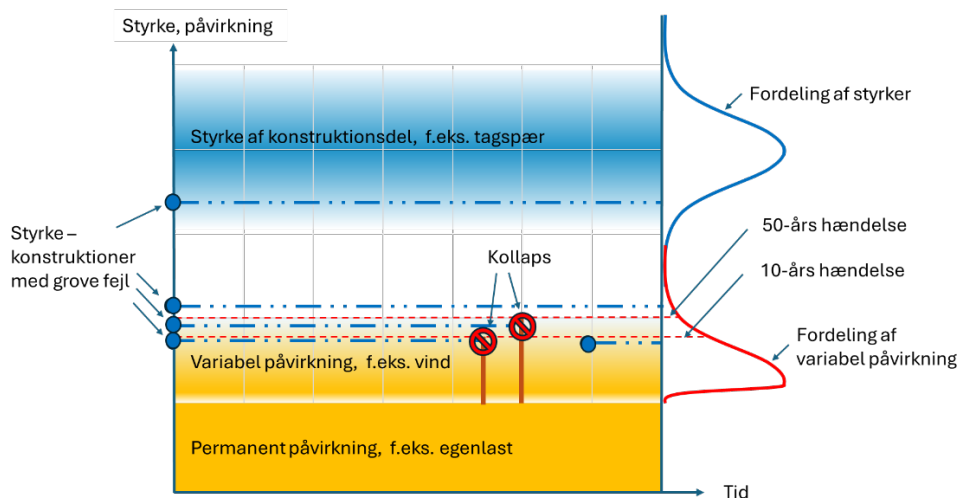
### 3.4 Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

FIGUR 10 illustrerer den principielle sammenhæng mellem samlede omkostninger til en konstruktion og udgiften dokumentation og kontrol. Den viser, at der er en optimal indsats for dokumentation og kontrol. Det punkt ligger forskelligt afhængig af konstruktionens størrelse og kompleksitet. Hvis der f.eks. er tale om en carport er merprisen for stærkere bjælker og søjler så lille, at det ikke berettiger nogen dyberegående statisk beregning. Dette er også en af grundene til, at der tidligere var to bygningsreglementer, se FIGUR 2, og at der i de nyere bygningsreglementer opereres med begreberne "Sikkerhedsklasse", "Konstruktionsklasse" og "Kompleksitet", således at der også i de nyere fælles bygningsreglementer stilles færre krav til dokumentation og kontrol for simple konstruktioner.

Analysen her giver ikke grundlag for at vurdere om de nuværende regler afspejler det optimum, der er illustreret i FIGUR 10.



FIGUR 10. Et omkostningsperspektiv. Hvis der ikke udføres statiske beregninger (ingen udgift til dokumentation og kontrol) må man vælge en konstruktion med stor styrke (stor omkostning til konstruktionen). Omkostninger til dokumentation og kontrol sigter mod en optimal udnyttelse af resurserne til opførelse af den bærende konstruktion. Den samlede udgift kan reduceres indtil et vist punkt – det optimale – hvor mere avancerede beregninger ikke medfører væsentlige besparelser på konstruktionen eller øget realiseret sikkerhed.



FIGUR 11. Et sikkerhedsperspektiv. Grove fejl er dominerende i konstruktioner, der kolliderer

FIGUR 11 illustrerer nogle væsentlige træk i det sikkerhedssystem, der er opbygget for bærende konstruktioner i bygninger. Det væsentligste er, at styrken af kritiske bygningselementer med stor sikkerhed skal modstå de påvirkninger byggeriet udsættes for i sin levetid. Når systemet fungerer, som det er tænkt, fører de statiske beregninger til konstruktioner, hvis realiserede styrker er fordelt som vist i det blå område på FIGUR 11. Helt til højre ses også en blå kurve, der illustrerer sandsynligheden for at den realiserede bæreevne ligger på et bestemt niveau. Variationen kan f.eks. skyldes forskelle i fordelingen af knaster i det træ, der er anvendt til bygning af tagspær.

Styrken skal vurderes i forhold til belastningen, som i illustrationen er vist med orange nuancer. Den består dels af egenlast (spær, tagsten, isolering, mv), som altid vil være til stede, dels af variabel last, som f.eks. kan være fra vind eller sne. Helt til højre ses en rød kurve som illustrerer sandsynligheden for at den variable last når et vist niveau. I illustrationen er det ikke medtaget, at egenlasten også varierer f.eks. afhængigt af hvor meget inventar der opstilles. Denne mangel anses ikke for væsentlig for de følgende betragtninger.

Idet den vandrette akse indikerer et tidsforløb, vil der på en given dag være den helt til højre viste (rød kurve) sandsynlighed for at den variable påvirkning når op på et bestemt niveau. Med to lodrette streger er illustreret to ekstremer, en 10-års og en 50-års hændelse (storm eller snefald).

Ved hjælp af sikkerhedsfaktorer (partialkoefficienter) sikres, at styrken er så meget større end påvirkningen, at sandsynligheden for et tilfælde, hvor påvirkningen er større end styrken er meget lille, se det meget lille overlap på sandsynlighedsfordelingerne til højre i FIGUR 11. Ingen af de i kortlægningen beskrevne hændelser er tilskrevet denne lille sandsynlighed.

Til venstre i FIGUR 11 er med blå prikker markeret fire punkter. De illustrerer konstruktioner, som er opført i tiden forud for det tidsvindue, der betragtes. Det er konstruktioner, der som følge af grove fejl har en realiseret styrke, som er væsentlig mindre end det, der ville være tilfældet, hvis ikke fejlen var begået. Følges de blå stiplede linjer fra disse prikker ind i figuren, ses at de to nederste stopper den dag hvor det er markeret, at der forekommer henholdsvis en 10 års- og en 50 års hændelse. Her er det markeret, at de to konstruktioner rammes af en kollaps. Lige over de to tilfælde er markeret en fejlbehæftet konstruktion, som har lidt større styrke. Den overlever de to markerede hændelser, og med mindre konstruktionen udsættes for en usandsynlig ekstrem situation, vil fejlen måske aldrig få betydning. Det fjerde tilfælde er en konstruktion, som uden den grove fejl tilfældigvis ville have haft en styrke i den øvre ende af spektret af realiserede styrker. Trods den grove fejl får denne konstruktion en styrke, som er på linje med den realiserede styrke af mange konstruktioner uden fejl, og den vil i sin levetid stå med en fuldt acceptabel sikkerhed.

Til højre for tidspunktet for 50-års hændelsen er med en femte blå prik markeret en fejlbehæftet konstruktion med en styrke, der er så lav, at den må forventes at kollapse ved næste 10-års hændelse.

Som eksempel på betydningen af ovenstående kan man betragte følgerne af et stormvejr: Bygninger med realiserede styrker mindre end de påvirkninger, som vindkræfterne udsætter dem for, kolliderer. Det vil være bygninger, hvis styrker er meget lave, typisk fejlbehæftede eller dårligt vedligeholdt. I nogle tilfælde er vinden kommet fra en gunstig retning og bygningen overlever indtil næste storm, hvor vinden måske kommer fra en anden retning.

Det fremgår af dette eksempel, at hvis der opføres bygninger med færre grove fejl vil antallet kollapse blive reduceret.

FIGUR 11 illustrerer også, at sandsynligheden for, at en konstruktion med en grov fejl før eller siden kolliderer, især afhænger af hvor meget bæreevnen er lavere end det krævede. Det er kun de færreste kilder, der indeholder data om den realiserede bæreevne i forhold til den krævede.

Ses hyppigheden af alvorlige hændelser som et problem, er der set i ovenstående perspektiv to måder for løsning af problemet: Den ene er at øge det formelle sikkerhedsniveau

– afstanden mellem styrker og påvirkninger, se FIGUR 11. Den anden er at reducere antallet af grove fejl, som kortlægningen har vist, er hovedårsagen til alvorlige kollaps.

Det at øge det formelle sikkerhedsniveau vil gøre alle konstruktioner dyrere, og i den udstrækning, at det er grove fejl, der er hovedårsagen til kollapsfrekvensen, er det en indirekte og ineffektiv måde for løsning af problemet.

Det, at reducere antallet af grove fejl, kan gøres ved at øge krav til dokumentation og kontrol samt, ud fra analyser af årsager til hændelser, at forbedre regulering og vejledninger, så det i højere grad sikres, at de bedste løsninger anvendes og der ikke begås fejl. Det medfører omkostninger for alle byggerier til øget dokumentation og kontrol og til analyser af hændelser og udarbejdelse af vejledninger. Reduktionen af grove fejl vurderes at være sådan, at det primært er antallet af fejl, der reduceres. De fejl, der slipper gennem, antages at have samme effekt på den realiserede bæreevne, som fejl begået før den øgede kontrol eller bedre vejledninger. Effekten med færre, men ligeså alvorlige fejl, er illustreret i FIGUR 12. Det vil med tiden føre til færre kollapser f.eks. ved de ekstreme storme eller snefald.

Historisk set har der været en udvikling med øgede krav til robusthed samt til dokumentation og kontrol af projektering, af udførelse og af materialer med dertil hørende øgede omkostninger. Modsat er der gennem reduktion af det formelle sikkerhedsniveau åbnet for besparelser på materialer til konstruktioner. Der er tale om to modsatrettede udviklinger.

Kortlægningen af nærved-hændelser kan tolkes som et udtryk for, at det realiserede sikkerhedsniveau er øget, selv om datagrundlaget er spinkelt.

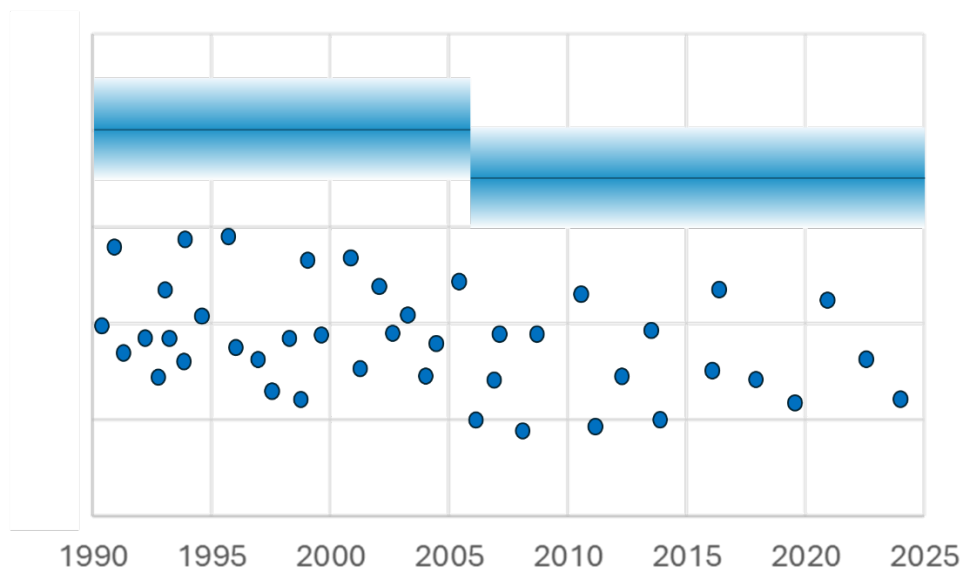
Kortlægningen af alvorlige hændelser peger heller ikke på noget behov for at øge det formelle sikkerhedsniveau.

Det formelle sikkerhedsniveau, fastlagt i det nationale annekst til sikkerhedsnormen, DS/EN 1990, specificeres ved et såkaldt årligt sikkerhedsindeks, jo højere tal jo større sikkerhed. Et årligt sikkerhedsindeks er baseret på den årlige maksimale last. Eurocodes giver også mulighed for alternativt at specificere et 50-årligt indeks baseret på den maksimale last over en periode på 50 år.

De i Danmark gældende årlige sikkerhedsindekser er 3,8, 4,3 og 4,7 for henholdsvis lav, middel og høj konsekvensklasse. Hvert af de angivne spring svarer stort set til et øget krav til bæreevnen af et konstruktionselement på 10 %. I den nyeste udgave af det nationale annekst, som endnu ikke er trådt i kraft, forventes det årlige sikkerhedsindeks reduceret til 4,1 for middel konsekvensklasse svarende til et reduceret krav til bæreevnen af et konstruktionselement på ca. 5 %.

Til sammenligning ligger der udkast til de nye nationale sikkerhedsindeks i lande omkring Danmark: De nye årlige sikkerhedsindeks for middel konsekvensklasse er 4,3 i Sverige, 4,7 i Tyskland, 4,7 i Finland og 4,7 i Holland (dog 3,7 hvis vind er dominerende last). Det bemærkes, at landene med et årligt sikkerhedsindeks på 4,7 ofte, til kalibrering af partialkoefficienter, benytter et formelt sikkerhedsindeks på 3,8 baseret på maksimal last over en periode på 50 år. Det svarer reelt til et lavere årligt sikkerhedsindeks end 4,7, typisk 4,3, som vi har i Danmark og lidt over de 4,1, som vi får. Årsagen til forskellen på 4,7 og 4,3 er, at årlige svigthændelser ikke er statistisk uafhængige, idet styrker og permanente laster er konstante over tid.

Blandt disse lande får Danmark således det laveste formelle sikkerhedsniveau baseret direkte på det formelle årlige sikkerhedsindeks men reelt stort set samme sikkerhedsniveau, hvis partialkoefficienter er kalibreret på et 50 års sikkerhedsindeks på 3,8. Dog får Holland et endnu lavere formelt sikkerhedsniveau i tilfælde, hvor vind er dominerende last.



**FIGUR 12.** Illustration af en udvikling af realiserede styrker, hvor det formelle sikkerhedsniveau (se også figur 11) er reduceret (i 2006), og øgede krav til dokumentation og kontrol samt bedre vejledninger har reduceret antallet af alvorlige fejl pr år (de blå prikker).

Perspektiveringen kan sammenfattes på følgende måde:

- Der er en optimal indsats for dokumentation og kontrol. Dette optimum afhænger af konstruktionens størrelse og kompleksitet.
- Svigt i bærende konstruktioners sikkerhed er domineret af grove fejl under projektering og udførelse eller manglende vedligehold.
- Analyser af årsager til hændelser har bidraget til at ændre reguleringen, for eksempel i form af øgede krav til dokumentation og kontrol og til at revidere reglerne for fastsættelse af snetryk på tage.
- Analyser af årsager til hændelser har også bidraget til at forbedre vidensgrundlaget for udførelse og vedligehold af bærende konstruktioner, for eksempel gennem information om typiske fejl og gennem udarbejdelse af anvisninger.
- Der er registreret et reduceret antal af nærved-hændelser. Det tolkes som et resultat af målrettede indsatser med fastlæggelse af årsager og udvikling i regulering og vejledninger/anvisninger.
- Selv om grove fejl i projektering og udførelse kunne forhindres fra nu af, ville grove fejl begået for år tilbage ved opførelsen af de eksisterende konstruktioner betyde, at ekstreme vejrhændelser (storme og snefald) fortsat i årene fremover vil medføre kollapse.

## 3.5 Referencer

### Rapporter

- Jørgen Munch-Andersen og Mogens Buhelt (2000). Stormskader på bygninger: Undersøgelse af skader ved stormen 3. december 1999. By og Byg Resultater nr.: 001. SBI Forlag, 2000
- Jørgen Nielsen (2005) Sikkerheden i eksisterende byggeri. Indsamling og formidling af viden. Statens Byggeforskningsinstitut. Rapport SBI 2005:16.
- Nielsen, J., & Pedersen, E. S. (2008). Snelast på tage: Udredning vedr. sneskader i.f.m. snestormen februar 2007. SBI forlag. SBI No. 2008:21
- S.O. Hansen, J.D. Sørensen, F. Sørensen, P. Lind, K. Tølløse, H. Harms, J. Munch Andersen (2010). Undersøgelse af årsager til tagkollaps i forbindelse med snefald vinteren 2010. Rapport. Dansk Standard 2010
- Tommy Bunch-Nielsen og Per Bo Larsen og Peter Svane (2016). Undersøgelse af problemer med fugt og korrosion, Bunch Bygningsfysik, sag nr.: KON219-R001, 2016

### Kilder vedrørende alvorlige hændelser:

- Jørgen Nielsen (2003) Siemens Arena – hvad kan vi lære af kollapsen?. Internt notat, dateret 27. marts 2003. Statens Byggeforskningsinstitut
- "Taget over omklædningsbygningen i kultur- og idrætscentret Gigantium i Aalborg gav efter fra massen af ophobet sne. Ingen er kommet til skade, men skadens omfang er endnu uvist". Ingeniøren 22. februar 2007. Snedyngne knuser tag på nordjysk kulturcenter | Ingeniøren
- Pedersen, E. S., Nielsen, J., & Aagaard, N.-J. (2009). Kollaps af Rødovre Skøjtehal. Notat. Aalborg Universitet, 2009.
- Rasmussen, Ole W. Det brager, og jeg når lige at tænke: Nu kommer taget. Landbrugs Avisen, fredag 2. april 2010. Alene i Nordjylland har der i år været 25 ulykker med sammenstyrtede tage på grund af snetryk. I nogle tilfælde var der dyr i staldene, og på en svinebedrift i Syvsten gik det helt galt, da to medarbejdere kom i livsfare, da de blev klemt fast under det kollapsede tag. Dorte Majgaard Nielsen var den ene.
- Erik Steen Pedersen, Jørgen Nielsen, Niels-Jørgen Aagaard (2011). Kollaps af Club Danmark Hallen – Undersøgelsesrapport, SBI 2011:10
- Pedersen, E. S., & Aagaard, N.-J. (2013). Kollaps af cirkustelt ved Kalundborg. (1. udgave ed.) SBI forlag. SBI Vol. 2013 No. 29
- Jørgen Nielsen, Erik Steen Pedersen, Niels-Jørgen Aagaard (2015). Kollaps af etageejendom på Provst Dreslersvej i Frederikshavn - Undersøgelsesrapport. SBI 2015:03
- Torben Jastram. Altaner styrtede ned ved boligbyggeri. Dagens Byggeri, 14 marts 2016
- Erik Steen Pedersen, Jørgen Nielsen (2016) Titel Kollaps af butikbygning i Dronningmølle – Undersøgelsesrapport. SBI 2016:19
- Erik Steen Pedersen, Jørgen Nielsen (2016). Altankollaps, Hammerloden. SBI-notat 29. september 2016
- Jørgen Nielsen (2017). Hallen i Hinnerup. PP- præsentation for Stående Byggepanel 2017-05-19. Baseret på udredning fra ALECTIA A/S ved Peder R. Hansen og Bent-Ove Bacci Bøg og dateret 2016-11-29.
- (2018) Gipsloft - Hvidovre rådhus. Kilde: Ingeniøren, <https://ing.dk/artikel/80-kvadratmeter-loft-paa-raadhus-styrtet-ned-222795>
- (2018) Ulrik Andersen. Alvorlige fejl førte til dramatisk byggekollaps. INGENIØREN, 10. juni 2018
- J. D. Sørensen, T. Cornelius: Da Vinci Parken i Aalborg - Kollaps af altan - Gennemgang af skadesårsag. Aalborg Universitet 2020.
- Jørgen Nielsen, John Dalsgaard Sørensen (2020). Altankollaps Dr. Fichs Vej i Kolding. Notat Aalborg Universitet, Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD) 2020
- J. D. Sørensen, T. Cornelius: Da Vinci Parken i Aalborg - Kollaps af altan - Gennemgang af skadesårsag. Aalborg Universitet 2020.

Jørgen Nielsen, John Dalsgaard Sørensen (2024). Altankollaps Peter Sabroes Gade 14 G st. tv., Aarhus. Notat Aalborg Universitet, Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD) 2024

Kevin Doherty. Svalegang kollapsede: En person har mistet livet - I alt tre personer kom til skade i ulykken. Ekstra Bladet. 24. januar 2025.

Bygning delvist kollapsede i Aarhus: Folk reddet ud gennem vinduer. Ritzau. 3. april 2025.

#### **Vejledninger udgivet af myndighederne**

Hvordan rydder jeg mit tag for sne? Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010

Vejledning om eftersyn af ældre betonaltaner, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017

Store træspær - behov for afstivning. Trafik-, bygge- og boligstyrelsen 2019

Store stålrammer - behov for afstivning, Trafik-, bygge- og boligstyrelsen, 2020

Haller og store tage – forebyg skader fra sne og vand, Bolig- og Planstyrelsen, 2021

## 3.6 Bilag til kapitel 3

### Bilag 3.1. Væsentlige ændringer i BR vedrørende dokumentation af bærende konstruktioner.

TABEL 1. Væsentlige ændringer i BR vedrørende dokumentation af bærende konstruktioner.

R98 gælder kun for småhuse og BR95 kun for erhvervs- og etagebyggeri		
1998	BR98	Der henvises, ligesom i BR95, specifikt til konstruktionsnormerne, og i vejledningen til SBI-anvisning 189 (§ 4.2.1)
1998	BR98	Der gøres, ligesom i BR95, specifikt opmærksom på, at glaskonstruktioner er en bærende konstruktion, hvis sikkerhed skal eftervises (§4.2.2)
2001	BR95	DS-standarder angives med henvisning til specifik udgave (§ 5.1.2, stk. 1)
2001	BR98	DS-standarder angives med henvisning til specifik udgave (§ 4.2.1)
2001	BR95	BR-vejledning om betonkvalitet og valg af dækklag (miljøklasser) (§ 5.1.2, stk. 2)
2001	BR98	BR-vejledning om betonkvalitet og valg af dækklag (miljøklasser) (§ 4.2.2)
2001	BR95	I BR-vejledningen åbnes for anvendelse af foreliggende udkast til Eurocodes (§ 5.1.2, stk.3)
2001	BR98	I BR-vejledningen åbnes for anvendelse af foreliggende udkast til Eurocodes (§ 4.2.3)
2001	BR98	I BR-vejledningen: Kommunalbestyrelsen kan, ligesom senere i BR95, kræve attesting af anerkendt statiker (§ 4.2.1 og § 4.2.2)
2004	BR95	Kommunalbestyrelsen kan kræve redegørelse for statisk dokumentation. (Bilag 6)
2005	BR95	Beskrivelse af attestingssystem 3 under byggevederedirektivet (Bilag 7) – CE mærkning
Herefter er der kun ét bygningsreglement gældende for alt byggeri		
2008	BR08	Overgang til Eurocodes, DS/EN (4.2, stk. 3 og stk 4)
2008	BR08	Vejledning: En uafhængig anerkendt statiker skal gennemgå projekter i høj sikkerhedsklasse (4.2, stk. 2-4)
2008	BR08	Om dokumentation af materialer og konstruktioner, der ikke er dækket normerne. (4.2, stk. 6 og 7 med tilhørende vejledning)
2008	BR08	Lempelser i sikkerhedsniveau for visse driftsbygninger inden for landbrug og gartneri (4.2, stk. 9 og 10, med tilhørende vejledninger)
2009	BR08	Henvisning til normer for dimensionering af konstruktioner i letbeton og porebeton (4.2, stk. 4 og 5)
2010	BR10	"Erklæring vedr. teknisk dokumentation" gældende for visse mindre bygninger (1.3.1 og 1.3.2)
2010	BR10	Reglerne for reduceret snelast på visse driftsbygninger modificeres (4.2, stk. 8)
2010	BR10	Regler om glaspartier, glasflader og glaskonstruktioner får eget afsnit (4.3)
2016	BR15	BR15 træder i kraft 1. januar 2016
2016	BR15	Anerkendelse af statikere (Bilag 3) - statikererklæring
2016	BR15	Dokumentation af bærende konstruktioner (Bilag 4)
2018	BR18	Henvisning til normgrundlag bliver mere specifik og placeres i kap. 15, § 340 - § 357
2018	BR18	De bærende konstruktioner i et bygværk skal indplaceres i en konstruktionsklasse (Kap 26, § 485 - § 489)
2018	BR18	Opdatering af regler for dokumentation af bærende konstruktioner (Kap 28, § 494 - § 505)
2018	BR18	Regler for kontrol af dokumentation for bærende konstruktioner og brandforhold (Kap 30, § 523 - § 528)
2018	BR18	Krav vedrørende bygværksprojekterende (Kap 31, § 529 - § 530)
2018	BR18	Regler vedrørende certificerede statikere og deres virke (Kap 32, § 531 - § 535 og Kap 33, § 536 - § 544)
2018	BR18	Opdatering af regler vedrørende anerkendte statikere Kap 35, § 552 - § 563)
2020	BR18	Ophør af kommunal teknisk sagsbehandling (brand, statik) (1/1 2020)
2021	BR18	Indplacering i konstruktionsklasser opdateres (Kap. 26, § 489)
2021	BR18	Krav om anvendelse af bygværksprojekterende fjernes (1/1 2021)
2022	BR18	Definition af kompleksitet for ombygning og forandring af eksisterende konstruktion (Kap. 26, §487, stk. 3)
2022	BR18	Nye bestemmelser vedr. lovtiggørelse af bærende konstruktioner (B5) (1/7 2022)
2024	BR18	Regler for certificeringsordninger opdateres

## Bilag 3.2. Ændringer i sikkerhedsnormerne siden 1998

1998: DS 409:1998:

- Partialkoefficienter for bygninger blev kalibreret til et sikkerhedsniveau med en årlig svigtsandsynlighed på 10<sup>-6</sup> og tilsvarende årligt sikkerhedsindeks på 4.8 for normal sikkerhedsklasse.
- Der blev formuleret krav til robusthed knyttet til 'bortfald af element' og 'nøgleelementer'
- Krav til udførsel: der er krav til materialekontrol. Derudover henvises til materialenormerne.

2006: DS 409:2006:

- Denne norm var en overgangsnorm til Eurocodes. Bl.a. blev lastkombinationer tilpasset delvist lastkombinationerne i Eurocodes EN1990. Den reviderede sikkerhedsnorm er ændret markant sammenlignet med 1998 normen og har i stort omfang inddraget tekst fra DS/EN 1990:2002 'Basis of Structural Design'.
- Sikkerhedsniveauet blev sænket til en årlig svigtsandsynlighed på 10<sup>-5</sup> og tilsvarende årligt sikkerhedsindeks på 4.3 for normal sikkerhedsklasse. Denne reduktion i sikkerhedsniveau skulle ses i sammenhæng med forbedrede modeller for laster, og nye krav til robusthed og kontrol af projektering. Partialkoefficienter for bygninger blev kalibreret til dette sikkerhedsniveau hvilket medførte en reduktion i krav til bæreevner på ca. 10%. Partialkoefficienterne for nyttelast og naturlast blev fastsat til at være lig hinanden. Samtidigt blev de karakteristiske værdier justeret.
- Krav til kontrol af projektering blev udvidet med egenkontrol, uafhængig kontrol og tredjepartskontrol for konstruktioner i høj konsekvensklasse hvor konsekvenser af svigt er særligt alvorlige.
- Krav til robusthed blev udvidet.
- Der blev indført krav til svingninger i form af erfaringstal for acceptable egenfrekvenser og grænseaccelerationer

2007: Eurocodes blev indført med det danske nationale annekst til EN1990: DS/EN 1990 DK NA

- Sikkerhedsniveau uændret sammenlignet med 2006 sikkerhedsnormen: årligt sikkerhedsindeks = 3.8 for konsekvensklasse 1 (lav sikkerhedsklasse), 4.3 for konsekvensklasse 2 (normal sikkerhedsklasse) og 4.7 for konsekvensklasse 3 (høj sikkerhedsklasse).
- Krav til kontrol af projektering i DK NA EN1990 Annekst B4 blev udvidet med kontroltyper og minimumskrav til kontrol af projektmateriale i form af egenkontrol, uafhængig kontrol og tredjepartskontrol.
- Krav til robusthed blev udvidet og henvisning til DS/INF 146 indført.

2012: DS/EN 1991-1-3 DK NA:2012: Nationalt annekst til Eurocode 1: Last på bygværker – Del 1-3: Generelle laster - Snelast

- Den karakteristiske værdi for snelast på jord (terrænværdi) øges fra 0.9 kN/m<sup>2</sup> til 1.0 kN/m<sup>2</sup>.
- Der indføres en række ekstra formfaktorer

2018: DS/EN 1990 DK NA:2013 Tillæg 1:2018

- Krav til inspektion under udførsel indføres i DK NA EN1990 Annekst B5, herunder krav til almen kontrol og særlig kontrol i form af egenkontrol, uafhængig kontrol og tredjepartskontrol.

#### Referencer:

DK NA for DS/EN 1990, Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner, 2024.

Sørensen, J.D., S.O. Hansen & T.A. Nielsen: Calibration of Partial Safety Factors and Target Reliability Level in Danish Structural Codes. Proc. IABSE Conf. 'Safety, Risk and Reliability – trends in Engineering', Malta, 2001, pp. 179-184.

Sørensen, J.D., J. Munch-Andersen, S.O. Hansen, F.O. Sørensen, H.H. Christensen, P. Lind & A. Poulsen: Baggrundsundersøgelser ifm. udarbejdelse af Nationale Annekser til EN1990 og EN1991. DS INF 172, Dansk Standard, 2008.

### **Bilag 3.3. Vurdering af potentielle kilder til hændelser**

#### **ODIN - Beredskabsstyrelsens database**

Databasen ODIN er oprettet i 2005 af Beredskabsstyrelsen med henblik på at arkivere redningsberedskabets indberetninger af udrykningsaktiviteter mv. I 2015 lanceres det nuværende ODIN-system. Beredskabsstyrelsen har i samarbejde med de kommunale redningsberedskaber påbegyndt udvikling af en ny version af ODIN, som endnu ikke er taget i anvendelse.

Det er obligatorisk for de kommunale redningsberedskaber at indberette udrykningsaktiviteter. Det er oplyst telefonisk, at politiet kun indberetter dødsbrande, og at kommunale tekniske forvaltninger ikke bidrager vedrørende bærende konstruktioners sikkerhed. I databasens nuværende form er det kun muligt at udtrække data for perioden efter 2015. Ansatte i de kommunale redningsberedskaber kan lave udtræk af data. Andre kan anmode om udtræk.

Der er fokuseret på brand- og miljøhændelser, men der er dog fra 2016 til 2024 indberettet 261 hændelser (rapporter), hvor der er registreret "Sammenstyrtningsulykke" (0,2% af indberettede hændelser).

Ud fra oplysninger om nogle eksempler på indberetninger, er det vurderet at databasen ikke indeholder brugbare data inden for konstruktionsområdet, og der er derfor ikke anmodet om et detaljeret udtræk af hændelser.

#### **Byggeskadefonden**

Byggeskadefonden, BSF, blev oprettet i 1986 som reaktion på stigende byggetekniske problemer i det almene boligbyggeri. Fonden dækker støttet alment byggeri.

Byggeskadefonden registrerer og publicerer data i forbindelse med 1-års og 5-års eftersyn samt ved skadessager. Der udgives årsberetninger med overordnede opgørelser af alvorlige svigt i de bærende konstruktioner.

Der var en forventning om, at Byggeskadefondens data kunne anvendes direkte, men en dialog med Byggeskadefonden viste, at det ikke ville være muligt. En udnyttelse af Byggeskadefondens data kræver derfor en gennemgang og vurdering af rå-data fra flere databaser.

Data fra Byggeskadefonden dækker en afgrænset, men vigtig, del af byggeriet. De omfatter data fra hele perioden, og det vurderes, at data er særdeles pålidelige, eftersom de er resultatet af sagkyndiges detaljerede gennemgang af projekt materialet i de enkelte byggesager.

Det er vurderet, at Byggeskadefondens data er så værdifulde, at de trods arbejdet med at gennemgå rådatafilerne skal indgå i projektet som beskrevet i næste afsnit.

### **Den lovpligtige byggeskadeforsikring**

I forbindelse med eftersyn registreres data for byggerier, der er underlagt den lovpligtige byggeskadeforsikring. Det drejer sig om privat boligbyggeri. Det er et lukket system, men Social- og Boligstyrelsen har formidlet adgang, og der er modtaget et udtræk med 1815 hændelser i perioden 2015 til 2024 vedrørende "Bærende og stabiliserende konstruktioner".

Data vurderes som pålidelige og let tilgængelige. Det er vurderet, at de kan supplere tilsvarende data fra Byggeskadefonden, så selv om det er data for en relativ kort årrække er de medtaget i projektet som beskrevet i næste afsnit.

### **Almindelig husforsikring**

Almindelige husforsikringer i diverse forsikringselskaber dækker skader på bærende konstruktioner efter storm, snefald, mm). Taksationsrapporter indeholder relevante data om bærende konstruktioners tilstand og behov for forstærkning. Oplysningerne dækker hele undersøgelsesperioden fra 1995 til 2025, men er fordelt på flere selskaber.

Forsikring & Pension har undersøgt om der er forsikringselskaber, der har data liggende i en form, så det er overkommeligt at udtrække relevante data om de bærende konstruktioners sikkerhed.

Konklusionen er, at data ikke ligger i en form, så det er overkommeligt ad den vej at skaffe relevante informationer om bærende konstruktioners sikkerhed.

### **Voldgiftsnævnet for Bygge- og Anlægsvirksomhed**

Sager i voldgiftsnævnet omfatter bl.a. tvister om ansvaret for manglende bæreevne af bygningers bærende konstruktioner, herunder rapporter udarbejdet som led i "Syn og skøn".

Data findes i et lukket system, og der er rettet henvendelse til Voldgiftsnævnet med henblik på at undersøge om data foreligger i en form, så det er overkommeligt at udtrække relevante informationer om de bærende konstruktioners sikkerhed.

Det er vurderet, at data ikke ligger i en form, så det er overkommeligt ad den vej at skaffe relevante informationer om bærende konstruktioners sikkerhed.

### **Nyheder**

Mange relevante hændelser, især de alvorlige, finder vej til medierne. Det forekommer umiddelbart uoverkommeligt at gå ind i seneste 30 års beskrivelser i aviser (også lokalaviser). Søgninger kan dog ske i Mediearkiv ved hjælp af søgemaskinen INFOMEDIA, som BUILD har adgang via AAU's bibliotek. Det er Danmarks største digitale nyhedsarkiv og giver adgang til millioner af artikler fra danske aviser, tidsskrifter og nyhedskilder. Udfordringen er at vælge egnede søgekriterier.

Personligt indsamlede presseklip er benyttet som supplement/stikprøvekontrol af dækningen.

Datapålideligheden er varierende og uddrag af relevante data kræver et vist omfang af gennemlæsning. "Ingeniøren" og "Licitationen" anses for de mest relevante aviser.

Det er vurderingen, at presseklip er en brugbar kilde, som dækker hele undersøgelsesperioden og især fanger alvorlige hændelser. Tidsforbruget ved identifikation og gennemlæsning af artikler, betyder dog, at det ikke har været muligt fuldt ud at udnytte denne kilde.

### **Faglitteratur og videnudvikling**

Der har i perioden været en række projekter, som alle har haft det formål at analysere alvorlige hændelser med henblik på at afdække årsagerne.

Sådanne projekter omfatter analyser, som myndighederne ved alvorlige hændelser (typisk en kollaps) har bemyndigelse til at få udført. Det er en bemyndigelse, som blev besluttet efter kollapsen af Siemens Arena i 2003. Andre projekter har resulteret i rapporter og artikler

udarbejdet i forbindelse med flere alvorlige hændelser, f.eks. som følge af stormen i 1999 og ekstreme snefald i 2009/2010.

Gennem en årrække efter 2005 blev det, bl.a. i samarbejde med Erhvervs- og Byggestyrelsen, forsøgt at etablere en omfattende registrering af hændelser vedrørende sikkerheden i byggeriets bærende konstruktioner, se [1]. Projektet blev ikke videreført på grund af manglende finansiering, men rapporten indeholder betragtninger, som i nogen grad er relevante, og der blev opbygget en test-database med data for perioden omkring 2010 omfattende omkring 100 hændelser beskrevet ud fra en række parametre. Databasen er dog delvist gået tabt, men principper, som er opstillet i rapporten, er udnyttet.

Alle de nævnte kilder vurderes at være relevante til identifikation af alvorlige hændelser, selv om de kun dækker enkeltstående hændelser eller hændelser i korte intervaller af undersøgelsesperioden (f.eks. under ekstreme storme eller snefald).

### **Kommuner**

Kommuner arkiverer på de enkelte sager (adresser) oplysninger om kollaps, påbud og fejl i statiske beregninger fundet ved kontrol.

Oplysninger om påvisning af fejl i statiske beregninger vil være et udtryk for nærved-hændelse. De fremgår bl.a. af sluterklæringen i en byggesag. Sluterklæringer omfatter dog også ændringer af byggeriet, ikke nødvendigvis fejl i beregninger.

Relevante data er ikke søgbare (Aarhus Kommune) på tværs af adresser, men kan fremskaffes til belysning af en sag, som i forvejen er identificeret.

Data fra kommunerne kan dermed i praksis ikke udnyttes som kilde til identifikation af relevante hændelser.

### **Politi**

Politiet har oplysninger, specielt om byggeskader, hvor der potentielt kan rejses tiltale. Københavns politi oplyser, at de kun registrerer hændelser, hvis der er en kriminel handling bag. De henviser til kommunernes tekniske afdelinger, der har informationer om disse hændelser (se ovenfor om data fra kommuner).

Det vurderes at data fra politiet i praksis ikke kan udnyttes som kilde til identifikation af relevante hændelser.

### **Stående Byggepanel**

I en periode efter 2018 er nogle relevante hændelser vedrørende svigt i bærende konstruktioners sikkerhed lagt frem og diskuteret i Stående Byggepanel.

Ifølge Stående Byggepanels nye arbejdsgrundlag skal alt materiale, der deles i regi af Stående Byggepanel, være fortrolig og er kun tilgængeligt for medlemmerne af panelet. Derfor er der som udgangspunkt ikke direkte adgang til panelets arkiv.

De fleste hændelser er dog fremlagt af AAU, og de er medtaget i analysen.

### **Arbejdstilsynet**

Hos Arbejdstilsynet findes relevante data for hændelser vedrørende bærende konstruktioner i byggeri under opførelse.

Der er ingen offentlig adgang til data fra Arbejdstilsynet. En henvendelse til Arbejdstilsynet med anmodning om adgang til data har resulteret i modtagelsen af en emneliste for deres registreringer.

På den baggrund er det vurderet, at data fra arbejdstilsynet i praksis ikke kan udnyttes som kilde til identifikation af relevante hændelser.

### **Kontrol i forbindelse med myndighedsbehandling af byggeprojekter (Certificeringssorganerne, anerkendelsesudvalget)**

Kontrol af byggeprojekter har bl.a. til formål at forhindre hændelser af den type, som ønskes kortlagt i denne opgave. Et eksempel kan være, at en kældervæg dimensioneret uden hensyn til vandtryk. Oplysninger om arten og mængden af potentielle hændelser (nærved-hændelser), der derved afværges, er relevante data. Som beskrevet i afsnit 3.1. "Kortlægning af regulering" har kontrollen skiftet karakter i perioden 1995 til 2025.

Hvor det er krævet, nedfælder en statiker resultatet af kontrollen i en kontrolrapport og eventuelt i en sluterklæring. De dokumenter følger byggesagen og kan kun fremskaffes via kommunernes byggesagsarkiver – se Kommuner.

Det vurderes således, at data fra certificerede statikeres eller anerkendte statikeres kontrol i praksis ikke kan udnyttes som kilde til identifikation af relevante hændelser selv om de i høj grad ville være relevante.

### **Byggeriets Evaluerings Center**

Med baggrund i en kontakt til Byggeriets Evaluerings Center vurderes det, at data fra BEC ikke er relevante.





4

# BRAND

## 4 BRAND

Dette kapitel undersøger sikkerhedsniveauet for brand i perioden 1995–2025 og er opbygget som følger:

I afsnit 4.1 beskrives metode, kildegrundlag og afgrænsninger, herunder tre centrale forbehold for datagrundlaget. Afsnittet forklarer også de anvendte begreber i almindeligt sprog (R/REI, "overtændt bygningsbrand" i ODIN, "millionbrand" i F&P og AK6).

I afsnit 4.2 kortlægges udviklingen i reguleringen med et overblik over skiftet fra præskriptive krav til funktionsbaserede rammer samt udvalgte milepæle 1995–2025 (bl.a. R/E/I-klasser, Göteborg-pakken, røgalarmer i boliger, R 120 over 12 m, Eurocodes/DK NA, BR18's certificeringsordning og præciseringer for facader/hulrum samt AK6).

I afsnit 4.3 udpeges og dokumenteres væsentlige hændelser. Først præsenteres datatrends for brande, personskader og storbrande baseret på ODIN og Forsikring & Pension med en kort læsevejledning. Dernæst redegøres for udvælgelseskriterierne og en caseoversigt med otte danske og internationale brande, der belyser brandspredning, kollapsrisiko og driftsforhold.

I afsnit 4.4 vurderes koblinger mellem hændelser og konkrete krav: dokumenterede danske ændringer, internationale hændelser der har ført til præciseringer/vejledninger, samt hændelser der primært afdækker efterlevelseshøjder ("compliance gaps").

I afsnit 4.5 sammenfattes de centrale resultater og deres betydning for praksis (projektering, dokumentation, drift, kontrol) og de væsentligste resterende risici.

I afsnit 4.6 angives de anvendte referencer, vejledninger og datafiler.

### 4.1 Metode, kildegrundlæg og afgrænsning

I den nærværende kortlægning er der valgt primært at fokusere på to emner, da disse har stor indflydelse på, hvorvidt brande udvikler sig til storbrande:

- Brandmodstandsevnen (R/REI/robusthed) for bærende konstruktioner.
- Begrænsning af brandudbredelse (facader, hulrum, loftrum, drift).

Målet er at afdække evt. sammenhænge mellem konkrete hændelser og reguleringsmæssige ændringer/præciseringer i perioden 1995–2025.

Metoden er lineær og sporbar: Først reguleringsmilepæle, dernæst trends i brande, personskader og storbrande efterfulgt af case-udpegning og dokumentation og til sidst koblinger mellem hændelser og ændringer med effekt på brandmodstandsevnen og brandudbredelse.

Grundlaget er offentlige og ikke offentlige kilder: BR95–BR18 og tilhørende vejledninger/eksempelsamlinger, Beredskabsstyrelsens ODIN/Statistikbank samt Forsikring & Pension. Tre forbehold gælder:

- Data før 2005 er fragmenterede
- Efter BR18 findes mange versioner og bilag, hvorfor fokus er på væsentlige præciseringer
- Der kan være tidsmæssige forskydninger mellem hændelse, udredning og regelændring.

### 4.1.1 Begrebsbrug i kapitel 4

“Hændelse” anvendes om konstaterede brandsituationer (fx overtændte bygningsbrande og storbrande). Internationale hændelser indgår som kvalitative læringscases; de indgår ikke i de statistiske figurer, medmindre særskilt angivet. Der kan forekomme tidsmæssig forskydning mellem hændelse, udredning og efterfølgende regelændring; dette indgår i fortolkningen af sammenhænge mellem udviklingen i regulering og de observerede hændelser.

Følgende begreber anvendes konsekvent (forklaret her i almindeligt sprog):

#### **R/REI (brandmodstandsevne)**

*Hvad er det?*

En “REI”-klassifikation fortæller, hvor længe en bygningsdel kan modstå en brand.

**R = bæreevne:** Konstruktionen bliver ved med at bære lasten uden at kollapse.

**E = integritet (tæthed):** Ild og røg kan ikke trænge igennem til den anden side.

**I = isolering:** Den “kolde side” bliver ikke så varm, at noget derovre kan antændes.

*Hvordan læses det?*

**REI 60** betyder, at alle tre krav (R, E og I) er opfyldt i **60 minutter**. **R 60** er kun bæreevne i 60 min., **EI 60** er tæthed + isolering i 60 min. for en ikke-bærende væg/dør.

#### **BS-bygningsdel**

*Hvad er det?*

En “BS”-klassifikation fortæller, at bygningsdelen er udført af ubrændbare materialer.

#### **“Overtændt bygningsbrand” (ODIN)**

*Hvad betyder det?*

En brand, der er blevet så varm og iltrig, at **næsten alt brændbart i rummet antændes på én gang** (flashover).

*Hvordan ser det ud i praksis?*

Flammer og varme er meget voldsomme, røg er tyk og mørk, og flammer kan “vælde” ud af døre/vinduer. I ODIN bruges betegnelsen til at markere, at branden har nået dette fuldt udviklede stadie.

#### **“Millionbrand” (F&P)**

*Hvad betyder det?*

En registreringskategori i forsikringsstatistikken: **en brandskade, hvor den samlede erstatning forventes at overstige 1 mio. kr.**

*Hvorfor bruges det?*

For at tælle og analysere de større økonomiske brandskader på tværs af år og brancher.

#### **“AK6” (nedsat selvredning)**

*Hvad betyder det?*

**Anvendelseskategori 6** i bygningsreglementet dækker bygninger, hvor personer **ikke kan bringe sig selv i sikkerhed** uden hjælp.

*Eksempler:* Daginstitutioner, plejehjem, hospitaler.

*Konsekvens for krav:*

Skærpede krav til flugtveje, brand- og røgadskillelse, alarmering og ofte automatiske slukningsanlæg (fx sprinkler), så evakuering og redning kan ske hurtigt og sikkert.

## 4.2 Kortlægning af udvikling i reguleringen

Her uddrages de reguleringsmæssige milepæle, der er mest relevante for brandspredning og brandmodstandsevne. Se også FIGUR 13.

### 4.2.1 Overblik: fra præskriptivt til funktionsbaseret bygningsreglement

Overgangen fra BR95's præskriptive spor til BR18's funktions- og dokumentationsbaserede ramme, hvor kravene eftervises gennem brandstrategi, funktionsbeskrivelser og kontrolplaner har betydet, at certificerede brandrådgivere og DKV-planer bærer en større del af ansvaret for efterlevelse.

### 4.2.2 Milepæle i reguleringen i 1995–2025 (udvalg)

Der er udpeget følgende milepæle i reguleringen i den betragtede tidsperiode. Se også tidslinjen i FIGUR 13:

#### **Europæiske brandklasser (R/E/I) – indfasning og skærpelse over tid.**

Indfasningen af R/E/I-klasser har gjort kravene mere præcise (angivet i minutter), og dokumentationsniveauet er gradvist skærpet.

#### **“Göteborg-pakken” (1999) for forsamlingslokaler – driftskrav (anmeldelsespligt, uafhængige udgange, instrukser).**

Pakken udsprang af en stor dødsbrand i Göteborg og skærpede driftskravene for steder med mange mennesker. Kravene mindsker trængsel, sikrer flere uafhængige flugtveje og tydelig ledelse/ansvar ved evakuering.

#### **Røgalarmer i nybyggede boliger (2004) – tidligere detektion, reduceret brandforløb.**

Fastmonterede røgalarmer giver tidlig varsling, så beboere hurtigere opdager branden. Tidlig detektion forkorter brandforløbet og øger chancen for selvredning.

#### **R 120 ved 12 m-grænsen i højere etagebyggeri (2004–2006; videreført i BR18) – styrket kollapsmodstand.**

Bærende konstruktioner i bygninger over 12 m skal kunne modstå brand i mindst 120 minutter. Det giver større sikkerhed for bæreevnen under længere evakueringstider og indsats fra beredskabet.

#### **Eurocodes + DK NA (2007→2013→2024) – robusthed mod disproportioneret kollaps, alternative lastveje.**

Fælles europæiske beregningsregler med danske annekser stiller krav til robusthed og konsekvensklasser. Fokus er at undgå, at lokale skader udvikler sig til totalt kollaps, bl.a. ved at sikre alternative lastveje.

#### **BR18 – certificeringsordning, skærpet brandteknisk dokumentation (strategi, funktionsbeskrivelse, kontrolplan, DKV-plan).**

Overgangen til funktionsbaserede krav kræver systematisk dokumentation og uafhængig kontrol. Certificerede brandrådgivere har et tydeligt ansvar, og DKV-planen (drift-, kontrol- og vedligehold) sikrer, at løsninger også fungerer i praksis.

#### **Facader/hulrum (2018–2025) – præciseringer i BR18/vejledninger (brandstop, samlet systemdokumentation).**

Kravene tydeliggør, at hele facade- og tagsystemet skal dokumenteres som en samlet løsning—noter ikke kun materialer enkeltvis. Brandstop i ventilerede hulrum hindrer hurtig, skjult brandspredning bag beklædninger og i loftrum.

#### **AK6/plejeboliger (efter 2019) – styrket brandsyn/dispensationspraksis og praksisnære krav.**

Bygninger med nedsat selvredning (fx plejehjem) har skærpede krav til tilsyn, drift og ofte

automatiske anlæg som sprinkling og automatisk brandalarmeringsanlæg (ABA). Tiltagene kompenserer for, at beboere kan have svært ved selv at evakuere.

År	Ændringer i reguleringen
1995	
1996	
1997	
1998	
1999	'Göteborg-pakken' – driftskrav i forsamlingslokaler - Beredskabsstyrelsen, Vejledning: Forebyggelse af brand i forsamlingslokaler
2000	
2001	
2002	
2003	
2004	Etagebyggeri – 12 m-grænse ændres R 120/BS 120 (videreført i BR18) - BR18 vejledning kap. 3 (bærende konstruktioner) + BR95 §6.7.2, stk. 5 Røgalarmanlæg i nyopførte boliger - BR-ændring pr. 1/12-2004; DBI-folder 1323 Indførslen af funktionsbaserede brandkrav, herunder vejledningerne "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" og "Information om brandteknisk dimensionering". Større fokus på udarbejdelse af brandteknisk dokumentation.
2005	
2006	
2007	Eurocodes + DK NA (2007→2013→2024) – robusthed mod disproportioneret kollaps, alternative lastveje.
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	BR18 – certificeringsordning (brand/statik) - BR18 + Bek. 1616/2017 (certificeringsordning) Facader/hulrum – præciseringer om brandstop og systemdokumentation - BR18 vejledning kap. 4 (Antændelse, brand- og røgspredning)
2019	AK6/plejeboliger – styrket brandsyn og praksisnære krav - Nye brandsynsregler (myndighedskontrol af DKV)
2020	
2021	
2022	
2023	
2024	
2025	

FIGUR 13. Tidslinje for reguleringsmæssige milepæle, der er mest relevante for brandspredning og brandmodstandsevne og administrative ændringer i perioden 1995 – 2025

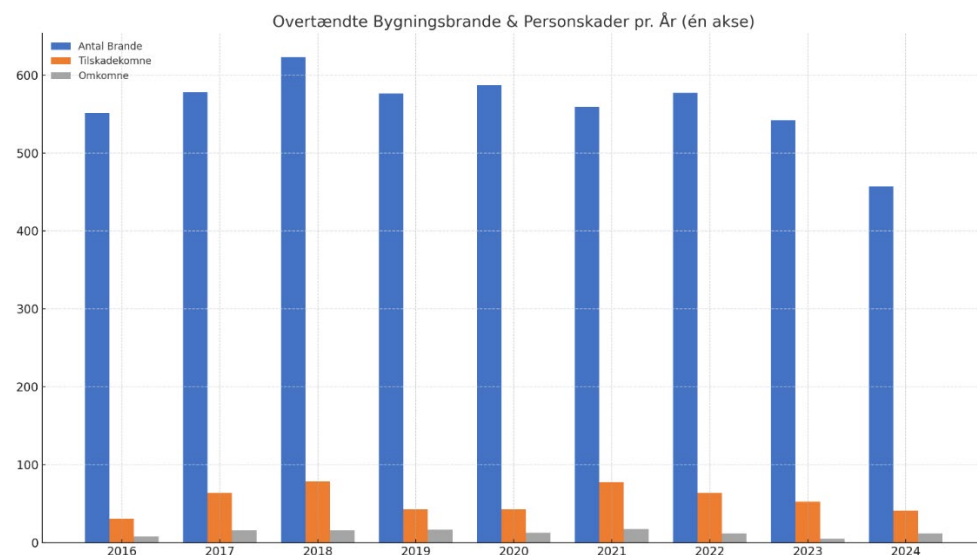
## 4.3 Kortlægning af væsentlige hændelser

Dette afsnit udpeger og dokumenterer væsentlige hændelser for at belyse udviklingen i datatrends for brande, personskader og storbrande (baseret på ODIN og Forsikring & Pension, jf. FIGUR 20 og FIGUR 15 ), de centrale mekanismer for brandspredning (facader, hulrum, tagrum, installationer) samt forhøjede risici i renoverings-/byggefasen. Udvælgelsen sker efter tydelige kriterier for påvirkning, reguleringsrelevans, datakvalitet og overførbarhed og munder ud i otte cases fra både danske og internationale hændelser fra Göteborg til Grøndalsbo, Farsøthushus, Børsen og Grenfell.

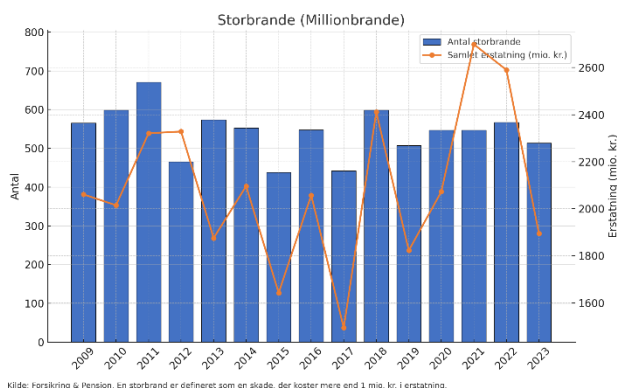
Bemærk: Datagrundlaget for figurer og opgørelser i dette afsnit er danske tal fra Beredskabsstyrelsens ODIN og Forsikring & Pension. Internationale hændelser indgår som kvalitative cases til læring og perspektiv og indgår ikke i de statistiske figurer/serier, medmindre det udtrykkeligt er angivet med særskilte kilder.

### 4.3.1 Datatrends: brande, personskade og storbrande

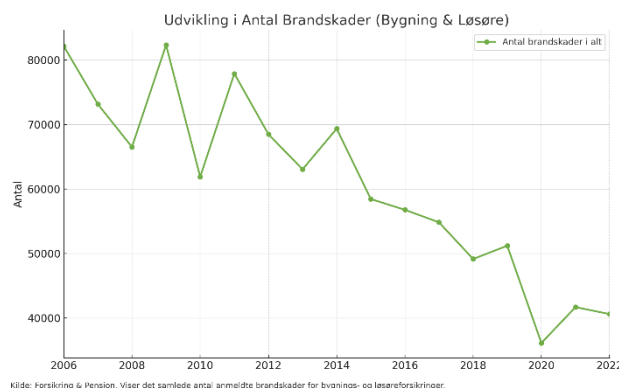
Figurerne nedenfor er baseret på data fra Beredskabsstyrelsen (ODIN), der dækker perioden fra 2016 og frem (8 år), samt fra Forsikring & Pension, hvor enkelte dataserier rækker helt tilbage til 2006/2009 (18 år).



FIGUR 14. Antal overtændte bygningsbrande (2016–2024). Personer omkommet/tilskadekommet i overtændte bygningsbrande Kilde: Beredskabsstyrelsen (ODIN).



Kilde: Forsikring & Pension. En storbrand er defineret som en skade, der koster mere end 1 mio. kr. i erstatning.



Kilde: Forsikring & Pension. Viser det samlede antal anmeldte brandskader for bygnings- og løsøreforsikringer.

FIGUR 15. a) Storbrande (millionbrande) og samlede erstatninger (2009–2023). Kilde: Forsikring & Pension.

b) Udvikling i antal brandskader (bygning & løsøre), 2006–2022. Kilde: Forsikring & Pension.

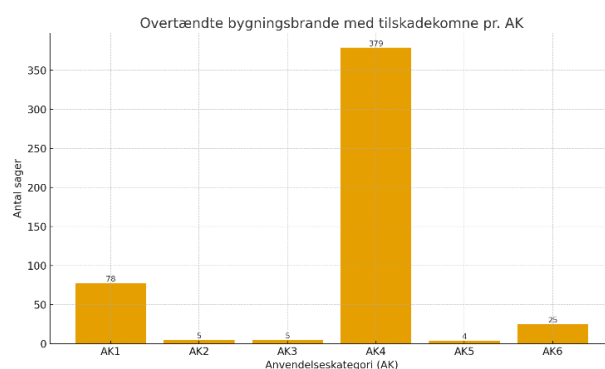
NOTE: Der er ikke taget hensyn til inflation i beløb.

Overordnet viser materialet en markant nedgang i det samlede antal brandskader, som i dette tilfælde er hændelser, hvor forsikringselskaberne har udbetalt erstatning i forbindelse med bygning eller løsøre, siden 2006, et stabilt og svingende niveau for storbrande samt et stabilt niveau for overtændte bygningsbrande i perioden 2016–2024. Langt de fleste personskader drejer sig om røgpåvirkning.

Opgørelser for overtændte bygningsbrande pr. anvendelseskategori ses i følgende figurer: FIGUR 16 a viser den samlede hændelsesbyrde (hvor findes brande), FIGUR 16 b og FIGUR 17 a viser fordelingen af henholdsvis tilskadekomster og dødsfald (hvor opstår skaderne), og FIGUR 17 b viser de relative risici pr. hændelse (hvor ofte en overtændt brand medfører skader eller dødsfald). Kombinationen giver både volumen- og risikobillede på tværs af AK.



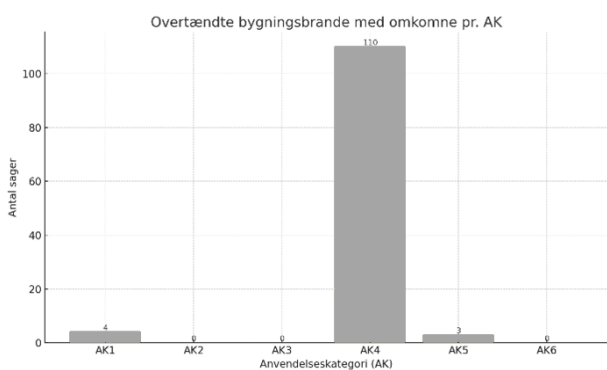
a) Antallet af overtændte brande er ujævnt fordelt på anvendelseskategorierne. AK4 tegner sig for hovedparten af hændelserne, mens AK1 og AK6 bidrager i mindre omfang og AK2–AK3–AK5 kun i begrænset omfang. Fordelingen afspejler, at byrden af hændelser er koncentreret i AK4 gennem hele perioden.



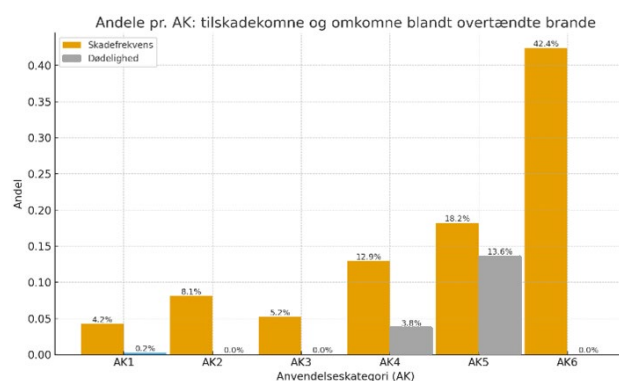
b) Tilskadekomster er stærkt koncentreret i AK4 (379 sager). Derudover registreres AK1 (78) og AK6 (25), mens AK2 (5), AK3 (3) og AK5 (4) kun udgør få sager og er ret lige. Det viser, at den største belastning af personskader ved overtændte brande ligger i AK4.

FIGUR 16. a) Antal overtændte bygningsbrande pr. anvendelseskategori (2016–2024).

b) procentvis andel af Overtændte bygningsbrande med tilskadekomne pr. anvendelseskategori (2016–2024).. Kilde: Beredskabsstyrelsen (ODIN).



a) Dødsfald forekommer især i AK4 (110 sager). Der registreres få tilfælde i AK1 (4) og AK5 (3) og ingen i AK2, AK3 og AK6 i den analyserede periode. De alvorligste udfald koncentrerer således i AK4. Det bemærkes, at der har været flere dødsfald end dem som figuren viser, men det har ikke været i kombination med overtændte brande.



b) Relativt set har AK6 den højeste skadefrekvens (≈42,4 %), efterfulgt af AK5 (≈18,2 %) og AK4 (≈12,9 %). Dødeligheden er højest i AK5 (≈13,6 %) og moderat i AK4 (≈3,8 %), mens AK1–AK3 ligger tæt på nul og AK6 ikke har registrerede dødsfald. Bemærk, at andelen i AK5–AK6 bygger på få sager og derfor er forbundet med større usikkerhed.

FIGUR 17. a). Overtændte bygningsbrande med omkomne pr. anvendelseskategori (2016–2024).

b). Skadefrekvens og dødelighed blandt overtændte bygningsbrande pr. anvendelseskategori (2016–2024). Kilde: Beredskabsstyrelsen (ODIN).

I absolutte tal ligger langt de fleste personskader og dødsfald i AK4, mens relative mål (andele) antyder forhøjet risiko pr. hændelse i AK5–AK6. Kombinationen af absolutte og relative opgørelser giver således både et billede af, hvor byrden er størst (AK4), og hvor hændelserne oftere får alvorlige konsekvenser (AK5–AK6). Dette understøtter den overordnede vurdering i afsnittet: niveauet af overtændte bygningsbrande er stabilt, men konsekvenserne er ujævnt fordelt på tværs af anvendelseskategorier. Dette viser et højt sikkerhedsniveau for AK1, AK2 og AK3, som dækker de anvendelseskategorier, hvor personer er vågne og i stand til ved egen hjælp at evakuere byggeriet. For AK4, AK5 og AK6, hvor personer kan være sovende og/eller ikke i stand til at evakuere ved egen hjælp, er personer naturligt mere følsomme over for en brand. Dette indikerer et lavere sikkerhedsniveau for disse anvendelseskategorier for det enkelte individ. Beredskabsstyrelsens statistikker viser, at der generelt er få dødsfald eller tilskadekomster pr. hændelse, hvilket indikerer et generelt højere sikkerhedsniveau for en samlet bygning med flere enheder.

#### 4.3.2 Metode og udvælgelseskriterier for konkrete hændelser

En række relevante hændelser (se FIGUR 18 ) er udvalgt efter:

- **Påvirkning:** Antal berørte personer og/eller konsekvenser for drift, miljø eller kulturarv.
- **Reguleringsrelevans:** Direkte/indirekte kobling til dansk praksis, regler eller vejledninger.
- **Datakvalitet:** Grundlaget er offentlige og ikke-offentlige kilder: BR95–BR18 med tilhørende vejledninger/eksempelsamlinger, Beredskabsstyrelsens ODIN/Statistikbank og Forsikring & Pension
- **Overførbarehed:** Læringsværdi for typiske danske bygningstyper og anvendelseskategorier (AK1–AK6).

År	Hændelser
1995	Villa/bolig (privat)
1996	
1997	
1998	Fabrik (Vipperød) Diskoteksbranden i Göteborg
1999	Lejlighed over grillbar, Holbæk
2000	Lagerhal (Lemvig-Müller & Munch), København
2001	
2002	Øvelse/kioskbygning, Frederikshavn Raffinaderi (Statoil), Kalundborg Hotel Viking/herberg påsat brand, Randers
2003	Gård/ladebrand, Østbirk
2004	Fyrværkerilager, Kolding
2005	Restaurant Mikkjelgaard (selskabslokaler), Hørsholm
2006	
2007	Svineslagteri (Danish Crown), Skive Svineslagteri (Danish Crown), Blans
2008	
2009	
2010	
2011	K.B. Hallen (kultur- og idrætshal), Frederiksberg
2012	Rose Poultry (fjerkræslagteri), Holsterbro Vig Hallen (idrætshal), Odsherred
2013	Frihedsmuseet (museum), København
2014	
2015	
2016	Svinkløv Badehotel (hotel)
2017	Gigantium (stor hal, kultur/idræt), Aalborg Avista Oil (oljeraffinering), Kalundborg Grenfell Tower facadebrand, London
2018	Plejecenter Farsøhthaus dødsbrand Amusement: restauranter mv. Lyngby
2019	Humlum Kro Tjønelyskolen, Greve
2020	
2021	Atlantic Sapphire (laksefabrik), Hvidesande
2022	Gammel banegård (fredet) Fredericia E/F Grøndalsbo (etagebolig), Vanløse
2023	
2024	Børsen (historisk erhvervsbygning) Løvvangsskolen, Aalborg
2025	

FIGUR 18. Tidslinje for relevante brandhændelser i perioden 1995-2025.

### 4.3.3 Caseoversigt

Ud fra ovenstående kriterier er der udvalgt otte betydningsfulde brande, der herunder oplyses inklusive deres relevans for rapportens formål.

#### **Børsen, København (2024)**

Brand under renovering i fredet bygning.

*Relevans:* Midlertidig brandsikring, kompromitteret sektionering, varmt arbejde, kulturarv.

#### **E/F Grøndalsbo, Vanløse (2022)**

Tagbrand i etagebebyggelse med spredning i stort uudnyttet tagrum. *Relevans:* Sektionering til tag, brandkam/brandkamsersstatning, brændbare undertage, "compliance gap".

#### **Svinkløv Badehotel (2016)**

Totalbrand i historisk træbyggeri med hoteldrift.

*Relevans:* Materialer i klimaskærm, drift/evakuering ved overnatning, afstande/nabopåvirkning.

#### **Plejecenter Farsøhthaus (2018)**

Dødsbrand i AK6.

*Relevans:* Selvredning, sektionering, ABA/sprinkling, drift/vedligehold, styrket brandsyn/dispensation.

#### **Diskoteksbranden i Göteborg (1998, SE)**

Stor dødsbrand i forsamling.

*Relevans:* Driftskrav for forsamlinger (anmeldelsespligt, uafhængige udgange, kapacitetsstyring, instrukser).

#### **Grenfell Tower (2017, UK)**

Facadebrand i højhus med vertikal spredning og 72 omkomne.

*Relevans:* Dansk præcisering af funktionskrav og dokumentation for facader/hulrum (BR18 og vejledninger).

#### **World Trade Center, New York (2001)**

Kollaps af højhuse efter terrorangreb og brandpåvirkning af stålkonstruktioner.

*Relevans:* Robusthed mod progressivt kollaps, brandmodstand af bærende stålkonstruktioner, betydningen af brandsikring af konstruktioner, evakuering af højhuse, international læring om konsekvensklasser og behov for systemiske robusthedskrav.

#### **Hotel Viking/ herberg, Randers (2002)**

Påsat brand i tidligere hotel indrettet som herberg; 6 omkom.

*Relevans:* Driftsforhold for herberger/udsatte borgere, hurtig overtænding og brændt trappeopgang (svigt af flugtveje), behov for tidlig detektion/varsling (ABA) og evt. sprinkling, bygningsmæssig stand i ældre etageejendom, tilsyn og ansvarsplacering.

## 4.4 Analyse af sammenhæng mellem hændelser og regulering

Dette kapitel sammenfatter de bedst dokumenterede koblinger mellem en bestemt hændelse og en efterfølgende ændring i regler, love eller vejledninger i perioden 1995–2025 og vurderer, hvordan disse påvirker

- krav til bæreevne/robusthed under brand og
- foranstaltninger mod udbredelse af brand.

Grundlaget er de i vedhæftede baggrundsnotater, analyser og hændelsesopsamlinger.

### 4.4.1 Dokumenterede hændelser, der udløste danske ændringer

#### **(1) Diskoteksbranden i Göteborg (1998) → skærpede driftskrav for forsamlingslokaler (1999).**

Anmeldelsespligt sænket til 50 personer, øgede krav til antal uafhængige flugtveje/udgange, krav om brand-/evakueringsinstruks, driftsjournal og tydelig kapacitetsgrænse.

Effekt: Mindsker risiko for kritisk røg-/brandspredning før evakuering er fuldført. (Direkte "hændelse → regel" i Danmark, selv om branden var i Sverige.)

#### **(2) Systematiske dødsbrand-fund → krav om røgalarmer i nybyggeri (2004).**

Krav om røgalarmer i alle nyopførte boliger (lysnet + backup) blev indført som reaktion på gentagne dødsbrande uden alarmer. Effekt: Tidligere detektion, kortere brandforløb og mindre brand-/røgspredning før evakuering.

#### **(3) Dødsbrand på plejecenter Farsøthus (2018) → Folketingets vedtagelse V 75 (2019) og efterfølgende styrket brandsyn/dispensationspraksis.**

Vedtagelse V75 medførte skærpet tilsyn og praksis i plejeboliger (AK6), hvor evnen til selvredning er nedsat; understøtter krav om sektionering, alarmer, drift/vedligehold og i mange tilfælde sprinkling. Effekt: Reducerer brandudbredelse og forbedrer evakuering — indirekte beskyttelse af bærende konstruktioner ved at forkorte/afgrænse brandpåvirkningen.

### 4.4.2 Præciseringer/vejledninger udløst af internationale hændelser

#### **(4) "12m grænsen" krav skærpes fra R 60 → R 120 for bærende konstruktioner i højere etagebyggeri (2004–2006; videreført i BR18).**

Skærpelsen — forankret i EBB-notater/Eurocodesporet og international læring bl.a. efter kollapsedet af World Trade Center 2001— indebærer højere brandmodstandevne (R 120) og placerer bygninger højere end 12 m i høj konsekvensklasse med skærpet projektering/kontrol. Effekt: Direkte hærdelse mod kollaps under brand.

#### **(5) Grenfell Tower (2017, UK) → dansk præcisering af facade- og hulrumskrav i BR18 + vejledninger (2018–2025).**

BR18 § 117 tydeliggør, at brandspredning både *på* og *i* ydervægge/tage skal begrænses; vejledningen beskriver brandstop i ventilerede hulrum ved etageadskillelser og brandsektionsafgrænsninger. Effekt: Skærpet kontrol af vertikal brandspredning via facadesystemer. (Dansk respons = præcisering og styrket dokumentation/kontrol — ikke et generelt materialeforbud.)

#### **(6) Eurocodes/robusthed (2007→2013→2024) — “disproportioneret kollaps”.**

Robusthedskrav mod progressivt kollaps indlejres via Eurocodes og danske nationale annekser (Danske tillæg til Eurocodes) og udgør i dag basis for BR-henvisningerne til konstruktioners sikkerhed under brand og ulykke laster efter international læring fra bl.a. kollapsedet af World Trade Center 2001. Effekt: Systemisk styrkelse af kollapsmodstand i projektering og kontrol.

#### **4.4.3 Hændelser, som afdækker “compliance-gap” og styrer fokus (uden direkte regelændring)**

##### **(7) Tagbrand i E/F Grøndalsbo, Vanløse (2022).**

En uvildig undersøgelse af branden dokumenterer, at ejendommen havde et stort, uopdelt tagrum, manglende/fejludførte adskillelser samt brændbart undertag fra tidligere renovering. Myndighedsvurderingen: Problemet var manglende efterlevelse af eksisterende krav — ikke huller i reglerne. Effekt: Skærpet fokus på udførelse/tilsyn, DKV-planer og kontrol af tagrum, som er centrale for at begrænse intern brandspredning.

##### **(8) Børsen (2024) — brand under renovering i kulturarv.**

Hændelsen fremhæver forhøjet risiko i bygge-/renoveringsfaser (midlertidige installationer, kompromitteret sektionering, varmt arbejde). Der er endnu ikke indført bindende nye krav, men hændelsen peger på behov for regulering/vejledning for midlertidig brandsikring under renovering. Effekt: Forventet styrkelse af proceskrav, der begrænser brandens udbredelse i sårbare faser.

### **4.5 Vurdering af realiseret opfyldelse af krav**

1995–2025 viser en tydelig læringskæde, hvor konkrete hændelser enten udløser direkte danske regelændringer (fx (1), (2), (3), (4)), fører til præciseringer via internationale erfaringer og Eurocodes (fx (5), (6)), eller blot afdækker efterlevelselsesproblemer, der skærper fokus i projekter og tilsyn (fx (7), (8)). Samlet set har dette flyttet praksis mod højere robusthed i bærende konstruktioner og mere effektiv begrænsning af brandudbredelse—med hovedvægten på dokumentation, drift og kontrol.

#### **A. Kollaps under brand (R/REI/robusthed)**

Den direkte forstærkning af brandmodstandsevne bæres først og fremmest af 12 m-springet med R 120 i højere etagebyggeri (5) samt den systemiske indlejring af robusthed mod disproportioneret kollaps via Eurocodes og DK NA (7). Dertil kommer indirekte effekter, hvor hurtigere detektion og bedre drift/tilsyn (3, 4) forkorter brandpåvirkningen og dermed beskytter de bærende konstruktioner. Effekten er en mere kontrolleret global stabilitet, hvor lokale svigt i mindre grad eskalere til kollaps.

#### **B. Begrænsning af brandudbredelse (facader, tagrum og drift)**

Efter internationale hændelser, især Grenfell (6), er funktionskrav og vejledninger om ydervægge/hulrum præciseret (brandstop, dokumentation af hele facadesystemet), hvilket mindsker risikoen for hurtig vertikal brandspredning. Andre hændelser har samtidig løftet driftskravene i risikofyldte anvendelser: Göteborg-pakken for forsamling (1), røgalarmkravet i boliger (3) og styrket brandsyn/praksis i AK6-bygninger efter Farsøthushuset (4). Hvor der ikke er ændret regler, peger hændelserne på “compliance gaps”: Vanløsesagen (8) viser, at korrekt sektionering og udførelse i tagrum er afgørende, og Børsen (9) tydeliggør, at midlertidige forhold under renovering kræver skærpede proceskrav og/eller vejledning.

### 4.5.1 Betydning for praksis

- Krav til bærende konstruktioner fastholdes og løftes primært via brandmodstandsevne og robusthedseftervisninger (R 120 over 12 m, Eurocodes/DK NA).
- Begrænsning af brandudbredelse drives af præciserede funktionskrav (facader/hulrum), skærpede driftskrav og tidligere detektion—ikke generelle materialeforbud.
- De væsentligste rest-risici ligger i udførelse, drift og midlertidige faser; derfor bliver dokumentation, tilsyn og DKV-planer lige så afgørende som selve projekteringen.

### 4.5.2 Samlet vurdering

Udviklingen i reguleringen fra BR95 til BR18 har primært været drevet af præciseringer og skærpelser af allerede gældende funktionskrav samt styrket dokumentations- og kontrolpraksis—snarere end af helt nye krav direkte udløst af enkeltstående hændelser. De løbende præciseringer kan have bidraget til færre brandskader og mere kontrollerede brandforløb; dette kan imidlertid ikke påvises kausalt på grundlag af de foreliggende dataserier, da udviklingen samtidig påvirkes af en række øvrige samfundsmæssige forhold (fx byggeomasse, materialer, demografi, adfærd, tilsyns- og forsikringspraksis). Korrelationer i graferne bør derfor ikke tolkes som årsagssammenhænge. Samlet set fastholdes en funktionsbaseret ramme, hvor robusthed i bærende konstruktioner og begrænsning af brandudbredelse i høj grad opnås gennem tydeligere eftervisning, drift og kontrol mens direkte "hændelse → regel" mekanismer kun ses i et begrænset antal tilfælde.

Der kan for perioden 2006-2022 konstateres en markant nedgang i det samlede antal brandskader, som forsikringsselskaberne har registreret for bygninger og løsøre. Det kan som nævnt ikke kobles direkte til ændringer i reguleringen.

Statistikker for storbrande defineret som overtændte brande ved redningsberedskabets ankomst sammenholdt med brande med tilskadekomst eller dødsfald viser en lav forekomst for AK1, AK2 og AK3, som dækker de anvendelseskategorier, hvor personer er vågne og i stand til ved egen hjælp at evakuere byggeriet. For AK4, AK5 og AK6, hvor personer kan være sovende og/eller ikke i stand til at evakuere ved egen hjælp, er der en relativt højere forekomst.

De enkeltstående hændelser for brand, som har påvirket reguleringen, har primært været hændelser fra udlandet. Det omfatter bl.a. diskoteksbranden i Göteborg i 1998, der medførte anmeldelsespligten for forsamlingslokaler blev sænket til 50 personer, øgede krav til antal uafhængige flugtveje/udgange, krav om brand-/evakueringsinstruks, driftsjournal og tydelig kapacitetsgrænse for forsamlingslokaler. Et andet eksempel er branden i Grenfell Tower i 2017 der har medført præcisering af funktionskrav for brandspredning i og på facader og tage.

Samlet er det en håndfuld hændelser, som har medført ændringer i funktionskrav og vejledninger.

I Danmark har der være større hændelser, som har øget fokus på områder af brandsikkerheden for byggeri uden egentlig ændringer i reguleringen. Eksempler på nyere hændelser i Danmark øget, som har øget fokus på brandsikkerheden, er tagbranden i E/F Grøndalsbo 2022 (etageboligbyggeri) og branden i Børsen i 2024.

## 4.6 Referencer

### Bygningsreglementer (1995–2025)

- BR95 – Bygningsreglement 1995. Retsinformation (historiske versioner og tillæg).
- BR08 – Bygningsreglement 2008. Retsinformation.
- BR10 – Bygningsreglement 2010. Retsinformation.
- BR15 – Bygningsreglement 2015. Retsinformation / historik.
- BR18 – Bygningsreglement 2018 (gældende, med ændringer). Retsinformation / Bygningsreglementet (officiel portal).

### Vejledninger og eksempelsamlinger (brand)

Vejledning til BR18 kapitel 5 – Brand (inkl. præ-accepterede løsninger). Bygningsreglementet.

Eksemplsamling om brandsikring af byggeri (BR95), 2012 / 1. udg. 2004. Trafik- og Byggestyrelsen.

Eksemplsamling om brandsikring af byggeri (BR10), 2012 / 2. udg. 2016. Trafik- og Byggestyrelsen.

### Frit tilgængelige netkilder (officielle/statistik)

Bygningsreglementets officielle site (BR18 + historik). Social- og Boligstyrelsen.

Redningsberedskabets Statistikbank. Beredskabsstyrelsen.

ODIN – indberetningssystem (baggrund/dokumentation). Beredskabsstyrelsen.

Faktaark (fx Dødsbrande 2024). Beredskabsstyrelsen.

Millionbrande (analyse/rapport). Forsikring & Pension (F&P) / Sikringsguiden.

### Datafiler

Beredskabsstyrelsen (data-udtræk ikke officielle tilgængelige):

- Brand i bygning overtændte bygningsbrande.xlsx
- Brand i bygning overtændte bygningsbrande med omkomne.xls
- Brand i bygning overtændte bygningsbrande med tilskadekomne.xlsx
- skadesstatistik-til-og-med-4-kvartal-2024-antal.xlsx

F&P – Forsikring & Pension:

- F&P – Millionbrande 2023.xlsx



5

# SUNDHED

## 5 SUNDHED

I modsætning til sikkerhedsområdet, hvor der kan identificeres enkeltstående eller systematiske hændelser, hvor menneskers sikkerhed kan have været truet, lægges der i kortlægningen på sundhedsområdet vægt på længerevarende påvirkninger på menneskers sundhed. Disse påvirkninger stammer som regel fra dårligt indeklima eller andre påvirkninger på sundhed som skyldes det fysiske miljø i bygninger. I det følgende omtales disse fysiske omgivelser som *indeklima*.

Gennem de sidste mange år har der været stigende fokus på relationen mellem indeklima og sundhedspåvirkninger, og derfor har viden på området også udviklet sig. Det giver derfor god mening at kortlægge de væsentlige milepæle i denne vidensudvikling, da disse milepæle formodes at have en tilknytning og relevans for udviklingen i kravniveauet og reguleringen. Disse milepæle er typisk anerkendte videnskabelige udgivelser på området eller referencer til disse i artikler og omtale i fagpressen, anvisninger, branchevejledninger m.m.

Derudover er der medtaget større "hændelser", som har vakt opmærksomhed i branchen og i offentligheden, og derfor muligvis også har påvirket den nationale regulering.

Kortlægningen og analysen er gennemført selvstændigt for følgende dele af indeklima og sundhedseffekterne ved dem:

- Atmosfærisk indeklima: Krav til ventilation, grænseværdier for forureninger fra materialer og undergrund, herunder formaldehyd, radon, asbest samt skimmelvækst
- Visuelt indeklima: Krav til lys og udsyn, herunder krav til dagslys
- Akustisk indeklima: Krav til lydforhold, herunder lydisolering
- Termisk indeklima: Krav til termisk indeklima

Gennemførelse og omfang af kortlægningen og analysen varierer for de enkelte emneområder, men der er tilstræbt en ens rækkefølge i de enkelte kapitler, så følgende dele belyses enten særskilt eller samlet:

- Kortlægning af de væsentlige ændringer i reguleringen
- Kortlægning af milepæle for vidensudvikling og eventuelle hændelser
- Analyse af sammenhængen mellem regulering og vidensudvikling.
- Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

### 5.1 Atmosfærisk indeklima

Det atmosfæriske indeklima handler om indeluftens kvalitet, som omfatter en række faktorer, herunder, relativ fugtighed, lugtintensitet og koncentration af partikel- og gasformige forureninger fra både mennesker, aktiviteter, inventar og byggematerialer. Nogle af forureningerne kan reduceres via materialevalg og byggetekniske løsninger, mens andre afhænger af personbelastningen og deres aktiviteter. I forhold til fortynding og bortventilering af atmosfæriske belastninger fra personer, byggematerialer, inventar og undergrunden er luftudskiftning en vigtig del af det atmosfæriske indeklima.

Nogle forureninger er mest relevante i forbindelse med byggearbejder, herunder renovering og ombygningen, og bliver derfor primært reguleret af Arbejdstilsynet. Et eksempel derpå er mineraluldsfibre, som kan både irritere hud og øjne og være sundhedsskadeligt.

Mineraluldsfibre fremstillet før 1997 er tillige mistænkt for at være kræftfremkaldende. Et andet eksempel er asbest, som er udførligt behandlet i afsnit 5.1.5.

Reguleringen i Bygningsreglement vedrørende fibre fra mineraluld til og med BR15 handlede udelukkende om at sikre at der ikke afgives mineraluldsfibre til indeklimaet – og derfor skulle mineraluld være indkapslet, indbygget eller forsejlet. Med BR18 stilledes der også krav om at der i forbindelse med netop ombygninger og lignende skal sikres, at sundhedsskadelige stoffer som f.eks. asbest, pcb, bly eller partikler fra isoleringsmaterialer fra allerede indbyggede materialer ikke spredes til indeklimaet.

### 5.1.1 Ventilation

Bygningsreglementet stiller krav om, at bygninger skal ventileres, så der sikres tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold i forhold til anvendelsen. For boliger, institutioner og undervisningsrum stilles meget specifikke krav til luftmængder, udformning af ventilationssystemer og indeklima, mens det for andre bygninger er tale om funktionskrav.

#### Kortlægning af regulering

Den største udvikling på ventilationsområdet skete i forbindelse med BR95, der introduerede en række nye krav, der i de efterfølgende år er blevet forfinet og for energikravenes vedkommende skærpet betydeligt. Udviklingen af reguleringen er vist på en tidslinje i figur 19. De væsentligste ændringer på ventilationsområdet omfatter:

- Indførelse af et krav i BR95 om, at ved tilførsel af luft og ved bortskaffelse af luft skal det i rum, hvor personer opholder sig længere tid, sikres, at der ikke i opvarmningssæsonen optræder træk i opholdszonen. I vejledningen er dette defineret ved at lufthastigheder i opholdszonen højst bør være 0,15 m/s. Dette krav indføres efterfølgende også i BR-S 98. I BR10 åbnes der i vejledningsteksten op for accept af højere lufthastigheder end 0,15 m/s ved indetemperaturen over 24°C. I BR18 ændres det specifikke krav til lufthastighed for at undgå træk, til krav om eftervisning af, at trækrisikoen er acceptabel (under 20%) og hermed bliver den tilladte lufthastighed afhængig af både brugernes aktivitetsniveau, rumlufttemperatur og luftens turbulensintensitet.
- Indførelse af krav i BR95 om at boligheder skal ventileres med et ventilationsanlæg, der enten skal være et udsugningsanlæg kombineret med udeluftventiler eller et indblæsnings- og udsugningsanlæg. Samtidigt defineres krav til den udsugede volumenstrøm fra køkken, bad og toilet og der stilles krav om emhætte. I BR18 stilles der tillige krav om emhættens emfangsevne eller minimumsluftmængde. I BR18 (fra 2021) fjernes kravet om at boligheder skal ventileres med et ventilationsanlæg, men såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav.
- I BR10 indføres mulighed for behovsstyring af ventilationen i beboelsesbygninger (dog minimum 0,3 l/s m<sup>2</sup>). Dette er især relevant for beboelsesbygninger med mindre lejligheder (fx kollegier, ældreboliger), hvor krav til udsugning er dimensionsgivende. I BR18 gives der mulighed for at reducere ventilation af boliger til under 0,3 l/s m<sup>2</sup>, hvis boligen i længere perioder ikke er i anvendelse.
- Det er stadigvæk muligt at ventilere enfamiliehuse med naturlig ventilation. Med BR-S 98 øges kravene til udeluftventilernes og aftrækskanalernes frie åbning og kravene gøres afhængige af rummets størrelse og om der benyttes mekanisk udsugning eller naturligt aftræk. Der stilles også i BR-S 98 krav om emhætte i køkkenet.
- Indførelse af specifikke krav i BR95 til ventilationsluftmængder i daginstitutioner og undervisningsrum forhold til den dimensionerede personbelastning i rummene under forudsætning af lav forurening fra byggematerialer. I 2003 gives der mulighed for at luftmængden kan reduceres i afhængighed af personbelastningen i rummene for

ventilationsanlæg med variabel ydelse. I BR10 tilføjes yderligere et krav til luftens CO<sub>2</sub> indhold (0,1%). I BR15 ændres kravet til CO<sub>2</sub> indhold i udeluften fra 0,1% til 1000ppm. Dette er en de facto skærpelse af kravet. I BR18 stilles der ikke længere krav til dimensionerende luftmængde, men udelukkende til CO<sub>2</sub> indhold i indeluften i brugstiden (1000 ppm), og der indføres krav til en minimumsluftmængde på 0,35 l/s pr. m<sup>2</sup> etageareal i brugstiden, hvis der benyttes ventilationssystem med behovsstyret ventilation.

- Der stilles i BR95 krav om mulighed for reduktion af udelufttilførsel ved reduceret behov og om behovsstyring i rum med stærkt varierende ventilationsbehov.
- Der stilles i BR95 nye specifikke krav til energiforbrug til transport af luft ved ventilation. I 2006 skærpes disse krav i BR95 generelt og især for boliger, og der indføres krav om minimum temperaturvirkningsgrad for varmegenvinding. Samtidig indføres tilsvarende krav i BR-S 98. I BR10, BR15 og BR18 skærpes disse krav yderligere.
- I BR15 indføres der krav om funktionsafprøvning af ventilationsanlæg før færdigmelding.

### **Kortlægning af hændelser og vidensudvikling samt analyse af sammenhæng med reguleringen**

I forbindelse med udviklingen i kravene til varmeisolering og tæthed af bygninger i 70'erne og 80'erne oplevedes en række problemer med manglende ventilation, høje relative fugtigheder og dårlig luftkvalitet. Der blev derfor gennemført en række undersøgelser især i boliger, institutioner og skoler af ventilationsforhold og indeklima, der bekræftede problemerne (SBI 1982; Nielsen, O. & Bredsdorff, P., 1987; Aggerholm, S., 1989; Bergsøe, N. C., 1991a, 1991b, 1994a, 1994b; Meyer et.al 1996). Dette medførte omfattende ændringer i kravene til ventilation med BR95 og disse er siden løbende blevet justeret og på flere områder er der indført funktionskrav i stedet for specifikke krav til luftmængder og ventilationsanlæg. Der har tilsvarende til undersøgelserne i Danmark været gennemført undersøgelser både i boliger og skoler internationalt. Disse er ikke medtaget i litteraturhensvisningerne.

Vidensgrundlaget for fastsættelse af ventilationskrav er således primært grundlagt før 1996 og efterfølgende undersøgelser har generelt bekræftet, at kravene kan opfylde funktionskrav til luftkvalitet. På boligområdet, hvor der er stor forskel på boligstørrelse og fugtbelastninger, kan konstant ventilation i boliger med lav belastning eller periodevis anvendelse føre til unødigt højt energiforbrug og meget lav fugtighed i vinterperioden. Vidensudviklingen på området har derfor igennem en årrække fokuseret på at dokumentere, at behovsstyret ventilation i boliger både kan forbedre/sikre indeklimaet og reducere unødigt energiforbrug (SBI 2008:08, SBI 2011:21, Teknologisk Institut 2013, SBI 2018:12). Det har givet grundlag for indførelse af mulighed for behovsstyring af ventilation i beboelsesbygninger i første omgang (BR10) med primær relevans for mindre boligheder og senere (BR18) for alle boliger med periodevis anvendelse. Der er også de senere år kommet mere opmærksomhed på ultrafine partiklers sundhedseffekter, og at madlavning er en af de store kilder til partikelforurening i boliger (Realdania 2023, Godt indeklima 2024). Dette har medvirket til skærpede krav til emhætters luftmængder og opfangningsevne,

På skoleområdet har der siden indførelsen af kravene i BR95 været gennemført omfattende undersøgelser af indeklimaet og afdækket indeklimaproblemer i mange skoler (Toftum, J., Wargocki, P., Clausen, G., 2011; Clausen, G. & Toftum, J., 2022). Undersøgelserne har ikke specifikt fokuseret på indeklimaet i skoler med mekanisk ventilation, der opfylder kravene i BR95. Undersøgelserne viser dog, at andelen af skoler med mekanisk ventilation er stigende, og at skoler med balanceret mekanisk ventilation i gennemsnit har bedre luftkvalitet og en mindre andel af skolerne har dårlig luftkvalitet (Toftum, J & Clausen, G 2023).

År	Ændringer i BR-krav og vejledninger	Ændringer i normer og standarder mm
1995	Krav om maksimaltrækrisiko i opholdszonen (max 0,15 m/s). Boligheder skal ventileres med et ventilationsanlæg (udsugningsanlæg kombineret med udeluftventiler eller et indblæsnings- og udsugningsanlæg). Krav til den udsugede volumenstrøm fra køkken, bad og toilet. Specifikke krav til ventilationsluftmængder i daginstitutioner og undervisningsrum ift. dimensionerede personbelastning og forudsætning af lav forurening fra byggematerialer. Der stilles krav om maksimalt energiforbrug til lufttransport	
1996		
1997		
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		
2003	I daginstitutioner og undervisningsrum gives der mulighed for at luftmængden kan reduceres i afhængighed af personbelastningen i rummene	
2004		
2005		DS447-2005 Norm for mekaniske ventilationsanlæg erstatter DS447-1981.
2006	Det indføres krav om en specifik temperaturvirkningsgrad for varmegenvinding i ventilationsanlæg	
2007		
2008		
2009		
2010	Der åbnes i vejledningsteksten op for accept af højere lufthastigheder ved indetemperature over 24C. Der indføres mulighed for behovsstyring af ventilationen i beboelsesbygninger. Krav også til luftens CO2 indhold (max 0,1%) i daginstitutioner og undervisningsrum.	
2011		
2012		
2013		DS447-2013 Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationsystemer erstatter DS447-2005. Normen omfatter nu alle typer af ventilationssystemer
2014		
2015		
2016		
2017	Kravet til max CO2 indhold ændres fra 0,1% til 1000ppm. Dette er en de facto skærpelse af kravet. Der indføres krav om funktionsoprøvnig af ventilationsanlæg før færdigmelding	
2018	Der indføres krav om eftervisning af at trækrisikoen er acceptabel (under 20%) og hermed at den maksimale lufthastighed kan være afhængig af aktivitetsniveau, lufttemperatur og luftens turbulensintensitet.	
2019		
2020		
2021	Kravet om at boligheder skal ventileres med et ventilationsanlæg fjernes, men såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav. Der stilles krav til emhættens minimumsluftmængde eller emopfangsevne	DS447-2021 erstatter DS447-2013
2022	I daginstitutioner og undervisningsrum stilles der ikke længere krav til luftmængde, men kun til CO2 indhold i indeluften. Der gives mulighed for at reducere ventilation af boliger til under 0,3 l/s m2, hvis boligen i længere perioder ikke er i anvendelse.	
2023		
2024		
2025		

FIGUR 19. Tidslinje for ventilation (atmosfærisk indeklima) med ændringer i bygningsreglement i perioden 1995 – 2025 samt ændringer i normer og standarder.

### Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Undersøgelser af efterlevelse af bygningsreglementets krav til ventilation er ikke blevet systematisk gennemført, hverken for boliger, daginstitutioner eller skoler. Dog blev der gennemført en meget lille undersøgelse af opfyldelse af kravet til luftmængde i 24 enfamilieboliger og 9 etageboliger i 2011 (SBI 2011:21). Undersøgelsen konkluderede, at alle boliger med mekanisk ventilation opfyldte luftmængdekravene. Ud over dette er viden om efterlevelse af kravene begrænset til gennemførte forskningsprojekter, som nævnt overfor for skoler og boliger, der ikke fokuserer på i hvilken grad reguleringen efterleves, men på om de stillede krav fører til en tilfredsstillende luftkvalitet.

Der har siden 1995 været meget stor fokus på reduktion af energiforbrug i bygninger, og der har været en betydelig teknologisk udvikling i måling og styring af indeklima, ventilation og energiforbrug. Dagens teknologi giver gode muligheder for, at regulering af ventilationen kan ske automatisk efter behov og med potentiale for store energibesparelser i både boliger, daginstitutioner og skoler, men anvendelse af automatik og regulerbare komponenter indebærer også mere komplekse og mindre robuste ventilationssystemer, der er sårbare over for fejlregulering og som kræver jævnlig opfølgning og vedligeholdelse (SBI 2020:12, SBI 2016:06). Der er fra 2017 indført krav om funktionsafprøvning af ventilationsanlæg før færdigmelding.

## Referencer

- Bergsøe, N. C., 1991a Undersøgelse af ventilationsforhold i nyere boliger: Luftskifte. Luftfugtighed. Organiske gasser og dampe. (SBI-rapport; Nr. 213).
- Bergsøe, N. C., 1991b Luftskifte-feltmålinger i 100 huse. Undersøgelse af ventilationsforhold i nyere boliger. Luftskifte. Luftfugtighed. Organiske gasser og dampe.
- Bergsøe, N. C., 1994a Ventilationsforhold i nyere, naturligt ventilerede enfamiliehuse: Udarbejdet for Bygge- og Boligstyrelsen. (SBI-rapport; Nr. 236).
- Bergsøe, N. C., 1994b Ventilationsforhold i renoverede og ikke-renoverede etageboliger, (SBI-rapport; Nr. 241).
- SBI 1982 Indeklimaet i 16 københavnske skoler. Statens Byggeforskningsinstitut (Udenfor serier).
- Nielsen, O. & Bredsdorff, P., 1987. Luftkvalitet og udelufttilførsel i 11 skoler. (SBI-rapport; Nr. 166).
- Aggerholm, S., 1989. Luftkvalitet i nyere skoler uden mekanisk ventilation, (SBI-rapport; Nr. 202).
- I Meyer, H. W., Nielsen, P., Østergaard Hansen, M., Nielsen, P. A., Gravesen, S., Skov, P. & Gyntelberg, F., 1996, Skoleundersøgelsen i København. København:
- SBI 2008:08. Fugtstyret boligventilation: Målinger og evaluering.
- SBI 2011:21 BR's boligventilationskrav. Beherskes kravene og efterleves de i nye boliger? Tekniske samtaler. Nye målinger
- Teknologisk Institut 2013. Behovsbaseret boligventilation med fugtstyring, EUDP (64011 – 0035).
- SBI 2018:12. BOLIG+ energineutrale etageboliger - Måling og evaluering.
- Toftum, J., Wargocki, P., Clausen, G., 2011. Indeklima i skoler - Status og konsekvenser.
- Clausen, G. & Toftum, J., 2022 Indoor air quality in Danish schools: The results from three measurement campaigns (2009, 2014 and 2021) in more than 2000 classrooms.
- Toftum, J & Clausen, G 2023 Classroom airing behaviour significantly affects pupil well-being and concentration performance - Results of a large-scale citizen science study in Danish Schools.. Energy and Buildings 286 (2023) 112951.
- SBI 2020:12. Hvidbog. Ventilation af eksisterende etageboliger. Erfaringsopsamling og anbefalinger.
- SBI 2016:06. Overvejelser ved indførelse af krav i bygningsreglementet om etablering af mekanisk ventilation i nye enfamiliehuse – en analyse.
- Godt indeklima 2024 Virker danskernes emhætter og bruges de korrekt? Forsøgsrapport fra danskernes hjem, oktober 2024, [www.godtindeklima.nu](http://www.godtindeklima.nu)
- Realdania 2023 Emhætters evne til effektiv fjernelse af partikler i indeklimaet.

### 5.1.2 Formaldehyd

Formaldehyd i indeluften stammer fra afgang fra spånplader, træfiberplader, krydsfinerplader og lignende plader, der indeholder en formaldehydafgivende lim, samt fra diverse typer af maling og biocider. Formaldehyd findes også i tobaksrøg.

#### Kortlægning af regulering

Afgivelsen af formaldehyd fra først spånplader og siden andre træbaserede plader har været lovgivningsmæssigt reguleret i Danmark siden 1980. Træbaserede plader, der indeholdt formaldehydafgivende lim, måtte kun anvendes, hvis de var omfattet af en kontrolordning, der var godkendt af Boligministeriet. Formaldehydkoncentrationen i luft, svarende til rumluft under realistisk brug af de pågældende byggematerialer og fastlagte ventilationsforhold, temperaturforhold og luftfugtighedsforhold, måtte ikke overstige 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

Efter 1. april 2004 måtte alene CE-mærkede produkter anvendes. Af CE-mærket skulle fremgå, at byggevaren var omfattet af klasse E1 i henhold til DS/EN 13986.

I BR10 anbefales det yderligere at beklæde pladerne med et ikke-formaldehydafspaltende materiale for at minimere mængden af formaldehyd i indeluften. BR10 også anbefaler at WHO-grænseværdien fra 2000 overholdes: at det samlede formaldehydindhold i indeluften ikke overstiger 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

BR18 fastholder krav og anbefalinger fra tidligere og indeholder en række detaljering i vejledningsteksten samt henviser til den europæiske byggevarerforordning, REACH og det harmoniserede EU-LCI koncept som kan anvendes til en sundhedsmæssig risikobaseret vurdering af byggevarers afgang af visse stoffer.

Med disse henvisninger anbefaler BR18 således at koncentrationen af forurening fra byggematerialerne i indeluften primært sænkes ved at mindske kildestyrken og at der derfor altid bør benyttes byggematerialer med den lavest mulige afgivelse af forureninger. Men eftersom koncentrationen også kan holdes nede ved tilstrækkelig fortynding, skal der sikres tilstrækkelig tilførsel af udeluft af bygningen, især lige efter indbygning af byggematerialer.

#### Kortlægning af hændelser og vidensudvikling samt analyse af sammenhæng med reguleringen

Formaldehyd har i mange år været kendt for at give irritation i øjne og i luftveje. I 2006 blev formaldehyd anerkendt som værende kræftfremkaldende for mennesker (IARC, 2006). Alleerede i 2000 anbefalede WHO 0,1 mg/m<sup>3</sup> som vejledende grænseværdi for 30 minutters gennemsnitlig eksponering i indeluften (WHO, 2000). Denne anbefaling blev indført i BR10.

BR18's henvisning til byggevarerforordningen skal sikre lavest mulig formaldehydafgivelse fra træbaserede plader, som testes i et klimakammer (DS/EN 717-1:2004). En række undersøgelser har vist at formaldehydkoncentrationerne i bygninger alligevel godt kan overskride WHO's vejledende grænse, også selv om der er brugt materialer der hver især overholder grænseværdierne. En af disse er en dansk undersøgelse, hvor koncentration af formaldehyd blev målt i 20 forholdsvis nybyggede huse og der blev målt overskridelse af grænseværdierne i 2 huse (Logadóttir, Á., & Gunnarsen, L., 2008).

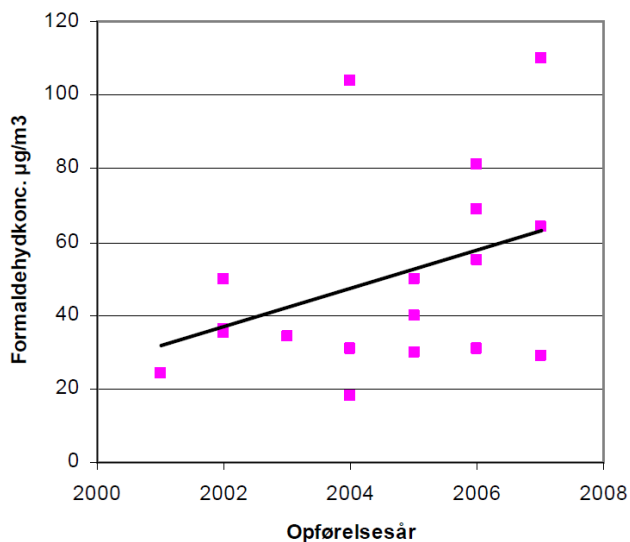
I et efterfølgende studie blev undersøgt afgang fra en række typiske byggematerialer, som dog alle overholdt grænseværdierne (Kolarik, B., Gunnarsen, L., & Funch, L. W., 2010). Teoretiske beregninger af formaldehydkoncentrationen i et forholdsvis lille rum hvor gulv, væg og loft er dækket med godkendte materialer, støttede hypotesen om at de høje koncentrationer ikke er forårsaget af enkelte kraftige kilder, men af bidrag fra mange små kilder.

Derfor kommer at indeklimaet i en bygning påvirkes af mange forskellige produkter, inventar og møbler, og ikke kun af byggematerialer, der tilsammen afgiver mange forskellige stoffer i en kompleks blanding. Det betyder mulighed for "cocktail effekter" og dannelse af sekundære forureninger. Viden om disse cocktaileffekter er endnu sparsomt (Jensen, A.A. og Knudsen, H.N, 2006).

### Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Bortset fra nogle ældre danske undersøgelser fra 1980'erne samt en række udenlandske undersøgelser om overholdelse af grænseværdier for koncentration af formaldehyd i indeluft, er den danske undersøgelse fra 2008 (Logadóttir, Á., & Gunnarsen, L., 2008) mest velegnet til at give et billede af den realiserede overholdelse af grænseværdien på  $0,1 \text{ mg/m}^3$  under realistiske forhold. De 20 huse i undersøgelsen var boliger og repræsenterede byggeri med så omfattende brug af træplader med formaldehydafgivelse, som det umiddelbart var muligt at finde. En del huse havde etageadskillelse med spånplader og de fleste havde undergulv af spånpladeprodukter. Gulvmaterialer var generelt træbaserede produkter. Målingerne blev udført i det mindste værelse i boligen, som formodedes at være det sted i boligen, som havde særlig høj formaldehydkoncentration. Døre og vinduer var lukkede under målingen og værelserne indeholdt almindelig indretning.

Resultaterne af målingerne viste, udover at grænseværdien blev overskredet i 2 tilfælde, en stigende tendens som funktion af opførelsesår. Undersøgelsen viste også at omkring 2/3 af husene havde et luftskifte under BR-krav på  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , hvilket formodes at have spillet en rolle på de høje koncentrationer. Det skal dog bemærkes at den gældende grænseværdi på daværende tidspunkt var  $0,15 \text{ mg/m}^3$  ifølge BR95/BR98 S og ikke endnu WHO anbefalingen på  $0,1 \text{ mg/m}^3$  som blev indført med BR10.



FIGUR 20. Formaldehydkoncentration som en funktion af opførelsesår i 20 huse (Logadóttir, Á., & Gunnarsen, L., 2008)

### Referencer

- WHO (2000) WHO Regional Publications, European Series, No. 91, Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. 88.
- IARC (2006). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk in Humans. 2006. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tret-Butoxypropan-2ol. Volume 88.
- DS/EN 717-1:2004. Wood-based panels – Determination of formaldehyde release – Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method.
- Logadóttir, Á., & Gunnarsen, L. (2008). Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark. SBI forlag. SBI Nr. 2008:20.
- Kolarik, B., Gunnarsen, L., & Funch, L. W. (2010). Afgivelse af formaldehyd fra byggevarer og forbrugerprodukter. SBI forlag. SBI 2010 Nr. 9
- Jensen, A.A. og Knudsen, H.N (2006) Samlet sundhedsmæssig vurdering af kemiske stoffer i indeklimaet fra udvalgte forbrugerprodukter Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter, Nr. 75. Miljøstyrelsen.

### 5.1.3 Radon

Radon er en naturligt forekommende radioaktiv gas, der dannes i undergrunden. Radon dannes, når det radioaktive stof radium henfalder. Radium findes overalt i jorden, og radonindholdet i jordens poreluft kan derfor blive meget højt. Gassen er den største naturlige kilde til radioaktivitet i bygningers indeluft og siver eller suges typisk ind i en bygning gennem revner og sprækker i konstruktioner mod jord.

Radon kan medvirke til udvikling af lungekræft. På grund af radons sundhedsskadelige virkning er der i dag i bygningsreglementets bestemmelser et målbart krav til indeluftens indhold af radon i nye bygninger og anbefalinger til indeluftens indhold af radon i eksisterende bygninger.

Mængden af radon i luften måles i Bq/m<sup>3</sup> (Becquerel pr. kubikmeter luft), hvilket angiver antallet af radioaktive henfald pr. sekund pr. kubikmeter luft. Radonindholdet i udeluften er væsentligt lavere end i indeluften. Udeluften i Danmark indeholder små mængder radon, omtrent 5 Bq/m<sup>3</sup> radon (Sundhedsstyrelsen, 2025).

Det er ikke muligt at lugte, smage, høre, føle eller se radon, men indholdet af radon i indeluften kan måles.

#### Kortlægning af regulering

Udviklingen af reguleringen vedrørende radon er vist på en tidslinje i FIGUR 21. BR95 er det første bygningsreglement, der indeholder en bestemmelse som stiller krav om radonsikring og i vejledningsteksten til bestemmelsen anbefaler reglementet, at radonindholdet i indeluften er under 200 Bq/m<sup>3</sup> for nybyggeri. Bestemmelsen er, at bygningskonstruktioner mod undergrunden skal udføres lufttætte. For eksisterende bygninger anbefaler vejledningen i BR95 at der iværksættes enkle og billige forbedringer, når radonindholdet er mellem 200 Bq/m<sup>3</sup> og 400 Bq/m<sup>3</sup>, og at der iværksættes mere effektive forbedringer, når radonindholdet overstiger 400 Bq/m<sup>3</sup>. Bestemmelsen som omfatter radon i BR95 blev indført i bygningsreglement for småhuse i 1998. Småhuse er i denne sammenhæng fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. I BR08 ændres bestemmelsen til, at bygningskonstruktionen mod undergrunden skal gøres lufttæt eller ved at benytte andre tilsvarende effektive foranstaltninger. I BR10 gøres bestemmelsen som regulerer indholdet af radon i indeluften målbart. Bestemmelsen i BR10 stiller krav om at indeluftens indhold af radon ikke må overstige 100 Bq/m<sup>3</sup>. Skærpelsen af bestemmelsen til radon i BR10 følges i de efterfølgende år op af en række nationale initiativer for at øge opmærksomheden på de sundhedsskadelige effekter ved en overskridelse af radonniveauet, herunder udgivelse af en række SBI-anvisninger. Et af de opfølgende arbejder omkring radon som indføres i BR18 er, hvorledes radonindholdet skal bestemmes. Bestemmelser til radon i BR18 suppleres med, at radonindholdet i indeluften skal vurderes som en estimeret årsmiddelværdi.

1995/1998 hed bestemmelsen: Bygningskonstruktioner mod undergrunden skal udføres lufttætte.

2008 ændres bestemmelsen til: Indstrømning af radon til indeklimaet skal begrænses ved at gøre bygningskonstruktionen mod undergrunden lufttæt eller ved at benytte andre tilsvarende effektive foranstaltninger.

2010 ændres bestemmelsen til et målbart krav: Radon, Bestemmelse stk. 1: Indstrømning af radon til indeklimaet skal begrænses ved at gøre bygningskonstruktionen mod undergrunden lufttæt eller ved at benytte andre tilsvarende effektive foranstaltninger. Stk 2.: Bygningen skal udføres, så det sikres at radonindholdet ikke overstiger 100 Bq/m<sup>3</sup>.

I vejledningen til BR10 for eksisterende byggeri anbefales det, at der for bygninger, hvor personer opholder sig, iværksættes enkle og billige forbedringer, når radonindholdet er mellem 100 Bq/m<sup>3</sup> og 200 Bq/m<sup>3</sup>, og at der iværksættes mere effektive forbedringer, når radonindholdet overstiger 200 Bq/m<sup>3</sup>.

År	Ændringer i BR krav og vejledninger	Ændringer i normer og standarder mm
1995	BR95 introducerer bestemmelse om at bygningskonstruktioner mod undergrunden skal udføres lufttæt.	
1996		
1997		"Radon og enfamiliehuse" Bygge og Boligstyrelsen
1998	Der indføres i BR-S 98 bestemmelse om at nybyggeri skal radonsikres. Kravet er tilsvarende BR95	
1999		
2000		
2001	I vejledningen introduceres, at der i eksisterende bygninger iværksættes enkle og billige forbedringer, når radonindholdet er mellem 200 Bq/m <sup>3</sup> og 400 Bq/m <sup>3</sup> , og at der iværksættes mere effektive forbedringer, når radonindholdet overstiger 400 Bq/m <sup>3</sup> . For nybyggeri anbefales, at radonindholdet ikke overstiger 200 Bq/m <sup>3</sup> .	
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		
2008	Bestemmelsen ændres til at indstrømning af radon skal begrænses ved lufttætte konstruktioner eller andre effektive foranstaltninger.	
2009		
2010	Indførelse af bestemmelse indeholdende et målbart krav til radon i indeklimaet: Bygningen skal udføres, så det sikres at radonindholdet ikke overstiger 100 Bq/m <sup>3</sup> . I vejledningen introduceres, at der i eksisterende bygninger iværksættes enkle og billige forbedringer, når radonindholdet er mellem 100 Bq/m <sup>3</sup> og 200 Bq/m <sup>3</sup> , og at der iværksættes mere effektive forbedringer, når radonindholdet overstiger 200 Bq/m <sup>3</sup> .	SBI-anvisning 232 1. udgave om "Radon - kilder og målinger" udgives
2011		SBI-anvisning 232 2. udgave om "Radon - kilder og målinger" og Sbi-anvisning 233 1. udgave om "Radonsikring af nye bygninger" udgives
2012		
2013		
2014		SBI-anvisning 247 Radonsikring af eksisterende bygninger 1. udg.
2015		BYG-ERFA blad SfB (99) 15 01 02, SBI-anvisning 233 2. om "Radonsikring af nye bygninger", SBI-anvisning 247 1. udgave om "Radonsikring af eksisterende bygninger" www.Radoguiden.dk oprettes.
2016	I vejledningen præciseres det at hvis der foretages måling af radon, bør målingen ske over mindst to måneder i fyringssæsonen og målingen bør resultere i en beregnet gennemsnitlig radonkoncentration over et helt år – årsmiddelværdien for bygningen.	SBI-anvisning 247 2. udgave om "Radonsikring af eksisterende bygninger" udgives.
2017		
2018	Bestemmelsen vedrørende radon deles i stk. 1 og stk. 2 og i stk. 2 konkretiseres yderligere ved at det er den estimerede årsmiddelværdi der ikke må overstige 100 Bq/m <sup>3</sup> . Vejledningen omskrives til at være en beskrivende tekst om jordforurenninger med henvisninger til kilder for yderligere oplysninger om viden, målemetoder, tiltag for nye bygninger og tiltag for eksisterende bygninger.	SBI-anvisning 270 "Måling af radon i bygninger", hvor måle- og beregningsmetode for den estimerede årsmiddelværdi er præciseret, udgives og EU Directive 2013/59/ "Euratom - protection against ionising radiation", indført i dansk lovgivning ved Bekendtgørelse om ioniserende stråling og strålebeskyttelse. BEK nr 669 af 01/07/2019 Det nationale referenceniveau fastsat til 100 Bq/m <sup>3</sup> .
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		
2024		
2025		

FIGUR 21. Tidslinje for radon (atmosfærisk indeklima) i perioden 1995 – 2025. Ændringer i kravtekst i bygningsreglement og vejledning (med blå) samt i normer og standarder, herunder SBI Anvisninger.

### Kortlægning af hændelser og vidensudvikling samt analyse af sammenhæng med reguleringen

Siden 1980'erne er der gennemført en række undersøgelser vedrørende radon, hvor resultaterne er udgivet i rapporter, videnskabelige papers og vejledninger, se FIGUR 22 og bilag. Bestemmelse om radonsikring introduceres første gang i BR95. I 2009 kommer Verdenssundhedsorganisationen, WHO, med anbefalinger til, at lande indfører grænseværdier for radon i indeluften. Da radioaktiviteten fra naturlige kilder hovedsageligt stammer fra radon, betyder det, at WHO anbefaler, at bygninger opføres og udføres, så radonindholdet inden dørs ikke bør overstige 100 Bq/m<sup>3</sup>. I lande hvor dette af særlige årsager ikke er muligt, anbefaler WHO, at den tilladte grænseværdi for radioaktivitet ikke overstiger 300 Bq/m<sup>3</sup>.

Denne anbefaling er efterfølgende anledningen til indførelse af bestemmelsen indeholdende et målbart krav i bygningsreglement samt til udgivelse af en række SBI-anvisninger, Byg-Erfa blade og til informationskampagner, fx [www.radonguiden.dk](http://www.radonguiden.dk).

År	Milepæle i vidensudvikling
1995	1995 "Radon in indoor air" Report no. 15 European Commission
1996	
1997	"Radon-95: En undersøgelse af metoder til reduktion af radonkoncentrationen i danske enfamiliehuse" Udarbejdet for Bygge- og Boligstyrelsen og Statens Institut for Strålehygiejne af Forskningscenter Risø
1998	
1999	"Radon-222 Exhalation from Danish Building Materials: H+H Industri A/S Results" Forskningscenter Risø BYG-ERFA blad SfB (99) 02 09 27
2000	
2001	"Radon i danske boliger" - Kortlægning af lands-, amts- og kommuneværdier" Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne
2002	
2003	
2004	
2005	
2006	"Udbyggende vejledning til metodebeskrivelse af radonmålinger i skoler og daginstitutioner" fra Socialstyrelsen "Radioactive isotopes in Danish drinking water" Rapport No 11:2026 fra Forskningscenter Risø
2007	"Radon og enfamiliehuse" Erhvervs- og byggestyrelsen
2008	
2009	"Radon and public health" Rapport fra The independent Advisory Group on Ionising Radiation "WHO handbook on indoor radon, a public health perspective" Rapport fra World Health Organization WHO anbefaler at lande indfører grænseværdier for radon i indeluften.
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	
2016	Rasmussen, T. V., & Skytte Clausen, L. (2016). Radon i danske lejeboliger. (1 udg.) SBI Forlag. SBI Bind 2016:01
2017	
2018	Rasmussen, T. V. (2018). Radon levels in rented accommodation. I 7th International Building Physics Conference, IBPC2018: Healthy, Intelligent and Resilient Buildings and Urban Environments (s. 895-900) <a href="http://amz.xcdsystem.com/476EFEC7-D8CF-7470-232B140485F971CA_abstract_File1159/FinalPaperFileUpload_5_0628074958.pdf">http://amz.xcdsystem.com/476EFEC7-D8CF-7470-232B140485F971CA_abstract_File1159/FinalPaperFileUpload_5_0628074958.pdf</a>
2019	Rasmussen, T. V. (2019). Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring. (1 udg.) Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. SBI-rapport Bind 2019 Nr. 7
2020	
2021	Rasmussen, T. V. (2022). Radon 20: Baselineundersøgelse 2021. (2. udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2022 Nr. 14
2022	Rasmussen, T. V., & Cornelius, T. (2022). Model to Balance an Acceptable Radon Level Indoors. Buildings, 12(4), Artikel 447. <a href="https://doi.org/10.3390/buildings12040447">https://doi.org/10.3390/buildings12040447</a>
2023	
2024	
2025	

FIGUR 22. Tidslinje for milepæle i vidensudvikling vedrørende radon (atmosfærisk indeklime) i perioden 1995 – 2025

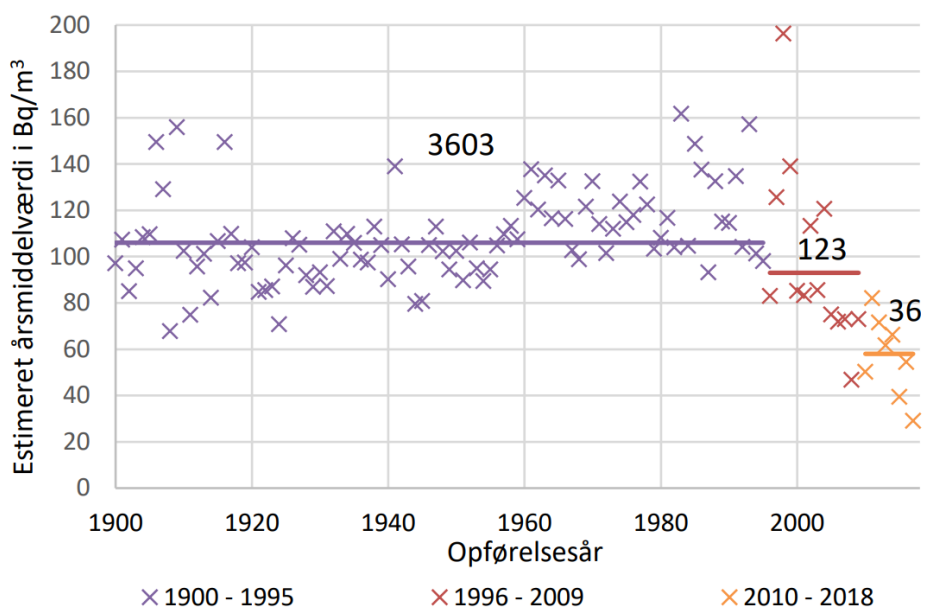
## Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring er undersøgt af to omgange både i 2019 (Rasmussen, T. V., 2019) og i 2022 (Rasmussen, T. V., 2022). I 2019 omfattede undersøgelsen radonindholdet i 12.950 énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 1900 til 2018. I 2022 omfatter undersøgelsen af radonindholdet i 16.943 énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i Danmark frem til 2020.

Fælles for disse undersøgelser og boliger er, at beboerne har valgt at måle radonindholdet ved at bestille målingen gennem hjemmesiden [www.radonfrithjem.dk](http://www.radonfrithjem.dk). Målingerne er foretaget i perioden 2015 til 2018 for undersøgelsen foretaget i 2019 og 2015 til 2020 for undersøgelsen foretaget i 2022. Resultaterne af målinger bestilt gennem hjemmesiden er samlet i en database. I den sidste del af perioden mellem 2018 og 2020 har der været gjort en ekstra indsats for at få databasens målinger til at blive repræsentative for hele Danmark.

I undersøgelsen fra 2019 blev målte radonindhold i hver bolig sammenholdt med bestemmelserne i det bygningsreglement, der var gældende, da boligen blev opført. På den baggrund blev der foretaget en vurdering af, hvorvidt byggelovens bestemmelser om radonsikring fra 2010 bliver fulgt og har haft effekt. Det er desuden undersøgt, om et udvalg af byggerier opført efter 2010, der ikke opfyldte byggelovens radonbestemmelser, var forsøgt radonsikret, og i givet fald, hvorfor den anvendte radonsikring ikke var tilstrækkelig. Den udførte undersøgelse i 2022 af den udvidede database giver en status for radon i boliger i Danmark anno 2020.

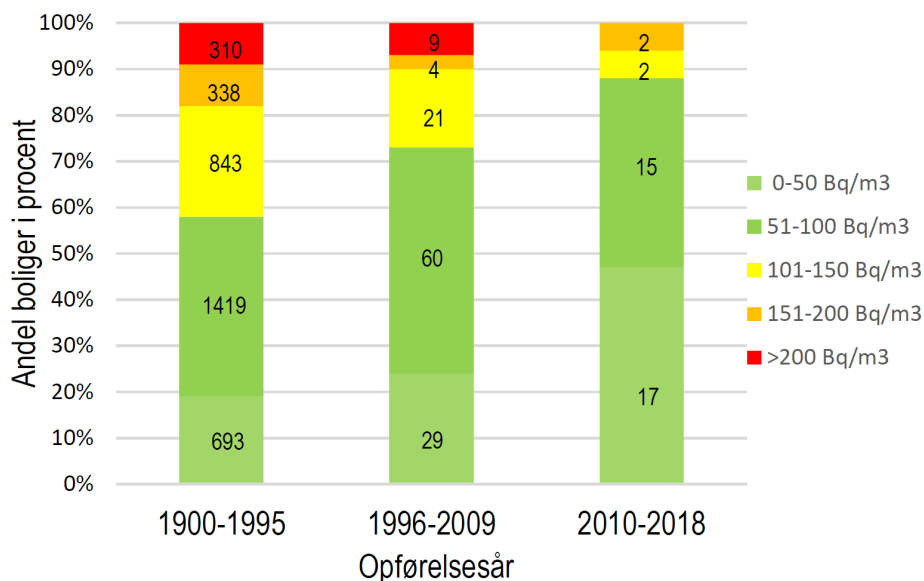
Undersøgelsen fra 2019 viser estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften efter bygnings opførelsesår, se FIGUR 23. Undersøgelsen viser et markant fald i den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) for boliger opført efter 2010 selv usikkerheden på 10-20 Bq/m<sup>3</sup> på bestemmelsen af radon taget i betragtning.



FIGUR 23. Gennemsnitlig estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften som gennemsnit for det enkelte opførelsesår og som gennemsnit for opførelsesår i intervallerne 1900-1995 (106 Bq/m<sup>3</sup>), 1996-2009 (93 Bq/m<sup>3</sup>) og 2010-2018 (58 Bq/m<sup>3</sup>). Gennemsnittet for det enkelte opførelsesår er anført med et kryds. Antallet af boliger er anført for de enkelte intervaller for perioder for boligernes opførelsesår. (Rasmussen, T. V., 2019)

FIGUR 24 viser hvordan andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon under 100 Bq/m<sup>3</sup> og særligt under 50 Bq/m<sup>3</sup> øges for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 i forhold til tilsvarende boliger opført i perioden 1900 til 2009. Tilsvarende er antallet af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m<sup>3</sup> faldende efter 2010. Undersøgelsen påviser således, at bygningsreglementets

bestemmelser om radon efterleves og har effekt i praksis, selvom antallet af boliger i de enkelte tidsintervaller for opførelsesåret er faldende og lavest for boliger opført mellem 2010 til 2018.



**FIGUR 24.** Andelen af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en gennemsnitlig estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften opgjort efter opførelsesår i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018. Andelen er opgjort i procent af antallet af huse, hvor der er gennemført målinger, og hvor opførelsesåret er i samme interval. Den estimerede årsmiddelværdi er opgjort i intervaller på 50 Bq/m<sup>3</sup>. Antallet af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse er anført på søjlerne i diagrammet (Rasmussen, T. V., 2019)

I undersøgelsen fra 2022 blev datagrundlaget udvidet, og den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetske middel) for radon i boliger opført før 2020 blev bestemt til 103 Bq/m<sup>3</sup>. Omkring 39 % af de danske fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse har et radonindhold i indeluften over 100 Bq/m<sup>3</sup> og cirka 9 % af de undersøgte huse har en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften på over 200 Bq/m<sup>3</sup>.

#### Referencer

SBI-anvisning 233 Radonsikring af nye bygninger (2015)

BYG-ERFA blad SfB (99) 15 01 02

SBI-anvisning 270 Måling af radon i bygninger

SBI-anvisning 247 Radonsikring af eksisterende bygninger (2016)

[www.radonguiden.dk](http://www.radonguiden.dk)

Sundhedsstyrelsen. (2025). Radon i boliger, Kort over radon i Danmark. Lokaliseret 29-08-2025 på: [https://www.sst.dk/da/Borger/Straaling\\_miljoe-og-klima/Om-ioniserende-straaling/Radon-i-boliger/Kort-over-radon-i-Danmark](https://www.sst.dk/da/Borger/Straaling_miljoe-og-klima/Om-ioniserende-straaling/Radon-i-boliger/Kort-over-radon-i-Danmark)

Rasmussen, T. V. (2019). Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring. (1 udg.) Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. SBI-rapport Bind 2019 Nr. 7

Rasmussen, T. V. (2022). Radon 20: Baselineundersøgelse 2021. (2. udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2022 Nr. 14

### 5.1.4 Skimmel

Skimmelvækst på bygningsdele medfører oftest frigivelse af skimmelsporer til indeklimaet. Ud af de ca. 60.000 skimmelarter, der kendes, er det kun mellem 20 og 50 arter, der er almindelige i skimmelramte bygninger (Andersen et al., 2011). Meget få bygningsrelaterede arter er humanpatogene (*Aspergillus flavus*) eller danner mykotoksiner (*Stachybotrys chartarum*) (Hyde et al., 2018). Der er konsensus om, at fugt og skimmelvækst i bygninger giver mennesker helbredsproblemer (Styrelsen for Patientsikkerhed (2025)), men skelner ikke mellem fugt, sporer og MVOCer. Der findes en aktionsgrænse for skimmelvækst på 0,06 m<sup>2</sup> for renovering, men ingen grænseværdier for skimmelsporer i luften (SBI anvisning 281).

Hændelser, der resulterer i skimmelvækst og sporespredning i indeklimaet, ses oftest først når bygningen er taget i brug, men i de senere år rapporteres der i stigende grad om skimmelvækst i nybyggeri – enten under opførelsen eller lige efter indflytningen. Årsagen til skimmelvækst er altid fugt (fx byggefugt) eller vand (fx skybrud). Årsagerne til fugtproblemer i indeklimaet kan opstå under opførelsen, hvis fugtige materialer indbygges eller hvis byggesjusk og -fejl medfører, at vand trænger ind. Endvidere kan fugtfølsomme materialer og konstruktioner angribes af skimmelvækst i byggefasen, hvis de opbevares forkert på byggepladsen (fx uden overdækning eller direkte på fugtig jord).

Bygningsreglementet stiller ikke decideret krav om at bygninger skal være frie for skimmelvækst og -sporer, men påpeger at forekomsten af skimmelvækst gør indeklimaet sundhedsmæssigt utilfredsstillende.

#### Kortlægning af regulering

Der er sket meget få ændringer og tilføjelser i BR i forhold til skimmelvækst i bygninger. I FIGUR 25 er angivet det kontekst i BR, som kan relateres til skimmelvækst. I BR95 er skimmelvækst og sporer ikke specifikt nævnt. BR95 specificerer, at bygningsdele mod det fri, herunder vinduer og døre, kun må indeholde kuldebroer i uvæsentligt omfang. Den energimæssige virkning af kuldebroer skal medtages ved beregning af varmetabet for de enkelte bygningsdele. Bestemmelsen skal medvirke til at mindske risikoen for kondens og skimmelvækst og begrænse varmetabet gennem de enkelte bygningsdele. Man er opmærksom på at kuldebroer kan medføre kondensdannelse og dermed skimmelvækst, men fokus er på energiforbruget og -besparelse.

I BR08 indføres der et krav/bestemmelse om, at der ved planlægning, projektering, udbud og udførelse af bygningskonstruktioner skal træffes de foranstaltninger, som af hensyn til klimatiske forhold, er nødvendige for en forsvarlig udførelse. Bestemmelsen skal bl.a. sikre, at våde, fugtfølsomme materialer samt materialer og bygningsdele med skimmel-svamp, ikke indbygges i opførelsesperioden.

Endvidere indføres en erklæring vedrørende teknisk dokumentation i form af en målingsrapport, der skal dokumentere, at konstruktioner og materialer ikke har et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for skimmelsvamp. Disse forhold mm beskrives for første gang i en Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet (Møller, 2010). BR10 stiller krav om at det skal vurderes om bygningsdele er i så dårlig tilstand, eller at der er forhold, der kan føre til fugtskader, skimmel og råd, at disse forhold bør udbedres.

Dette er uændret i BR15 og endvidere er teksten om kondens og skimmelvækst slettet, da man mener, at kondens på vinduer ingen betydning har for indeklimaet, og at det vurderes, at det ikke er nødvendigt med et eksakt krav om en given overfladetemperatur i bygningsreglementet. Kravet til overfladetemperatur udgår derfor af bygningsreglementet og i stedet indføres en vejledningstekst i bygningsreglementet, der angiver, hvad man skal være opmærksom på for at undgå kondensproblemer på vinduer. I det omfang, at kondensdannelse giver anledning til skimmelvækst eller nedbrydning af konstruktioner, er det omfattet af eksisterende krav i bygningsreglementet. Skimmelvækst berøres stort set ikke.

Først i BR18 (§ 165, 334-338) stilles der krav om, at bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen. Det præciseres at bygningskonstruktioner og –materialer ikke må have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp (§ 336), og at bygninger skal sikres mod indtrængning af vand fra grundvand og overfladevand. Bygninger skal desuden sikres mod opsugning af fugt fra undergrunden (§ 337).

År	Ændringer i BR krav og vejledninger	Ændringer i normer og standarder mm
1995	Ventilation må ikke tilføre mikroorganismer til indeklimaet	
1996		
1997		
1998		
1999		
2000		
2001		SBi-anvisninger 204 og 205: Undersøgelse, vurdering og reovering
2002		
2003		
2004		
2005	Vandinstallationer må ikke føre til vækst af mikroorganismer	
2006	Bygningsdele må kun indeholde uvæsentlige kuldebroer	
2007		
2008	Våde og skimmelangrebne materialer må ikke indbygges. Materialer må ikke have et fugtindhold, der giver skimmelvækst	
2009		SBi-anvisninger 224 Fugt i bygninger
2010	Forhold, der kan føre til skimmelvækst, bør fjernes/udbedes.	
2011		SBi Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet: anbefaler max. 75 % RF i materialer og konstruktioner
2012		
2013		
2014		
2015		
2016		
2017		
2018	Bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke udgør en risiko for personers sundhed eller skader på bygningen. Fugtindhold ved indflytning må ikke medføre risiko for vækst af skimmelsvamp.	
2019		
2020		SBi anvisning 272: om BR18 SBi anvisning 274: Skimmelsvampe i bygninger - undersøgelse og vurdering
2021		
2022		SBi anvisning 277, 278 og 279: Fugt i bygninger - teori, beregning, undersøgelse og strategier
2023		ERFA-blad (99) 23 03 13 om fugtstrategi og sagkyndig
2024		SBi anvisning 281: Skimmelsvampe i bygninger: reovering og forebyggelse
2025		Anbefalinger fra Styrelsen for Patientsikkerhed

FIGUR 25. Tidslinje med ændringer i bygningsreglement med relevans for skimmel (atmosfærisk indeklima) i perioden 1995 – 2025 samt udgivelse af SBI anvisninger mm

## **Kortlægning af hændelser og vidensudvikling samt analyse af sammenhæng med reguleringen**

I 1989 og igen i 1993 udgiver Commission of the European Communities to rapporter om sick building syndrome og biologiske partikler i indeklimaet, og i dagspressen fyldte skimmelramte skoler og rækkehuse meget. Hverken i BR95 eller BR-S-98 omtaler eller problematiser skimmelvækst. Ifølge Landsbyggefonden [Beretning 2001] var de altdominerende byggetekniske problemer skader på betonkonstruktioner (klimaskærmen) under opførelsen. Skader på tæt/lave boliger (tagkonstruktioner) var særligt fremherskende i 1990'erne. Af andre fejl nævner Landsbyggefonden nye skadestyper - fx defekte tegl- og eternittage, fugtskader i vådrum inkl. gener som følge af skimmelsvampevækst.

I 00erne dokumenteres det i den videnskabelige litteratur, at skimmelvækst kan føre til toksin dannelse på byggematerialer og at toksinerne kan have negative helbredseffekter [Nielsen, 2001]. Endvidere kobles bestemte byggematerialer med bestemte skimmelarter, se tidslinje for disse og øvrige milepæle i vidensudvikling i **FIGUR 26**. I 2003 udkommer 2 anvisninger (204 og 205) om undersøgelse og renovering af bygninger med skimmelvækst og Sundhedsstyrelsen udgiver i 2006 en bog om helbredsgener som følge af skimmelvækst til praktiserende læger. Denne viden har dog ikke ført til nævneværdige ændringer i BR08. I perioden 2008 - 2017 er der blevet publiceret mere end 500 internationale artikler om helbredseffekterne ved skimmelvækst i indeklimaet, inklusiv WHO's rapport om fugt og skimmelvækst (2009) og Sundhedsstyrelsens nye anbefalinger (2009), hvilket ikke har ført til ændringer i BR18.

## **Vurdering af realiseret opfyldelse af krav**

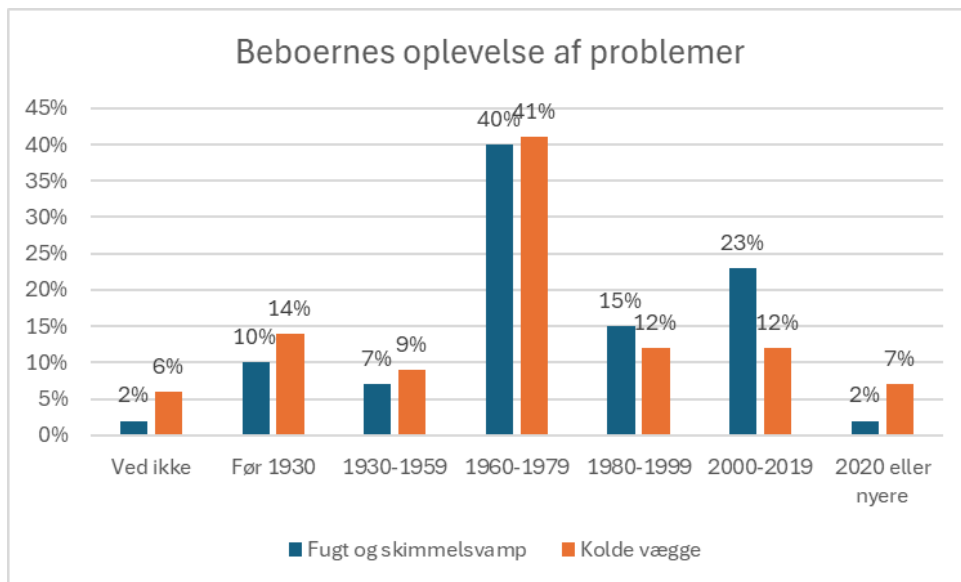
Skimmelvækst opstår, meget simplificeret, når fugtbelastningen overstiger det som materialer i bygningskonstruktioner kan tåle. Denne fugtbelastning kan stamme fra udeklimaet, herunder fra overflade- og grundvand, fra indeklimaet, fra utætte installationer og fra byggefugt. Siden 2010 – først som vejledning til BR (Møller, 2010) og fra 2022 som henvisning fra vejledning til SBI Anvisning 278 – har det været beskrevet, hvordan fugt kan håndteres gennem et byggeprojekt vha. en fugtstrategi. En gennemført fugtstrategi, som også indebærer dokumentation og kontrol, og involvering af en fugtsagkyndig, sikrer, at der ved projektering, materialevalg og udførelse opnås en bygning, hvor fugtbelastning er minimeret og dermed også risiko for skimmelvækst. Faktorer som variationer i vejret, i brugsmønstre samt introduktion af nye byggematerialer og løsninger – herunder med mere sårbare biogene materialer – kan medføre væsentlige usikkerheder og faldgruber, og udfordre selv den bedste fugtstrategi.

Der findes ikke egentlige undersøgelser for udviklingen af omfanget for fugt- og skimmel-skader i bygninger gennem årene, men årsberetninger fra Byggeskadefonden giver et klart billede af, at fugt er medvirkende til en stor del byggeteknisk svigt, især i klimaskærmen (Byggeskadefonden 2021). En spørgeskemaundersøgelse (Bolius 2025) viser, at mens det er byggeri opført i 1960'erne og 1970'erne, hvor beboere oftest oplever problemer med fugt og skimmel, er problemet på ingen måde ukendt i byggerier udført efter 2000, se **FIGUR 27**. Årsagen til denne udvikling kendes ikke, men stigende kompleksitet og byggetakt i byggeriet, samt faseskift i projekteringen fra rådgivere til udførende kan være medvirkende til denne udvikling.

År	Milepæle i vidensudvikling	Hændelser
1995		Kajerødskolen, Birkerød, Usserød Skole, Enghøj skolen. Flade tage
1996		Lundegården i Ballerup, Gårdhavehuse i Albertslund
1997		
1998		
1999	Skimmelprogram søsættes. Mycometer - surface test. Skimmelbiomasse kan bestemmes på overflader.	
2000		
2001	Videnskabelig dokumentation for, at skimmelvækst kan føre til toksindannelse på byggematerialer, hvilket kan have negative helbredseffekter Ny Stachybotrys art fundet i vandskadede bygninger	
2002		
2003		
2004		
2005		
2006	Sundhedsstyrelsen udgiver en bog om helbredsgener som følge af skimmelvækst til praktiserende læger	
2007	ERMI index for skimmelsvampe gør det muligt at bestemme arter vha. DNA i USA.	
2008		
2009	Forskning: WHO udkommer med rapport om at fugt og skimmel giver helbredsproblemer. Mycometer – air test. Skimmelbiomasse i luft kan bestemmes i Danmark	
2010		
2011	Forskning: Bestemte skimmelarter er tilknyttet bestemte byggematerialer. HouseTest – surface test. Udvalgte skimmelarter kan bestemmes vha. DNA i Danmark.	Skybrud over København
2012		
2013		
2014		
2015		
2016		
2017	Forskning: Nye gipsplader indeholder skimmelsporer fra produktionen	
2018		Smørum Gårdhuse. Krybekældre med skimmel
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		Stormflod i syddanmark
2024		
2025		

FIGUR 26. Tidslinje for milepæle i vidensudvikling og hændelser med relation til fugt og skimmel (atmosfærisk indeklima) i perioden 1995 – 2025

I de sidste 10-15 år har klimaforandringerne også haft indflydelse på fugt og skimmelvæksten. Skybruddet i juli 2011 og stormfloden i oktober 2023 forårsagede store skimmel-skader på bygninger rundt om i landet. Skimmelvækst i bygninger og sporefrigivelse til indeklimaet er ofte et resultat af byggesjusk, manglende overdækning ift. vejrlig og brug af fugtige eller våde materialer, men ses ofte først måneder eller år efter opførelsen. Selvom BR18 specificerer, at der ikke må indbygges fugt i bygningen, og at fugtfølsomme materialer skal beskyttes mod vand og snavs, opstår der stadig problemer med skimmelvækst i nybyggeri og under større renovering, da bestemmelsernes hensigt ikke ser ud til at blive håndhævet. Om der er udarbejdet en fugtstrategi og tilknyttet en fugtsagkyndig i disse byggesager, findes der heller ikke tal for.



**FIGUR 27.** Fordelingen af bygninger opgjort på byggeår, hvor beboere oplever problemer med fugt og skimmelsvamp eller kolde vægge. Udtræk fra Bolius' databank (Bolius 2025) baseret på ca. 7000 respondenteres svar i 2025 om oplevet indeklima.

#### Referencer

- Report no. 4: Sick Building Syndrome – a practical guide (1989). European concerted action, Indoor air quality & its impact on man, Cost project 613. [https://www.aivc.org/sites/default/files/members\\_area/medias/pdf/Inive/ECA/ECA\\_Report4.pdf](https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Inive/ECA/ECA_Report4.pdf)
- Report no. 12: Biological Particles in Indoor Environments (1993). European collaborative, Indoor air quality & its impact on man, Cost project 613. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289041683>
- Beretning 2001. Landsbyggefonden. [https://lb.dk/media/il2lqved/landsbyggefondens\\_beretning\\_2001\\_0d0apdf.pdf](https://lb.dk/media/il2lqved/landsbyggefondens_beretning_2001_0d0apdf.pdf)
- Nielsen, K. F. (2001). Mould growth on building materials: Secondary metabolites, mycotoxins and biomarkers. PhD afhandling, DTU.
- SBi anvisning 204. Valbjørn, O. (2003). Undersøgelse og vurdering af fugt og skimmelsvampe i bygninger. SBI-forlag. By og Byg Anvisning Nr. 204
- SBi anvisning 205. Koch, A. P., & Nielsen, P. A. (2003). Renovering af bygninger med skimmelsvampevækst. SBI-forlag. By og Byg Anvisning Nr. 205
- Sundhedsstyrelsen (2006). Helbredsproblemer ved fugt og skimmelsvampe i bygninger – om udredning og diagnostik hos alment praktiserende læger. [https://www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2006/Publ2006/CFF/Skimmel/Helbred\\_fugt\\_Skim,-d-.pdf.ashx](https://www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2006/Publ2006/CFF/Skimmel/Helbred_fugt_Skim,-d-.pdf.ashx).
- WHO (2009). WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289041683>.
- Sundhedsstyrelsen (2009). Personers ophold i bygninger med fugt og skimmelsvampevækst - Anbefalinger for sundhedsfaglig rådgivning. <https://www.sst.dk/da/udgivelser/2010/Personers-ophold-i-bygninger-med-fugt-og-skimmelsvampevækst---Anbefalinger-for-sundhedsfaglig-raadg>
- Møller, E. B. (2010). Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI.
- Andersen, B., Frisvad, J. C., Søndergaard, I., Rasmussen, I. S., & Larsen, L. S. (2011). Associations between fungal species and water-damaged building materials. Applied and environmental microbiology, 77(12), 4180-4188.
- Hyde, K. D., Al-Hatmi, A. M., Andersen, B., Boekhout, T., Buzina, W., Dawson Jr, T. L., ... & Tsui, C. K. (2018). The world's ten most feared fungi. Fungal Diversity, 93(1), 161-194.
- SBi anvisning 272. Hansen, E. J. D. P., Ginnerup, S., Sigbrand, L., Jensen, O. M., Brandt, E., Morelli, M., Sørensen, L. S., Buch-Hansen, T. C., Møller, E. B., Kirkeby, I. M., Kragh, J., Aggerholm, S., Wittchen, K. B., Nielsen, R. D., Gunnarsen, L. B., Rasmussen, T. V.,

- Aagaard, N. J., Rasmussen, B., Johnsen, K., & Bergsøe, N. C. (2020). Anvisning om Bygningsreglement 2018. (2. udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI-anvisning Nr. 272
- SBI anvisning 274. Thrane, U., Cordt Olsen, K., Brandt, E., Ebbehøj, N. E., & Gunnarsen, L. (2020). Skimmelsvampe i bygninger – undersøgelse og vurdering. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI-anvisning Nr. 274
- SBI anvisning 277. Brandt, E., Bunch-Nielsen, T., Kvist Hansen, T., Morelli, M., & Nielsen, A. (2022). Fugt i bygninger: Teori, beregning og undersøgelse. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI-anvisning Bind 277.
- SBI anvisning 278. Brandt, E., Bunch-Nielsen, T., Kvist Hansen, T., Morelli, M., & Nielsen, A. (2022). Fugt i bygninger: Projektering og udførelse. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI-anvisning Bind 278.
- SBI anvisning 279. Brandt, E., Bunch-Nielsen, T., Kvist Hansen, T., Morelli, M., Nielsen, A., & Sebastian, W. (2022). Fugt i bygninger: Bygningsdele. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI-anvisning Bind 279.
- BYG-ERFA (99) 230313Høegh, B., H. (2023). Fugtstrategi i byggeprojekter – forebyggelse af skimmelsvampevækst.
- SBI anvisning 281. Andersen, B., Brandt, E., Bunch-Nielsen, T., & Aalling, L. (2024). Skimmelsvampe i bygninger - renovering og forebyggelse. (1. udgave udg.) Akademisk Forlag. SBI-anvisning Bind 2024 Nr. 281
- Styrelsen for Patientsikkerhed (2025). Sundhedsfaglige anbefalinger til håndtering af fugt og skimmelsvamp indendørs. <https://stps.dk/myndighed/information-til-myndigheder/miljoe-medicin-og-hygijne/indeklima/fugt-og-skimmelsvamp>
- Bolius, V., & Realdania. (2025). Danskerne i det byggede miljø - Databank. <https://www.bolius.dk/databanken/dibm>
- Byggeskadefonden (2021) Årsberetning

### 5.1.5 Asbest

Asbest er en fællesbetegnelse for en særlig type naturligt forekommende mineraler, der på grund af let formbarhed, stor styrke og modstandsdygtighed over for især varme. Asbest har været et meget anvendt materiale inden for en lang række industrier og håndværk, herunder også byggebranchen.

I byggeriet har asbest fundet anvendelse som forstærkning i form af fibre til fiberarmering, fyldstof og brandhæmmende materiale i en lang række byggevarer. Indholdet af asbest i de enkelte produkter varierer fra nogle få procent til i enkelte tilfælde at bestå af næsten ren asbest.

Asbest har dog vist sig stærkt skadeligt for den menneskelige organisme, da indånding af støv ved arbejde med asbestholdige materialer har været årsag til blandt andet lungesygdommene asbestose og lungekræft.

De sygdomsfremkaldende virkninger ved arbejde med asbest har ført til, at det i dag er forbudt at anvende materialet inden for byggeriet, og der stilles strenge krav til sikkerheden ved arbejde med allerede indbyggede asbestholdige byggematerialer.

Reguleringen over for asbest betyder i praksis, at asbest kan forekomme i mange bygningsdele og specifikke bygningskomponenter i bygninger fra før 1990'erne, også bygninger som har undergået reparationer, renoveringer eller om- og tilbygninger.

#### Kortlægning af regulering

I BR95 stilles der gennem bestemmelse krav om at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs og at ved asbestarbejde og andet arbejde, hvor der er risiko for asbeststøv, skal der – afhængigt af arbejdspladsvurderingen – foretages luftmålinger for asbest med henblik på at sikre, at grænseværdien for asbest overholdes.

I BR-S 98 stilles der gennem bestemmelse også krav om at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs. Småhuse er i denne sammenhæng fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse.

I 2005 udsender Arbejdstilsynet At-vejledning C.2.2 om asbest, der sammenskriver en del af de gamle meddelelser og cirkulæreskrivelser om asbest (Arbejdstilsynet, 2005). Vejledningen præciserer blandt andet, at unge under 18 år ikke må arbejde med asbestholdige materialer eller udsættes for asbeststøv. (se også tidslinje i FIGUR 28)

I BR08 skærpes bestemmelser til, at asbestholdige materialer ikke må anvendes.

I BR18 stilles der gennem bestemmelse krav om, at i forbindelse med ombygninger og lignende skal det sikres, at asbest fra allerede indbyggede materialer ikke spredes til indeklimaet.

Senest har Arbejdstilsynet udsendt Bekendtgørelse om asbest i arbejdsmiljøet, BEK nr 744 af 18/06/2024, som gælder for asbestarbejde og andet arbejde, hvor der er risiko for asbeststøv, skal der – afhængigt af arbejdspladsvurderingen – foretages luftmålinger for asbest med henblik på at sikre, at grænseværdien for asbest overholdes.

#### Kortlægning af hændelser og vidensudvikling samt analyse af sammenhæng med reguleringen

Generelt har vidensudviklingen (FIGUR 29) om asbest og asbests stærkt skadelige påvirkninger for den menneskelige organisme, været forud for reguleringen.

Årsagen skal findes i asbests mange anvendelser i mange forskellige produkter og komponenter inden for industri, håndværk og byggeri gennem 1900-tallet. Asbestholdige materialer blev mere og mere udbredte i dansk byggeri i perioden fra slutningen af 1920'erne og frem til midten af 1980'erne. Mangel på alternativer til asbest i byggevarer fastholdt produktionen af byggevarer helt frem til 1990'erne. Se Bilag for detaljer for denne udvikling.

År	Ændringer i BR krav og vejledninger	Ændringer i normer og standarder mm
1995	BR 1985 indeholder bestemmelse som stiller krav om at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs i byggeriet. Bestemmelsen trådte i kraft den 15. april 1986. Samme bestemmelse indføres i tillæg 1 til BR for småhuse 1985. 1986 Bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest. BR 1995 stiller gennem bestemmelse krav om at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs. I vejledningen angives at brug af asbest generelt er forbudt i henhold til Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 med ændring af 11. december 1992 om asbest.	1986 SBI-anvisning 153 "Asbestholdige materialer i bygninger"
1996		
1997		
1998	BR-S 1998 stiller gennem bestemmelse krav om at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs. I vejledningen angives at det generelt er forbudt at bruge asbest, se Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 med ændringer af 11. december 1992.	
1999		
2000		
2001	I vejledningen tilføjes Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 med ændringer af 17. maj 1998.	
2002		EU-rådet. (2002). 2003/33/EF; Rådets beslutning af 19. december 2002 om opstilling af kriterier og procedurer for modtagelse af affald på deponeringsanlæg i henhold til artikel 16 og bilag II i direktiv 1999/31/EF. Bruxelles
2003		
2004		
2005		Arbejdstilsynets bekendtgørelse om asbest og At-vejledning C.2.2 Asbest.
2006		EU-Parlamentet, & Rådet. (2006). Forordning (EF) nr. 1013/2006 af 14. juni 2006 om overførsel af affald. Den Europæiske Unions Tidende L 190 af 12/7/2006. Europa-Kommisionen. (2006). Praktisk vejledning for arbejdsgivere, arbejdstagere og arbejdstilsynet om bedste praksis til at forebygge eller minimere asbestrisikoen ved arbejde, hvor der forekommer (eller kan forekomme) asbest.
2007		
2008	BR 2008 stiller gennem bestemmelse krav om at asbestholdige materialer må ikke anvendes. I vejledningen angives at det generelt er forbudt at bruge asbest, se Arbejdstilsynets bekendtgørelse om asbest og At-vejledning C.2.2 Asbest.	EU-Parlamentet, & Rådet. (2008). Direktiv 2008/68/EF af 24. september 2008 om indlandstransport af farligt gods (ADR-direktivet). Den Europæiske Unions Tidende L 260 af 30/9/2008. Bruxelles.
2009		
2010	I vejledningen tilføjes SBI-anvisning 228 "Asbest i bygninger" og SBI-anvisning 229 "Byggematerialer med asbest."	SBI-anvisning 228 "Asbest i bygninger - Regler, identifikation og håndtering" SBI-anvisning 229 "Byggematerialer med asbest"
2011		
2012		
2013		
2014		
2015		
2016		
2017		
2018	BR 2018 stiller gennem bestemmelse krav om at i forbindelse med ombygninger og lignende skal det sikres, at asbest fra allerede indbyggede materialer ikke spredes til indeklimaet. Vejledningen indeholder ikke yderligere information om asbest.	
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		
2024		Arbejdstilsynet Bekendtgørelse om asbest i arbejdsmiljøet, BEK nr 744 af 18/06/2024
2025		

FIGUR 28. Tidslinje med ændringer i bygningsreglement med relevans for asbest (atmosfærisk indeklima) i perioden 1995 – 2025 samt udgivelse af SBI-anvisninger mm.

År	Milepæle i vidensudvikling
1995	
1996	
1997	At-cirkulæreskrivelse nr. 1/1997 Inddækning af asbestholdige eternittage.
1998	
1999	At-meddelelse nr. 3.01.6 om nedrivning, reparation og vedligeholdelse af asbestholdige byggematerialer.
2000	
2001	Asbestholdige bjergartsmaterialer
2002	
2003	Jensen, E. S. (2003). Seasonal variation of meningococcal disease and factors associated with its outcome. Aarhus: Institut for Epidemiologi og Socialmedicin, Aarhus Universitet.
2004	Bekendtgørelse nr. 1502 af 21. december 2004 om asbest.
2005	Arbejdstilsynets bekendtgørelse om asbest og At-vejledning C.2.2 Asbest. 2005 Bekendtgørelse af lov nr. 268 af 18. marts 2005 om arbejdsmiljø
2006	Bekendtgørelse nr. 1640 af 13. december om godkendelse af listevirksomhed (Godkendelsesbekendtgørelsen).
2007	Grænseværdier for stoffer og materialer (At-vejledning C.0.1).2007). Bekendtgørelse af lov nr. 1757 af 22. december 2006 om miljøbeskyttelse (Miljøbeskyttelsesloven).
2008	Asbestguiden. Åndedrætsværn (At-vejledning D.5.4). Bjørn, A. B., Antonsen, S., Christensen, S., & Sørensen, H. T. (2008). Asbestose og kræft i lungehinderne, Danmark 1977-2005 (Rapport nr. 40). Århus: Klinisk Epidemiologisk Afdeling, Århus Universitetshospital.
2009	Sikkerhed ved arbejde med asbestholdige materialer. Bygge & Anlæg. Når du støder på asbest - Regler og baggrund! Bygge & Anlæg. Når du støder på asbest - Sådan gør du!
2010	SBI-anvisning 228 "Asbest i bygninger - Regler, identifikation og håndtering" SBI-anvisning 229 "Byggematerialer med asbest"
2011	
2012	Jacobsen, Kurt, Den farlige asbest, Ugeskrift for læger, 2012, Vol.174 (12), p.824
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	
2019	
2020	
2021	
2022	
2023	
2024	Arbejdstilsynet Bekendtgørelse om asbest i arbejdsmiljøet, BEK nr 744 af 18/06/2024
2025	

FIGUR 29. Tidslinje for milepæle i vidensudvikling med relation til asbest (atmosfærisk indeklime) i perioden 1995 – 2025

### Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Forbruget af asbest (ikke kun til byggematerialer) steg kraftigt i Danmark fra 1950 til 1970. Det toppede omkring 1970 og faldt derefter frem til 2000, hvor asbestforbruget stort set op-hørte, se FIGUR 30. En vurdering af sandsynligheden for at finde asbestholdige materialer i forskellige kategorier for bygningsdele fordelt på forskellige bygningstyper fra de fire

tidsperioder findes, i en skematisk oversigt i afsnit 3.5, Sandsynlighed for asbest i bygninger i SBI-anvisning 228 "Asbest i bygninger - Regler, identifikation og håndtering". Sikkerheden i risikovurderingen afhænger i høj grad af den enkelte bygning og bygningsejer. Men der er også fremsat formodninger om, at der kan være geografiske forskelle i anvendelsen af asbest i Danmark, ligesom håndteringen af asbestregistreringen i midten af 1980'erne afhang meget af den enkelte bygningsejer.



**FIGUR 30.** Kurven viser forbrug af asbest i Danmark fra 1950 til 2000 i ton pr. 200.000 indbyggere (Jensen, 2003; Bjørn, Antonsen, Christensen, & Sørensen, 2008).

Opgørelsen over forbruget af asbest påviser således, at bygningsreglementets bestemmelser sammen med bekendtgørelser, meddelelser og rundskrivelser om asbest efterleves og har effekt i praksis.

### Referencer

- Arbejdstilsynet. (1952). Rundskrivelse nr. 89/1952 om sundhedsfaren ved anvendelse af asbest ved påsprøjtning som isolationsmateriale.
- Indenrigsministeriet. (1913). Lov nr. 143 29. april 1913 om arbejde i fabrikker m.v. samt de offentlige tilsyn med fabriksloven.
- Socialministeriet. (1954). Lov om almindelig arbejderbeskyttelse nr. 226 af 11. juni 1954.
- Arbejdstilsynet. (1970a). Meddelelse nr. 5/1970 om beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med asbest og asbestholdige materialer.
- Arbejdstilsynet. (1970b). Rundskrivelse nr. 14/1970 om beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med asbest og asbestholdige materialer.
- SBI-anvisning 229, Byggematerialer med asbest
- Arbejdsministeriet. (1984). Bekendtgørelse nr. 161 af 26. marts 1984 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse mv. af asbest.
- Arbejdstilsynet. (1984). Rundskrivelse nr. 82B/1980 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse m.v. af asbest.
- Arbejdsministeriet. (1986). Bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest.
- Arbejdstilsynet. (1986). Rundskrivelse nr. 16/1986 om arbejdsministeriets bekendtgørelse om asbest.
- Arbejdstilsynet. (2005). Asbest (At-vejledning C.2.2).

SBI-anvisning 228 "Asbest i bygninger - Regler, identifikation og håndtering"

Jensen, E. S. (2003). Seasonal variation of meningococcal disease and factors associated with its outcome. Aarhus: Institut for Epidemiologi og Socialmedicin, Aarhus Universitet.

Bjørn, A. B., Antonsen, S., Christensen, S., & Sørensen, H. T. (2008). Asbestose og kræft i lungehinderne, Danmark 1977-2005 (Rapport nr. 40). Århus: Klinisk Epidemiologisk Afdeling, Århus Universitetshospital.

### **Bilag: Udvikling af reguleringen vedr. asbest inden 1995**

Fra 1930'erne begynder man i udlandet at blive opmærksom på sundhedsfaren ved indånding af asbestfibre, og i 1941 nævnes faren i det danske Arbejdstilsyns årsberetning. Alligevel gik der – formodentlig på grund af anden verdenskrig – næsten ti år, før de første regler for sikkerheden i forbindelse med arbejde med asbest trådte i kraft.

Udviklingen i lovgivningen i forbindelse med anvendelse af asbest i byggeriet begynder i 1950'erne:

Det første tiltag fremgår af en rundskrivelse fra Arbejdstilsynet i 1952 om sundhedsfaren ved anvendelse af asbest ved påsprøjtning som isolationsmateriale, der er rettet mod skibsværftsindustrien (Arbejdstilsynet, 1952). Forslagene til sikkerhedsforanstaltninger handler om, at de personer, som udfører sprøjtningen, skal bære fintstøvmaske i indtil en halv time efter sprøjtningens ophør og først må være til stede igen ved arbejdsstedet mindst en halv time efter sprøjtning. Desuden skal maskinerne, der karter asbesten, befugtes. Der skal gives påbud efter disse forslag, men der er problemer med hjemlen til at give påbud om støvmaske, fordi meget isoleringsarbejde på skibsværfterne udføres af eksterne entreprenører, som ikke er omfattet af Fabrikloven fra 1913 (Indenrigsministeriet, 1913).

I 1963 udvides reglerne i Arbejdstilsynets rundskrivelse fra 1952 til at omfatte stort set alle typer isoleringsarbejde med asbest, herunder isolering i bygninger og isolering af varmeinstallationer (Arbejdstilsynet, 1963). Baggrunden er en undersøgelse af isoleringsarbejdere, der har vist flere tilfælde af asbestose.

Fra 1963 er der ikke længere problemer med at afgive påbud, fordi loven om almindelig arbejderbeskyttelse fra 1954 (Socialministeriet, 1954) og bestemmelser om byggevirksomhed giver tilstrækkelig hjemmel.

I 1970 sker der yderligere stramninger i lovgivningen (Arbejdstilsynet, 1970a, 1970b). På dette tidspunkt er der mere dokumentation for, at asbest kan fremkalde asbestose, og der er gjort iagttagelser af, at asbest – specielt blå asbest – kan fremkalde lungekræft hos især cigaretrygere (Arbejdstilsynet, 1970a).

For første gang stilles der også krav om, at arbejdstøj og gangtøj holdes adskilt, at unge under 18 år ikke må arbejde med støvende processer eller i rum, hvor sådanne finder sted. Fra 1970 skal der også foretages regelmæssige lægeundersøgelser af arbejdere, der udsættes for asbestrisiko.

Med reglerne fra 1970 indføres de fleste af de krav, der også gælder for arbejde med asbest den dag i dag – dog i en lidt anden formulering og udformning.

BR 1972 stiller gennem bestemmelse krav til understøtning af bølgeplader af asbestcement konkretiseres til målbare krav. Ligeledes beskrives målbare krav i forbindelse med brand til ikke-bærende, vandrette bygningsdele fx rumafgrænsende lofter, skråvægge og skunkvægge af 3 mm asbest-cellulosecementplade og 3 mm asbestsilikatplade samt beklædninger af klasse 1 og 2 med fx 5 mm asbest-cellulosecementplader, 5 mm asbest-silikatplader, 8 mm asbest-cementplader samt 3 mm asbest-cellulosecementplade og 3 mm asbest-silikatplade. Der stilles også krav til ventilationskanaler, som passerer brandcelleafgrænsende vægge eller etageadskillelser af asbestcement.

1972 Bekendtgørelse af 14. januar 1972 om forbud mod anvendelse af asbest til visse former for isolering.

BR 1977 viderefører bestemmelse fra BR 1972.

Efter 1972 ændres der ikke på lovgivningen om asbest før 1980, hvor der kommer et generelt forbud mod fremstilling, import, og anvendelse af asbest eller asbestholdigt materiale i enhver form (Arbejdsministeriet, 1979, 1980).

De nye regler indeholder dog en lang række overgangsbestemmelser, der tillader anvendelse af forskellige former for asbest i forskellige tidsperioder på typisk 5 til 10 år. Desuden tillades nogle materialer 'indtil videre'. Materialerne må dog ikke indeholde blå asbest. De materialer, der tillades længst eller 'indtil videre', er typisk dem, hvor asbest er fast bundet, eller hvor erstatningsprodukter ikke findes.

I praksis betyder overgangsbestemmelserne, at asbestholdige materialer ikke kan anvendes indendørs efter 1986 og udendørs efter 1990 (SBI-anvisning 229).

Efter 1980 handler reguleringerne om stadige begrænsninger i anvendelsen af asbestholdige materialer samt stadig mere skærpede forholdsregler over for asbest i eksisterende bygninger.

Dog kommer der i 1984 regler, der forlænger midlertidige dispensationer for asbestholdige materialer med ændringer i tilladt asbestindhold og indskrænkninger i, hvilke asbestcementprodukter, der må anvendes (Arbejdsministeriet, 1984; Arbejdstilsynet, 1984).

BR 1982 omtaler asbestcement som brandmæssigt egnede tagdækninger i Bilag 4, og i underbilag 2 nævnes asbest som farligt støv. I tillæg 6 til BR 1982 stilles der gennem bestemmelse krav om, at asbestholdige materialer ikke må anvendes indendørs i byggeriet, bestemmelsen trådte i kraft den 15. april 1986. I bemærkningerne til tillæg 6 beskrives lungekræft forårsaget af fx tobaksrygning, og asbestose og langt de fleste tilfælde af lungehindkræft som en konsekvens af asbestpåvirkning. Ligeledes omtales at asbestfibre ikke er farlige, så længe de sidder fastbundne i et materiale, så de ikke kan indåndes.

I 1986 strammes reglerne yderligere med blandt andet krav om ændring af tidsfrister for anvendelse af asbest, begrænsning af listen over tilladte asbestholdige materialer, mærkning, meddelelse, uddannelse, krav om arbejdsplan, anmeldelse af affald og tid, der må arbejdes med åndedrætsværn, samt forbud mod højtryksspuling (Arbejdsministeriet, 1986; Arbejdstilsynet, 1986b).

### **Bilag: Milepæle i vidensudvikling vedr asbest inden 1995**

1952 Rundskrivelse nr. 89/1952 om sundhedsfaren ved anvendelse af asbest ved påsprøjtning som isolationsmateriale.

1963 Rundskrivelse nr. 26/1963 om imødegåelse af sundhedsfaren ved isoleringsarbejder.

1970 Meddelelse nr. 5/1970 om beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med asbest og asbestholdige materialer.

1970 Rundskrivelse nr. 14/1970 om beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med asbest og asbestholdige materialer.

1972 Meddelelse nr. 7/1972 om forholdsregler ved demontering af asbestholdig isolering.

1972 Bekendtgørelse af 14. januar 1972 om forbud mod anvendelse af asbest til visse former for isolering.

1979 Bekendtgørelse nr. 468 af 13. november 1979 om anvendelse mv. af asbest.

1980 Bekendtgørelse nr. 148 af 30. april 1980 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse mv. af asbest.

1984 Rundskrivelse nr. 82B/1980 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse m.v. af asbest.

1984 Bekendtgørelse nr. 161 af 26. marts 1984 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse mv. af asbest.

1986 Bekendtgørelse nr. 115 af 14. marts 1986 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse mv. af asbest.

1986 Vejledning nr. 4005 af 25. marts 1986 om asbestholdige materialer anvendt til loft- og vægbeklædninger (Grå asbestvejledning).

1986 Bekendtgørelse nr. 188 af 4. april 1986 om ændring af bekendtgørelse om anvendelse mv. af asbest.

1986 NOTAT OM harmonisering af kredsenes behandling af asbestholdige loft – og vægbeklædninger i institutioner. 4. april 1986.

1986 SBI-anvisning 153 "Asbestholdige materialer i bygninger"

1986 Rundskrivelse nr. 16/1986 om arbejdsministeriets bekendtgørelse om asbest.

1986 Rundskrivelse nr. 5/1986 om loft og vægbeklædninger af asbestholdige materialer.

1986 Bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 om asbest.

1986 Bekendtgørelse nr. 993 af 1. december 1986 om registrering m.m. af asbest.

1987 At-cirkulæreskrivelse nr. 4/1987, henvisning til At-meddelelsessystemets gruppe 3 Registrering af asbest.

1987 At-meddelelse nr. 4.02.2 om helbredsundersøgelser og registrering af asbestudsatte.

1988 At-cirkulæreskrivelse nr. 1/1988 om højtryksspuling af asbestholdige materialer.

1988 At-cirkulæreskrivelse nr. 13/1988 om genanvendelse af asbestholdige materialer.

1989 At-cirkulæreskrivelse nr. 9/1989 om inddækning af asbestholdige eternittage.

1992 Bekendtgørelse nr. 660 af 24. september 1986 med ændring af 11. december 1992 om asbest.

## 5.2 Visuelt indeklima

Lys og udsyn påvirker menneskers oplevelse af rum. Det visuelle indeklima bestemmes ikke alene ved lyset men også ved lysåbningens udformning, størrelse, placering og orientering, i samspil med rummets geometri og overfladekarakter, eventuelt skyggende omgivelser samt udsyn til omgivelserne. Forhold der tilsammen bestemmer mængden og fordelingen af dagslyset i et rum.

Lys beskrives fysisk som en del af det elektromagnetiske spektrum. Den del som det menneskelige øje reagerer på, og danner synsindtryk af, kaldes lys. Det er strålingen med bølgelængderne fra ca. 380-780nm. Udover at lys skaber synsindtryk påvirker lyset også menneskers sundhed. Lys regulerer menneskers biologiske ur (døgnrytmen), produktionen af hormoner og D-vitamin, hvilket understreger vigtigheden af at mennesker eksponeres til dagslys (Mathiasen et al., 2022)..

Stråling er også varme og derfor indgår dagslys i byggeriets energiramme. Lysåbningen og eventuel solafskærmning, må derfor tilrettelægges som en balance mellem dagslys og udsyn, og temperatur og energiforbrug

### 5.2.1 Kortlægning af regulering

Udviklingen af *reguleringen* (se også FIGUR 31), der påvirker det visuelle miljø, sker primært ved følgende forhold:

- afstand til bygninger (graden af eventuel obstruktion)
- vinduesareal, vinduesareal i relation til gulvareal (10% reglen)
- dagslysfaktoren, DF2% (DF på mindst 2% i de mest anvendte dele af et rum, fx. arbejdszonen)
- 300 lux reglen (mindst 300 lux i halvdelen af et rum i halvdelen af dagslystimerne)

I BR95 er det visuelle indeklima påvirket af reguleringen af varmeisoleringen, da der stilles krav til, at det samlede areal af vinduer og yderdøre, herunder ovenlys, glasvægge og lemme mod det fri højst udgør 22 pct. af bygningens opvarmede etageareal ved en U-værdi på 1.80

I BR08 får dagslys sit eget afsnit under kapitlet indeklima. I paragraftekstens beskrivelse samt i vejledningsteksten henvises der, udover det praktiske og det energimæssige (behov for kunstlys) også til dagslys som et sundhedsaspekt.

Energiforbruget ved en bygnings samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation og køling, beskrives nu ved et specifikt antal kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Det har betydning for det visuelle indeklima, da dagslysfald kan være årsag til et rums overophedning, og derfor bør tilrettelægges i forhold til at undgå overophedning.

I vejledningsteksten (6.5.2, stk.1) reintroduceres 10% reglen (den indgik i BR fra 1961 – 1982 (Kbh.1939)). Reglen angiver, at hvis rudearealet udgør 10% af et rums gulvareal (7% for ovenlys) anses et rum for at være tilstrækkeligt belyst. Derudover anses lyset som tilstrækkeligt hvis det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne.

Det beskrives, at vinduer skal placeres så personer i rummene kan se ud på omgivelserne.

I BR10 skærpes kravene til energiforbrug, lavenergirammen beskrives. (7.2.4.1. stk 1 og 2). Der gøres ligeledes opmærksom på problematikken omkring dybe rum, hvor man bør være opmærksom på at få dagslys ind bagerst i rummene.

Kravet til udsyn gentages fra BR08, og får en uddybende vejledningsbeskrivelse, der understreger vigtigheden af udsyn.

10% reglen og DF2% gentages fra BR08. Senere i 2013 uddybes kravet til DF2% ved, at det skal gælde i halvdelen af rummet.

I BR15 gentages kravet til udsyn fra BR10, og får en uddybende vejledningsbeskrivelse, der understreger vigtigheden af udsyn og dens indvirkning på oplevelsen af rummet.

I bygningsklasse 2020 stilles der krav til boliger, kollegier, hoteller, kontorer, skoler og institutioner, hvor glasareal skal være mindst 15% af gulvarealet ved lystransmittans på 0.75, dog skal man være opmærksom på at have en effektiv solafskærmning for at undgå overop-  
hedning og blænding. 2020 klassen ophører med indførelsen af BR18.

I BR18 skærpes kravene til energiforbruget atter.

Kravet til udsyn gentages fra BR10, yderligere gøres der opmærksom på, at evt. solafskærmning kan dække uhensigtsmæssigt for udsynet.

10% reglen gentages, men DF2% udtages og 300lux reglen tilføjes. Dermed er der to metoder til at redegøre for tilfredsstillende dagslysniveauer i opholds - og arbejdsrum. 10% reglen uddybes i vejledningen: *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys*.

## 5.2.2 Kortlægning af hændelser og vidensudvikling

Med oliekrisen i 1973 -74 blev reduktion af varmetab i bygninger et centralt tema i byggeriet i Danmark. Det bliver et gennemgående tema i de kommende bygningsreglementer op til i dag, hvilket ligeledes sætter et aftryk på forhold, der vedrører det visuelle indeklima.

I 2002 udgives en artikel (Berson, 2002) hvor lysensitive ikke billeddannende celler i øjet identificeret og beskrives, samt den betydning disse celler har for reguleringen af vores døgnrytme. Herved understreges, at det er vigtigt for menneskers sundhed at være eksponeret til dagslys. Man har tidligere observeret og redegjort for lysets gavnlige effekt på mennesker, og med opdagelsen af en ny celle, kan det nu også videnskabeligt præciseres, hvorledes lyset indvirker positivt på mennesker. Den sundhedsmæssige effekt (ikke billeddannende effekt) af lyset er ikke forbundet med det visuelle system (det billeddannende system).

I løbet af 1980'erne kom energiruder på markedet i Danmark. Det var dog først i løbet af 1990'erne, at det blev almindeligt at bruge dem (HB, 2023). Energiruderne betyder, at vinduesarealets bidrag til varmetabet mindskes.

## 5.2.3 Analyse af sammenhæng mellem hændelser og regulering

Energikrisen i 1973 – 74 skabte et krav til at reducere varmetabet i bygninger gennem øget isolering samt reduktion af dør- og vinduesåbninger.

Denne forudsætning for regulering af dagslysindekslet fortsætter i BR95. Under forudsætning af en U-værdi på 1.80 kan vinduesarealet være maksimalt 22 % af bygningens opvarmede etageareal. Er vinduesarealet større end 22% skal man mindske U-værdien med enten mere isolering eller vinduer med lavere U-værdi. Dette afspejler vinduet som en del af varmetabsberegningen. Men lempelsen i forhold til tidligere BR-krav kan ses som en afspejling af bedre isolerende vinduer og energiruden, med coating, som bliver almindelig i løbet af 1990'erne og øgede krav i BR til U-værdien af klimaskærmen.

Publiceringen i 2002 af forskningsresultater om lysfølsomme, ikke-billeddannende ganglionceller (ipRGCs) i øjet, der bl.a. regulerer døgnrytmen, er et endeligt bevis på dagslysets sundhedsmæssige betydning for mennesker. At der i BR 2008 etableres et selvstændigt afsnit om dagslys i kapitlet om indeklima, hvor sundhed og udsyn nævnes, kan ses som en afspejling af denne forskningsmæssige evidens.

Denne dobbelte tilgang til dagslys fortsætter i de efterfølgende reglementer (BR2010 – 2018): Dagslys er dels en del af energirammen for en bygning (dagslys som stråling / varme og dermed behov for køling) og dels som del af det visuelle miljø, der beskrives igennem lysintensitet, lysfordeling og behov for udsyn.

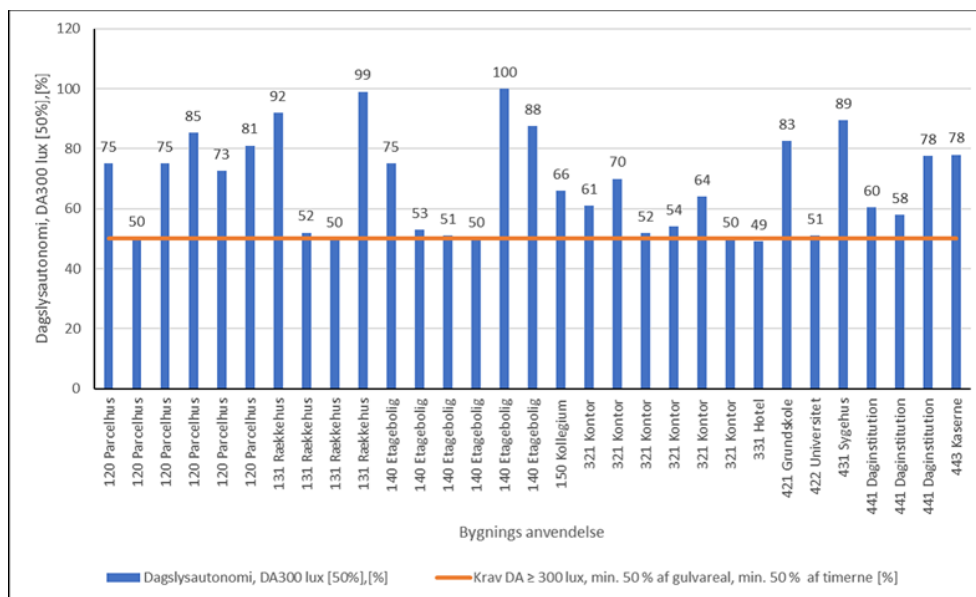
Metoden til at dokumentere tilfredsstillende dagslys ændrer sig i årene fra BR08 til BR18 fra reglen om 10 % af gulvarealet kombineret med dagslysfaktor på min 2%, til i 2018 at bestå at 10% af gulvarealet i kombination af reglen om 300 lux i halvdelen af tiden i halvdelen af rummet.

År	Ændringer i BR krav og vejledninger	Milepæle i vidensudvikling
1995	Det samlede areal af vinduer og yderdøre, herunder ovenlys, glasvægge og lemme mod det fri må højst udgøre 22 pct. af bygningens opvarmede etageareal ved en U-værdi på 1,80 W/m <sup>2</sup> K	
1996		
1997		
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		Forskningsartikel (Berson, 2002) beskriver lyssensitive, ikke billeddannende celler i øjet, samt deres betydning for reguleringen af døgnrytme.
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		
2008	BR08 introducerer selvstændigt afsnit om lysforhold under kapitlet om indeklima. Henvisning til dagslysets sundhedsaspekt og hvordan det kan beskrives. Krav til udsyn. Hensyn til overophedning	
2009		
2010	BR10 Skærper krav til energiforbrug, hensyn til overophedning pga direkte solvarme. Hensyn til dagslys i dybe rum. Fortsat krav til udsyn. Energieffektive og zoneopdelte lyskilder	
2011		
2012		
2013	Beskrivelsen fra BR08 udvides med vejledning til hvordan kravet kan dokumenteres ved beregning. Der kræves nu en DF på 2% i halvdelen af rummet.	
2014		
2015		
2016	BR15 skærper yderligere energirammen. I 2020-klassen skal boligens glasareal være mindst 15% af gulvarealet, dog med effektiv solafskærmning, 2020 klassen ophører med BR18. Vigtigheden af udsynet understreges.	
2017		
2018	Energirammen skærpes yderligere. Opmærksom på betydningen af udsyn og at eventuelle solafskærmninger kan skærme for udsynet. Der angives to metoder til at dokumentere at der er tilstrækkeligt dagslys i et rum: 10% reglen og 300 lux reglen.	
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		
2024		
2025		

FIGUR 31. Tidslinje for visuelt indeklima med ændringer i bygningsreglement i perioden 1995 – 2025 samt vidensudvikling med relevans for visuelt indeklima.

## 5.2.4 Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Det er begrænset med undersøgelser og dokumentation om den faktiske opfyldelse af krav til visuelt indeklima, men i følge BUILD rapport *Evaluering af den frivillige bæredygtigheds-klasse* (Wahedi, 2024) beskrives det, at for 97 % af testprojekterne er kravet om 300 lux i mindst 50 % af tiden for 50 % af gulvarealet overholdt, men en betydelig andel overholder kun lige akkurat kravet, se FIGUR 32. Der synes at være udfordringer med at opfylde dagslys-kravene i tætbebyggede områder, hvilket antyder behovet for at gentænke lokalplaner.



FIGUR 32. Overholdelse af dagslyskrav jf den frivillige bæredygtighedsklasse i en række byggeprojekter (Wahedi 2024)

## 5.2.5 Referencer

- Farbøl, R., Sørensen, A. E., Olesen T.B. Oliekriserne og deres betydning for dansk økonomi, 1973-1991, [https://danmarkshistorien.lex.dk/Oliekriserne\\_og\\_deres\\_betydning\\_for\\_dansk\\_%C3%B8konomi,\\_1973-1991](https://danmarkshistorien.lex.dk/Oliekriserne_og_deres_betydning_for_dansk_%C3%B8konomi,_1973-1991) (hentet d. 13.08.25)
- Mathiasen, N.; Frandsen, A.K.; Grønlund, L., (2022). Daylight Conditions in Housing. Its Role and Priority in Danish Building Regulations. *Architecture, Structure, and Construction*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44150-022-00036-x>
- Berson, D. M., Dunn, F. A., & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295(5557), 1070–1073. <https://doi.org/10.1126/science.1067262>
- Haseebullah Wahedi, Kaare Lind & Kim Haugbølle (2024) *Evaluering af den frivillige bæredygtighedsklasse*. BUILD 2024:06, Aalborg Universitet.
- Håndbogen for energikonsulenter, HB 23, <https://www.hbemo.dk/haandbog-for-energikonsulenter-hb2023/bilag-4-energimaerkning-af-eksisterende-bygninger/47-vejledende-tekniske-bilag-og-tabeller/474-vinduer-og-yderdoere/4742-inddata-for-forskellige-vinduestyper-og-yderdoere> (hentet d. 13.08.25)

## 5.3 Akustisk indeklima

Det akustiske indeklima i rum og bygninger har stor betydning for både sundhed, komfort (velvære) og beskyttelse mod generende støj, jf. indledende § 368 i BR18: Bygninger skal have sundheds- og komfortmæssigt tilfredsstillende lydforhold i forhold til anvendelsen.

Hvilke akustiske forhold, der kan give gode lydforhold, afhænger meget af rummenes og bygningens anvendelser. Derfor er der behov for mange forskellige akustiske metoder og begreber for at dække alle behov. Måle- og vurderingsmetoder, der kan benyttes til at definere grænseværdier, er udviklet i europæiske og internationale komiteer (hhv. CEN og ISO) og publiceret som standarder. Inden for bygningsakustik er de fleste standarder ISO-standarder, som også publiceres som europæiske og nationale standarder. Begreber og standarder relateret direkte til det danske bygningsreglement findes i lydvejledningen (Social- & Byggestyrelsen, 2023) i hhv. afsnit 1.3 og 1.5 i det generelle afsnit 1.

Grænseværdierne for diverse bygningsanvendelser findes i vejledningens afsnit 2-6: Afsnit 2 for boliger og andre bygninger til overnatning, 3 for undervisningsbygninger, 4 for daginstitutionsbygninger, 5 for kontorbyggeri, 6 for hospitaler, lægehuse og klinikker.

### 5.3.1 Kortlægning af regulering

Bygningsreglementet indeholder krav til luftlydisolation, trinlydniveau, efterklangstid, støj fra installationer og fra trafik. Da det bliver for omfattende at gennemgå alle typer krav og udviklingen over tid, fokuseres her primært på lydisolation for boliger (afsnit 2), men med nogle kortfattede beskrivelser af ændringer for undervisningsbygninger (afsnit 3) og daginstitutionsbygninger (afsnit 4) samt for kontorbyggeri (afsnit 5) og hospitalsbyggeri (afsnit 6), hvor både begreber og grænseværdier har ændret sig mest over tid. Til bestemmelse af lydisolation benyttes metode (DS/EN ISO 717-1:2020) og i øvrigt begreber som angivet i (Social- & Byggestyrelsen, 2023).

I sammenhæng med indførelsen af lydkrav, er der også brug for dokumentation og kontrol, hvilket også har ændret sig over tid, se **FIGUR 35**. For dokumentation står bl.a. i (Social- og Boligstyrelsen, 2025):

*”Dokumentation af lydforhold kan ske ved beregning eller måling i den færdige bygning.”*

Den aktuelt gældende stikprøvekontrol er beskrevet i vejledningen (Social- og Boligstyrelsen, 2024).

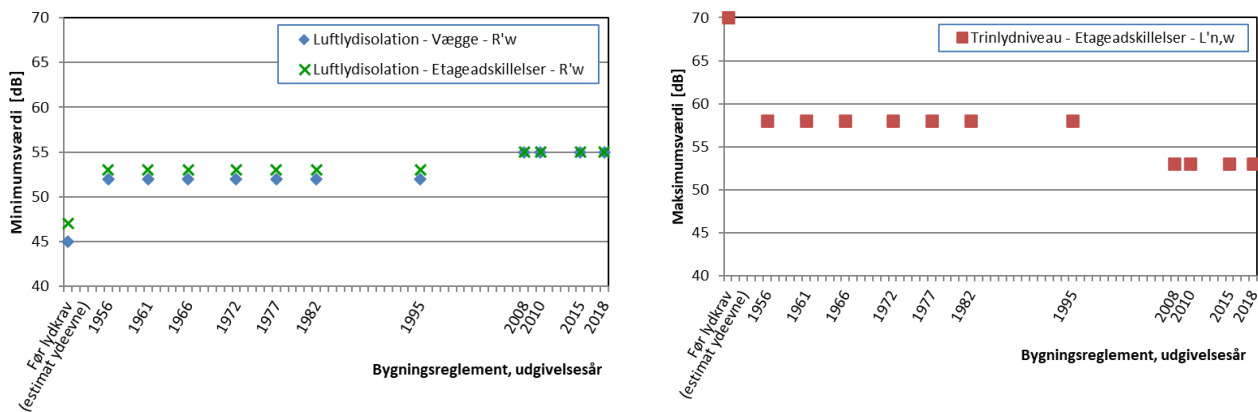
For identificering af relevante bestemmelser i en konkret sag tages udgangspunkt i:

- Generelt om lydforhold, se § 368
- Krav til boliger og andre bygninger til overnatning fremgår af §§ 369-373
- Krav til andre bygninger end boliger fremgår af §§ 374-376.

#### *Boliger*

Udviklingen i lydkrav er beskrevet i (Rasmussen, B. & Rindel, J. H., 1994). Grænseværdierne for etageboliger har været stort set uændrede fra 1956 frem til 2008 (dvs. ca. 50 år), hvor der kom en skærpelse, se (Rasmussen B, Hoffmeyer D., 2015). Bemærk, at værdierne i **FIGUR 33** kun gælder hovedkravene mellem boligerne. Der er mange andre grænseværdier, se BR18 lydvejledning (Social- & Byggestyrelsen, 2023).

Det ses, at indførelsen af lydkrav, især i 1956/1961 giver betydelige forbedringer (såfremt kravene overholdes), men også skærpelserne har betydning for det akustiske indeklima.



FIGUR 33. a) Minimumsværdier luftlydisolation mellem etageboliger, b) Maksimumsværdier trinlydniveau mellem etageboliger. Udvikling af danske bygningsreglements krav (hovedkrav). Note: Grænseværdierne for 1956 gælder kun statsstøttet byggeri. Værdier frem til 1982 er fremkommet ved en tilnærmet omregning til nugældende begreber.

Fra og med BR08 henviser bygningsreglementet til overholdelse af lydklasse C i DS 490:2007 (DS 490:2007) for nye boliger. Lydklassestandarden blev senere (2018) opdateret med to nye lydklasser E og F for også at kunne lydklassificere ældre boliger, men lydklasserne A-D er uændrede. FIGUR 34 inkluderer alle lydklasser A-F (DS 490:2018). Baggrunden for ændringen er beskrevet nærmere i (Rasmussen, B., 2020). Lydklasserne og forventet beboervurdering er vist i FIGUR 34. Det ses, at selv med overholdelse af nugældende lydkrav for nybyggeri er tilfredsheden ikke imponerende.

Lydisolation mellem boliger Hovedkriterier i DS 490:2018			Lydklassebeskrivelser og forventet beboervurdering af lydforhold		
Lyd- klasse	Luftlydisolation	Trinlydniveau	Lydklassebeskrivelser	Gode eller meget gode	Dårlige
A	$R'_w + C_{50-3150} \geq 63$ dB	$L'_{n,w} \leq 43$ dB og $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43$ dB	Specielt gode lydforhold	> 90 %	
B	$R'_w + C_{50-3150} \geq 58$ dB	$L'_{n,w} \leq 48$ dB og $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48$ dB	Tydeligt bedre lydforhold end bygge Lovgivningens minimumskrav	70-85 %	< 10 %
C	$R'_w \geq 55$ dB	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	Svarer til bygge Lovgivningens minimumskrav	50-65 %	< 20 %
D	$R'_w \geq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 58$ dB	Mindre tilfredsstillende lydforhold, beregnet for ældre bygninger	30-45 %	25-40 %
E	$R'_w \geq 45$ dB	$L'_{n,w} \leq 63$ dB	Lydklasse for ældre bygninger med utilfredsstillende lydforhold	10-25 %	45-60 %
F	$R'_w \geq 40$ dB	$L'_{n,w} \leq 68$ dB	Lydklasse for ældre bygninger med meget utilfredsstillende lydforhold	< 5 %	65-80 %

**Note:** Inden for den enkelte lydklasse kan procentdelen af beboere, som er tilfredse eller utilfredse, variere lidt fra det ene akustiske kriterium til det andet. Grupperingen er fortrinsvis baseret på den subjektive vurdering af luftlydisolation mellem boliger og trinlydniveau fra omliggende boliger.

FIGUR 34. Lydklasser A-F for boligbyggeri i henhold til DS 490:2018. Lydkrav til nye boliger findes i klasse C. Forventet procentdel af tilfredse og utilfredse beboere er baseret på information i DS 490

Lydisolutionskravene for nybyggeri gælder også ved anvendelsesændring af bygninger, fx fra hospitaler til boliger, eller ved sammenlægning eller opdeling af boliger samt ved indretning af nye boliger i tagetager og ved en række andre ændringer. Mere information findes i SBI-anvisningerne 237 (Rasmussen, B., Petersen, C.M. & Hoffmeyer, D., 2011) og 243 (Rasmussen, B. & Møller Petersen, C. 2014a). Faders lyd isolation er beskrevet i (Rasmussen, B. & Møller Petersen, C. 2014b).

Bygningsreglementet foreskriver, at kontrolmålinger skal udføres efter (Rasmussen, B., Hoffmeyer, D., Olesen H. S., 2017), men bygningsreglementets kontrolprocedurer og regler har ændret sig markant over tid. Ifølge BR95 og BR08 kan der i byggetilladelsen stilles krav om lyd målinger til dokumentation af overholdelse. – Anvendelsen af denne mulighed varierer dog meget mellem kommunerne, se (Rasmussen, B. & Rindel, J. H., 1994), afsnit 2.4,

Håndteringen af kontrollen forekommer stadig meget varierende. Forholdet er dog ikke undersøgt systematisk på tværs af landet.

BR10 og BR15 giver bygningsmyndighederne samme mulighed for at stille krav om lyd-målinger, men her er rækkehuse mv. undtaget, hvilket ifølge rådgivere er meget uheldigt, da rækkehuse også jævnlige er fejlbehæftede - med alvorlige fejl. Endvidere er antallet af rækkehuse ret stort (ca. 400.000) og bør også inkluderes i bygningsmyndighedernes kontrol.

Fra 2018 udføres kontrol som stikprøver af gennemførte byggesager (10%). Dvs. at en bygningsmyndighed ikke kan vælge at kræve lyd-målinger for et specifikt etageboligbyggeri. Dette forhold ændrer dog ikke ved, at lydkrav skal overholdes. Ifølge reglerne skal dokumentation for overholdelse uploades i forbindelse med ansøgning om ibrugtagningstilladelse og efterfølgende være tilgængelig.

For nybyggeri burde processen være klar nok, men for renovering kan processen være mere kompliceret, da krav enten mangler eller ikke er helt klare. Nyere, beskrevne cases for nybyggeri og renovering viser eksempler, se (Rasmussen, B., & Petersen, C. M., 2024), hvor beboerne i flere tilfælde er overladt til sig selv i årevis med en lyd-isolation langt under kravene og uden håb om løsning, mens der i andre af de beskrevne tilfælde efter nogle år blev foretaget ændringer, der delvist afhjalp generne.

#### *Undervisningsbygninger og daginstitutionbygninger*

Lydkrav til disse typer bygninger er indført drypvis efter mange års indsats og undersøgelser. Eksempelvis blev akustiske problemer konstateret allerede i 1940'erne for klasserum, gymnastiksale og svømmehaller, undersøgelser udført og rapporteret 1950-1955, se (Poul Becher, 1950) og (Nyt skolebyggeri 3, 1958), men bygningsreglements-krav først indført i 1966 (klasserum) og for andre undervisningsrum i 1972. For daginstitutioner blev et krav til efterklangstid i opholdsrum indført i 1982.

Det var først efter systematiske udredninger, se bl.a. (Rasmussen, B., & Rindel, J. H., 1996) fra 1996, at der blev etableret en mere samlet vurdering af de akustiske behov, og i BR08 blev der indført skærpede krav og mange nye krav til lyd-isolation og rumakustik, jf. BR08 vejledningstekst (højre spalte i kap. 6.4) og SBI-anvisning 218 (Hoffmeyer, D., 2008). Siden 2008 har der ikke været ændringer i krav. Fra 2013 indgår kravene i lydvejledninger, se (Hoffmeyer, D. & Rasmussen, B. 2013) fra 2013 og (Rasmussen, B., & Hoffmeyer, D., 2016) fra 2016.

#### *Kontorbyggeri og hospitaler*

Ud over den indledende kravtekst i bygningsreglementet "*Bygninger skal have sundheds- og komfortmæssigt tilfredsstillende lydforhold i forhold til anvendelsen*", har der ikke været specifikke lydkrav til kontorbyggeri og hospitaler, men der er i slutningen af BR08 vejledningstekst angivet følgende: "*For bygninger til andre formål, herunder kontorbyggeri, hospitaler, lægehuse og klinikker, bør der i hvert enkelt tilfælde opstilles projektrelevante lydbestemmelser til opfyldelse af kravene til det akustiske indeklima*".

Senere blev der i bygningsreglementets lydvejledning indført forslag til projekteringsværdier for nogle få grundlæggende akustiske egenskaber for kontorer og sengestuer, se lydvejledninger (Hoffmeyer, D. & Rasmussen, B. 2013) fra 2013 og (Rasmussen, B., & Hoffmeyer, D., 2016) fra 2016.

I januar 2020 blev bygningsreglementets lydvejledning udvidet med nogle ret omfattende forslag i lighed med krav til andre bygninger, se (Social- & Byggestyrelsen, 2023), men stadig kun som *forslag* til projekteringsværdier. Mange rådgivere kæmper i projekter for at definere disse som grænseværdier, men entreprenører, som i nogle projekter udfører detailprojektering, er ikke altid bevidste om disse forslag i BR's vejledning, og/eller ønsker ikke at opfylde grænseværdier, som ikke er krav, men en anbefaling.

Region Midtjylland har udgivet en række design guides for mange rumtyper i hospitalsbyggeri, se (Region Midtjylland, 2025). I store træk svarer lyd-kriterierne til grundværdierne i bygningsreglementets lydvejledning. Budskabet til de projekterende er: "*Følg eller Forklar*".

Denne tilgang kunne med fordel indføres flere steder i bygningsreglementets lydvejledning, hvor grænseværdier er angivet som forslag. Ifølge Region Midtjylland bliver der i regionens hospitalsprojekter fulgt op på, at grænseværdierne overholdes.

År	Ændringer i BR krav og vejledninger	Ændringer i normer og standarder mm
1995	Kommunernes byggemyndigheder kan ifm. byggetilladelse stadigvæk stille krav om lydmålinger til dokumentation af lydkravs overholdelse.	
1996		ISO 717 revideret. Nye begreber, flere frekvensområder og indførelse af frekvenstilpasningstermer, også ned til 50 Hz.
1997		
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		DS 490:2007 Lydklassifikation af boliger.
2008	Lydkrav nu i kap. 6.4. Etageboliger: Lydisolationskravene skærpes til samme krav som for ræk-kehuse: Luftlydisolation $R'w \geq 55$ dB og trinlydniveau $L'_{n,w} \leq 53$ dB. For nybyggeri henvises til overholdelse af DS 490:2007, lydklasse C. Undervisnings- og daginstitutionsbbygninger: Skærpede og nye krav til lydisolation, støjniveauer og rumakustik. Bygninger til andre formål, herunder kontorbyggeri, hospitaler: Der bør opstilles projektrelevante lydbestemmelser. Vedr. kontrolmålingers udførelse henvises til SBI-anvisning 217. I bygge-tilladelsen kan stilles krav om målinger (ikke enfamilie- og sommerhuse). For lydisolation af lette konstruktioner anbefales grænseværdier ned til 50 Hz.	
2009		
2010	Der må ikke længere i byggetilladelsen stilles krav om lydmålinger til kontrol af overholdelse af lydkrav.	
2011		
2012		
2013	<a href="#">Lydvejledning udarbejdet for Energistyrelsen med alle grænseværdier fra BR10, kap. 6.4.</a>	ISO 717 opdateret. Afrundingsregler og vægtning i 0,1 dB step inkluderet. Referencer opdateret.
2014		DS/EN ISO 16283-1 udgivet (erstatte ISO 140-4)
2015		DS/EN ISO 16283-2 udgivet (erstatte ISO 140-7)
2016	<a href="#">Vejledning med lydbestemmelser opdateret.</a>	DS/EN ISO 16283-3 udgivet (erstatte ISO 140-5)
2017	SBI-anvisning 217 revideret, især pga. reviderede målestandarder.	DS/EN ISO 12354, del 1-3 revideret.
2018	Lydkrav nu i kap. 17. Ibrugtagningstilladelse: lyd dokumentation uploades på byggesagen. Kontrol af dokumentation udføres som stikprøver i 10% af byggesager. En-familiehuse, dobbelthuse, rækkehuse mm undtaget.	DS 490 udvidet med to nye lydklasser E og F svarende til lydforhold for boligbyggeri fra før ca. 1960. Lydklasser A-D uændrede.
2019		
2020	<a href="#">BR lydvejledning udvidet med forslag til projekteringsværdier for kontor- og hospitalsbygninger i lighed med krav til andre bygninger.</a>	Teknisk opdatering af ISO 717, bl.a. referencer. Rubberball inkluderet.
2021		
2022		
2023		
2024		
2025		

FIGUR 35. Tidslinje for akustisk indeklima med ændringer i bygningsreglement og i standarder i perioden 1995 – 2025

### 5.3.2 Kortlægning af hændelser og vidensudvikling

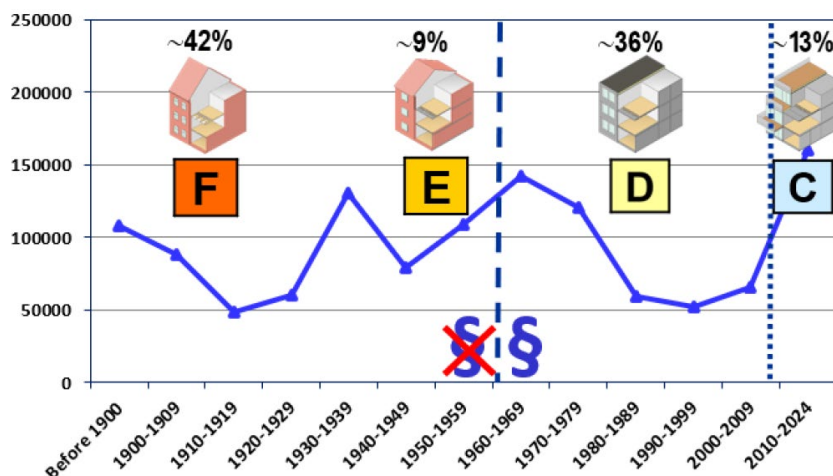
I 2024 viste en gennemgang af nogle udvalgte problemsager, se (Rasmussen, B., & Petersen, C. M., 2024), store overskridelser af bl.a. trinlydniveau. Disse sager gav incitament til at undersøge flere sager i byggesagsarkiver, men i de få undersøgte tilfælde var det ikke umiddelbart muligt i arkiverne at finde dokumentation for lydmålinger.

I BR18 Kap. 17, § 368 stk. 3 samt i dokumentationsvejledningen angives, at *”Dokumentation af lydforhold kan ske ved beregning eller måling i den færdige bygning”*. Beregninger kan dog erfaringsmæssigt aldrig stå alene, da beregningsmetoder og sikkerheder samt

udførelsesfejl hver for sig og samlet set kan give store variationer i resultater. Lydkrav gælder for de færdige bygninger, og feltmålinger er derfor vigtige for at kontrollere overholdelse og ikke mindst at få erkendelse af eventuelle udførelsesfejl.

Der har gennem en årrække været beretninger fra rådgivere om entreprenører, der bevidst omgår regler, og der er konstateret eksempler på nonsens-målerapporter udført af firmaer uden akustisk ekspertise. Beboere prøver ofte forgæves at få udbedret lydisolering i disse sager. Dokumentationen – som også ligger til grund for evt. ibrugtagningstilladelse – burde findes i kommunens sagsarkiv men byggesagsbehandlere har ofte ikke indsigt nok til at gennemskue fejl i målerapporter.

I et projekt afsluttet i 2015, se SBI-rapport 2015:27 (Rasmussen B, Hoffmeyer D., 2015), blev de danske etageboliger kortlagt mht. lydisolering og konstruktionstyper. Efterfølgende blev DS 490 udvidet med to nye lydklasser E og F, se FIGUR 36 og (DS 490:2018), så alle danske etageboliger kan lydmærkes. Yderligere blev der udarbejdet en GOD PRAKSIS vejledning (Rasmussen, B., 2021) med beskrivelse af renoveringsprocessen for etageboliger og renoveringsmuligheder for etageboliger fra forskellige tidsperioder, se FIGUR 37, der viser folderen publiceret i 2021.



FIGUR 36. Antal danske boliger 1900-1924 i etageboligbyggeri angivet efter byggeår. Estimerede lydklasser i henhold til DS 490:2018 er angivet for de enkelte konstruktionstyper. Figur fra (Rasmussen, B., 2025).

Yderligere blev der i samarbejde med SIF/SDU udført supplerende analyse af data fra instituttets sundheds- og sygelighedsundersøgelser (SUSY), som viste bl.a. sammenhæng mellem støj og selvrapporterede sundhedsgener. Disse analyser er publiceret i en række tidskrifts- og konferenceartikler i perioden 2015-2021, se fx (Rasmussen, B. & Ekholm, O., 2015; Jensen, H. AR., Rasmussen, B., & Ekholm, O., 2019; Rasmussen, B., & Ekholm, O., 2019).



FIGUR 37. TV: Hovedprincipper for forbedring af lydisoleringen mellem boliger: Ny lydisolerende forsatsvæg; Nyt lyddæpende gulv; Nyt lydisolerende underloft. TH: En 10-siders folder (Rasmussen, B., 2021) er publiceret med indikationer af konstruktionsløsninger for etageboliger fra forskellige tidsperioder. Detaljerede konstruktionsløsninger findes i SBI-anvisning 243 (Rasmussen, B. & Møller Petersen, C., 2014a).

År	Milepæle i vidensudvikling
1995	Rapport: Lydforhold i boliger - 'State-of-the-art'
1996	Rapport: Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri: Problemstillinger og handlingsmuligheder
1997	Rapport: Lydforhold i bygninger - Lette konstruktioner.
1998	
1999	Rapport: Ajourføring af kravniveauet for lydforhold i etageboligbyggeri. Rapport: Lydkrav for lette konstruktioner
2000	
2001	
2002	
2003	
2004	
2005	
2006	
2007	Udgivelse af DS 490:2007 Lydklassifikation
2008	SBI-anvisning 217 SBI-anvisning 218
2009	COST Action TU0901 påbegyndt: Deltagelse
2010	Tidsskriftsartikler med sammenligning af lydisolationskrav og -begreber i 24 lande.
2011	SBI-anvisning 237 Lydisolering mellem boliger - nybyggeri.
2012	
2013	
2014	SBI-anvisning 243. Lydisolering mellem boliger – eksisterende byggeri SBI-anvisning 244, Lydisolering af klimaskærmen COST Action TU0901 – Building acoustics throughout Europe. Volume 1: Towards a common framework in building acoustics throughout Europe. COST Action TU0901 – Building acoustics throughout Europe. Volume 2: Housing and construction types country by country.
2015	Kortlægning af de danske etageboliger mht. lydisolation og konstruktionstyper
2016	
2017	SBI-anvisning 217 (2. udg.)
2018	Udgivelse af DS 490:2018 Lydklassifikation (med nye lydklasser E og F)
2019	Nabostøj i danske etageboliger – Gener og potentielle helbredseffekter. Sammenligning lydisolationsbegreber anvendt i en lang række lande til BR-krav.
2020	Rapport: Lyttetest for en række lydstimuli (nabostøj)
2021	Avisartikler i Politiken og Jyllands-Posten om lydmærkning. GOD PRAKSIS vejledning med beskrivelse af renoveringsprocessen og renoveringsmuligheder for etageboliger fra forskellige tidsperioder.
2022	Undersøgelse af lydisolationsbegreber
2023	Rapport om lydisolation af trækonstruktioner.
2024	Gennemgang af sager med store overskridelser af lydkrav, bl.a. trinlydniveau.
2025	Tidsskriftsartikler, analyser af >700 FB-kommentarer fra 2021 (Politiken og JP). Artikler/omtale på TV2, DR, aviser mv. (i alt ca. 80 steder/gange). Konferenceartikel om forbedret lydisolation med nye lofter i etageboliger 1917/1937.

FIGUR 38. Milepæle i vidensudvikling for akustisk indeklima i perioden 1995 – 2025

### 5.3.3 Analyse af sammenhæng mellem hændelser og regulering

Datakilder til afsnittet om akustisk indeklime er projektrapporter, SBI-anvisninger, internationale artikler og konferenceartikler samt udsagn fra danske akustikrådgivere og henvendelser fra beboere.

Når bygningsakustiske problemer erkendes ud fra forskningsresultater, rådgivererfaringer og/eller henvendelser udefra, forestår der typisk en langvarig (årelang) indsats fra enkeltpersoner, grupper eller komiteer for at opnå ændringer af lovgivning. Hændelser og erfaringer fra disse har klart en betydning for indførelse af lovkrav, som omvendt efterfølgende må betragtes som sådanne, også af dem, der betragter kravene som uønskede, fordi de kræver en bevidst indsats målrettet overholdelse af kravene.

Samlet set viser udsagn fra rådgivere og henvendelser fra beboere følgende udfordringer i relation til byggeprocessen og overholdelse af lydkrav: (a) Manglende viden; (b) Manglende respekt; (c) Fortrængning; (d) Decideret snyd. Dette peger på nødvendigheden af mere oplysning og kontrol, inklusive mere strømlinede og klare retningslinjer for byggesagsprocessen.

Vedrørende boliger kan citeres fra SBI-anvisningerne 173 og 243 om forbedring af eksisterende boliger: *"Ved fremtidssikring af boliger er det væsentligt i langt højere grad end nu at have fokus på forbedring af lydforholdene, også fordi meromkostningerne ofte er begrænsede, når forbedringerne sker samtidigt med anden renovering, men kan være meget kostbare udført særskilt. Det bør sikres, at renovering af boliger også omfatter stillingtagen til lydforhold, så man ikke efterfølgende står med en stor boligmasse, der forekommer gennemrenoveret, men stadig er akustisk slum."*

Erfaringsudveksling med andre lande om håndtering af lydkrav kan være en vigtig kilde til at imødegå indvendinger fra modstandere af lovkrav og overholdelse af disse. I (Carrascal et. al, 2023) er beskrevet en undersøgelse i spanske regioner af myndighedshåndteringen af kontrol af overholdelse af lydkrav. Som i Danmark varierer fremgangsmåden. En interessant oplysning er, at myndighederne nogle steder har registre over kompetente målefirmaer. Dette er også noget, der diskuteres i Danmark med henblik på at undgå målinger udført af inkompetente personer/firmaer. Der er også i Danmark observeret en række tilfælde, hvor personer/firmaer, der har erfaring i fx energiberegninger eller trykprøvning (blower door test) påtager sig at udføre lydmålinger uden at have viden om lydmålemetoder eller har rådighed over udstyr, der opfylder kravene i målestandarderne. Fx fremsendte en byggesagkyndig (Patrick Munck, 2021) en "nonsens"-målerapport, som var leveret af bygherren efter lang tids pres. Efterfølgende fik vi kendskab til flere rapporter fra samme målefirma, og i et tilfælde var bygherren gået konkurs pga. stærkt vildledende måleresultater. Det pågældende firma udfører tilsyneladende ikke længere lydmålinger.

Lydmålinger bliver også brugt i forbindelse med DGNB-certificering (DGNB, 2025), og dette kunne tænkes at fremme respekten for seriøse målinger. Aarhus Kommune har i årtier været kendt som en kommune, der udfører en seriøs kontrol af lydforhold og af lydmålerapporter. På forespørgsel (Aarhus kommune, 2025) om deres procedure har vi fået oplyst, at de ved vurdering af målerapporter i vid udstrækning følger verifikationsproceduren i DS 490 (DS 490:2018), inkl. om antal målinger i en bebyggelse er tilstrækkeligt i henhold til DS 490. Yderligere er de særligt opmærksomme på kontrol af målerapporter fra firmaer, de ikke kender.

I 1990'erne var der på akustik-området et omfattende nordisk samarbejde i NKB-regi, og det var hensigten at udarbejde en fælles nordisk lydklassestandard. Der forelå et oplæg med fire lydklasser A-D, hvor de to højeste lydklasser A og B inkluderede begreber ned til 50 Hz. Af forskellige grunde, herunder revision af bygningsreglementerne asynkront i de fem lande og ønsket om sammenhæng med nationale lydklasser, indførtes lydklassestandarder nationalt og desværre ikke ens i landene. Imidlertid blev fokus på at inkludere lave frekvenser for lette konstruktioner bevaret, og i en længere årrække har der i lydklasse C været et

krav eller en anbefaling om at inkludere frekvensområdet ned til 50 Hz for denne lydklasse, som var tiltænkt anvendt som bygningsreglementernes lydisolationskrav for boliger. I Danmark blev der udført en række myndigheds-projekter, se (Rasmussen, B. & Rindel, J. H., 1994) samt (Boligministeriet, 1997; By- og Boligministeriet, 1999a; By- og Boligministeriet, 1999b), der mundede ud i en anbefaling, som senere blev inkluderet i bygningsreglementets lydvejledninger, senest i (Social- & Byggestyrelsen, 2023). Overblik over og sammenligning med krav i andre lande findes i (Rasmussen B., 2019) og (Rasmussen, B., 2022). I perioden 2009-2023 var der en europæisk COST Action TU0901, se (Rasmussen B. & Machimbarrena M., 2014 og Rasmussen, B. et al., 2014), hvor der også blev opsamlet erfaringer om lydkrav og typiske konstruktionsfejl. I Danmark og andre lande vil man så vidt muligt gerne anvende beregninger efter [40] som grundlag for dokumentation for overholdelse af lydisolationskrav. Men beregninger kan ikke inkludere udførelsesfejl, og desuden er (DS/EN ISO 12354:2017) kun i begrænset omfang egnet til trækonstruktioner. Lydkrav gælder for den færdige bygning.

I Sverige har der været lydisolationskrav ned til 50 Hz i årtier, men i Finland kun nogle få år. Norge synes nu at være på vej, se (Gjermund V. Holøyen, 2025), og Island har praksis for at følge Norge, I Danmark er der tilbageholdenhed med at offentliggøre måleresultater ned til 50 Hz.

Mange beboere er utilfredse med lydisolationen, og det gælder både ældre etageboligbyggeri og relativt nyt boligbyggeri. I 2021 avisartiklerne kom der mange (> 700) FB-kommentarer til avisartiklerne (Grundtvig A, 2021 og Dalsgaard L, 2021), og disse blev gennemgået og analyseret, se (Şentop Dümen A, Rasmussen B., 2025a; Şentop Dümen A, Rasmussen B., 2025b), der blev fulgt op af en pressemeddelelse fra Ritzau, som resulterede i en lang række omtaler (> 80) i TV, radio, blade, aviser, se fx (Ritzau, 2025),

### 5.3.4 Vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Der findes ikke en samlet viden om, i hvor høj grad lydkrav overholdes. Det formodes/ønskes, at flertallet af nye boliger overholder bygningsreglementets lydkrav. Men omvendt findes mange eksempler på måleresultater, der langt fra overholder kravene, se fx (Rasmussen, B., & Petersen, C. M., 2024), og formodentligt ser vi kun "toppen af isbjerget". Nogle bygherrer mener, at lydmålinger er spild af penge, og at lydkrav er unødvendige. Men brugernes livskvalitet kan forringes betydeligt, når lydforholdene er dårlige. Eksempler på gener findes i fx (Rasmussen, B., 2021).

### 5.3.5 Referencer

- Social- & Byggestyrelsen (2023). Bygningsreglementets vejledning om lydforhold. <http://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Vejledninger>.
- DS/EN ISO 717-1:2020: Akustik - Vurdering af lydisolations i bygninger og af bygningsdele - Del 1: Luftlydisolations. Del 2: Trinlydniveau.
- Social- og Boligstyrelsen (2025). Dokumentation af bygningsreglementets tekniske bestemmelser i forbindelse med færdigmelding af byggeriet. <https://bygningsreglementet.dk/Administrative-bestemmelser/BRV/Dokumentationsvejledning>
- Social- og Boligstyrelsen (2024). Vejledning om byggesagsbehandling efter BR18. [https://www.bygningsreglementet.dk/administrative-bestemmelser/brv/vejledning-om-byggesagsbehandling-efter-br18/8\\_0\\_stikproevekontrol/](https://www.bygningsreglementet.dk/administrative-bestemmelser/brv/vejledning-om-byggesagsbehandling-efter-br18/8_0_stikproevekontrol/).
- Rasmussen, B. & Rindel, J. H. (1994). Lydforhold i boliger - 'State-of-the-art'. Bygge- og Boligstyrelsen, København. <https://vbn.aau.dk/en/publications/lydforhold-i-boliger-state-of-the-art>
- Rasmussen B, Hoffmeyer D.(2015). Lydisolations mellem boliger i etagebyggeri – Kortlægning og forbedringsmuligheder København, SBI Rapport 2015:27. København. <https://vbn.aau.dk/da/publications/lydisolations-mellem-boliger-i-etagebyggeri-kortlaegt-og-forbedringsmuligheder>

- DS 490:2007 Lydklassifikation af boliger. Dansk Standard, København.
- DS 490:2018. Lydklassifikation af boliger. Dansk Standard, København.
- Rasmussen, B. (2020). Encouraging acoustic renovation of housing in Denmark by extending acoustic classification with two lower classes E and F for old housing. In J. Yong Jeon (Ed.), *Proceedings of 2020 International Congress on Noise Control Engineering*, pp 1205-1212: INTER-NOISE 2020 The Korean Society of Noise and Vibration Engineering, Seoul, Korea.
- Rasmussen, B., Petersen, C.M. & Hoffmeyer, D. (2011). Lydisolering mellem boliger - nybyggeri. SBI-anvisning 237. SBI forlag, Aalborg Universitet.
- Rasmussen, B. & Møller Petersen, C. (2014a). SBI-anvisning 243. Lydisolering mellem boliger – eksisterende byggeri. SBI forlag, Aalborg Universitet København.
- Rasmussen, B. & Møller Petersen, C. (2014b). SBI-anvisning 244, "Lydisolering af klimaskærmen". SBI forlag, Aalborg Universitet København.
- Rasmussen, B., Hoffmeyer, D., Olesen H. S. (2017). SBI-anvisning 217 (2. udg.). "Udførelse af bygningsakustiske målinger". Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.
- Rasmussen, B., & Petersen, C. M. (2024). Compliance procedures for sound insulation between dwellings in new housing – Rules according to Danish regulations & Experiences from practice. In T. Lokki (Ed.), *Proceedings of the Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2024* Article 56.
- Poul Becher (1950). Akustisk regulering af gymnastiksale. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI-anvisning 3. Teknisk Forlag, København.
- Nyt skolebyggeri 3 (1958). Lydregulering i klasserum. Undervisningsministeriets Byggeudvalg og Statens Byggeforskningsinstitut, København.
- Rasmussen, B., & Rindel, J. H. (1996). Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri: Problemstillinger og handlingsmuligheder. (Revideret udgave ed.) Bygge- og Boligstyrelsen. <https://vbn.aau.dk/en/publications/lydforhold-i-kontor-daginstitution-og-skolebyggeri-problemstilli>  
Note: Senere vistnok endnu en rapport fra DELTA (nu FORCE) om Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri. Har ikke adgang til den.
- Hoffmeyer, D. (2008). SBI-anvisning 218, 2008. "Lydforhold i undervisnings- og daginstitution-bygninger – Lydbestemmelser og anbefalinger". Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.
- Hoffmeyer, D. (2013) & Rasmussen, B. (2013). Vejledning om lydbestemmelser i Bygningsreglement 2010 (akustisk indeklima). Trafik-og Byggestyrelsen.
- Rasmussen, B., & Hoffmeyer, D. (2016). Vejledning om lydbestemmelser i Bygningsreglement 2015 (akustisk indeklima). Trafik-og Byggestyrelsen.
- Region Midtjylland (2025). Godkendte Designguides. <https://www.rm.dk/om-os/info-til-samarbejdspartnere/byggeri-og-egendomme/designguide-for-hospitalsbyggeri/>.  
Note: Indeholder design guides for en række forskellige hospitalsrum fra 2015 ff.
- Rasmussen, B. (2021). Lydisolering mod nabostøj i etageboligbyggeri - GOD PRAKSIS. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet.
- Rasmussen, B. (2025). Improving sound insulation of old timber floor constructions 1917/1937 in multi-storey housing – Field case study & Perspectives. In *Proceedings of Forum Acusticum 2025: 11th Convention of EAA European Acoustics Association - EAA*. (Accepted/In press. Note: Publicering sept. 2025 med DOI og sidenumre.
- Rasmussen, B. & Ekholm, O. (2015). Neighbour and traffic noise annoyance at home - prevalence and trends among Danish adults. *Proceedings of EuroNoise 2015*, p. 1895-1900. Maastricht.
- Jensen, H. AR., Rasmussen, B., & Ekholm, O. (2019). Neighbour noise annoyance is associated with various mental and physical health symptoms: Results from a nationwide study among individuals living in multi-storey housing. In: *BMC Public Health*. 19:1508. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7893-8>
- Rasmussen, B., & Ekholm, O. (2019). Nabostøj i danske etageboliger – Gener og potentielle helbredseffekter. *Miljø og sundhed*, 25(3), 3-14. <https://vbn.aau.dk/en/publications/nabost%C3%B8j-i-danske-etageboliger-gener-og-potentielle-helbredseffek>

- T. Carrascal, B. Casla-Herguedas, A. Romero-Fernández (2023). Verification of Conformance with Spanish Regulations – Acoustic Sampling. *Proceedings of Forum Acusticum 2023*, pp. 3709-3715. DOI: 10.61782/fa.2023.1159.
- Patrick Munck (2021). Målerapport modtaget byggesagkyndig for ejer af nyt rækkehus. Mail-kommunikation.
- DGNB (2025). DGNB manual for renovering og nybyggeri 2025. <https://rffb.dk/publikationer>
- Aarhus kommune (2025). Kommunikation med Aarhus kommune, byggeteknisk forvaltning, telefonsamtale.
- Boligministeriet (1997). Lydforhold i bygninger - Lette konstruktioner. Udarbejdet af Dan Brøsted Pedersen, DELTA Akustik & Vibration.
- By- og Boligministeriet (1999a). Ajourføring af kravniveauet for lydforhold i etageboligbyggeri. Udarbejdet af Dan Hoffmeyer, DELTA Akustik & Vibration.
- By- og Boligministeriet (1999b). Lydkrav for lette konstruktioner. Udarbejdet af Dan Brøsted Pedersen, DELTA Akustik & Vibration.
- Rasmussen B. (2019) Sound insulation between dwellings – Comparison of national requirements in Europe and interaction with acoustic classification schemes. *Proceedings of ICA 2019, 23rd International Congress on Acoustics*, Sept. 2019, Aachen, Germany. Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA e.V.). <https://doi.org/10.18154/RWTH-CONV-239983>.
- Rasmussen, B. (2022). Acoustic classification of dwellings – A growing diversity of sound insulation descriptors in national schemes in Europe . In *ICA 2022 Proceedings of the 24th International Congress on Acoustics* (pp. 199-206). Article 981 International Commission for Acoustics (ICA).
- Rasmussen B. & Machimbarrena M. (ed.) (2014), COST Action TU0901 – Building acoustics throughout Europe. Volume 1: Towards a common framework in building acoustics throughout Europe. DiScript Preimpresion. <http://www.costtu0901.eu/tu0901-e-books.html>
- Rasmussen, B., Machimbarrena, M., & Fausti, P. (ed.) (2014). COST Action TU0901 – Building acoustics throughout Europe. Volume 2: Housing and construction types country by country. DiScript Preimpresion, S. L. <http://www.costtu0901.eu/tu0901-e-books.html>
- DS/EN ISO 12354:2017 Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms – Part 2: Impact sound insulation between rooms. – Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.
- Fredrik Ljunggren, Christian Simmons (2022). Correlation between sound insulation and occupants' perception – Proposal of alternative single number rating of impact sound, Part III. *Applied Acoustics*, 197: 108955. DOI: 10.1016/j.apacoust.2022.108955
- Gjermund V. Holøyen (2025). Towards an Introduction of Low Frequency Spectrum Adaptation Terms in Norwegian Building Legislation. <https://doi.org/10.71568/dasdaga2025.575>
- Grundtvig A (Journalist). Ekspert foreslår lydmærke, der kan gøre støjproblemer synlige for boligkøbere. *Politiken*, 31. januar 2021.
- Dalsgaard L (Journalist). Nabostøj får danskere til at stresse: Bør vi deklare boliger med lydklasser fra A til F? – Der mangler information om lydforhold ved køb og salg af boliger, mener ekspert. *Jyllands-Posten*, 13. februar 2021.
- Şentop Dümen A, Rasmussen B. (2025a). Neighbour noise in multi-storey housing: Public experiences, attitudes and the need for acoustic labelling to ensure consumer protection. *Build. Acoust.* 2025;32(1):25-49. <https://doi.org/10.1177/1351010X241311800>
- Şentop Dümen A, Rasmussen B. (2025b). Emotions elicited by neighbour noise and coping process: A social media research based on two newspaper articles. *Build. Environ.* (269) 2025,112432. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112432>
- Ritzau (2025). Forsker foreslår en lydmærkeordning på boliger. *Berlingske Tidende* 14. jul 2025. <https://www.berlingske.dk/business/forsker-foreslaar-en-lydmaerkeordning-paa-boliger>

## 5.4 Termisk indeklima

Termisk indeklima i relation til bygningsreglementets krav handler primært om, hvordan rumtemperaturen i bygninger påvirker komforten for brugerne. Reglementet stiller krav til, at temperaturen i opholdsrum skal være tilfredsstillende – både om sommeren og vinteren. Supplerende stiller reglementet også krav om, at brugerne ikke må opleve problemer med træk.

### 5.4.1 Kortlægning af regulering

De væsentligste ændringer i bygningsreglementets krav vedrørende termisk indeklima er præsenteret på en tidslinje i FIGUR 20. I samme figur er også medtaget andre begivenheder, herunder ændringer i beregningsmetoder og standarder.

Der er primært foretaget en systematisk gennemgang af bygningsreglementets kapitel om indeklima. De specifikke krav til overtemperaturer i ældre versioner af bygningsreglementet er dog beskrevet i energikapitlet og er derfor også medtaget. Det termiske indeklima hænger i nogen grad sammen med energikravene, idet solindfald gennem vinduer udgør en væsentlig del af det samlede energibehov. Solindfald påvirker dog også i høj grad det termiske indeklima og kan føre til problemer med overtemperaturer – især ved store vinduesarealer. Ligeledes vil ændringer i ventilationskravene påvirke det termiske indeklima. Ændringer i energi- og ventilationskrav, som indirekte kan påvirke det termiske indeklima, er dog ikke medtaget her.

### 5.4.2 Kortlægning af hændelser og vidensudvikling

Bygningsreglementet har gradvist skærpet kravene til termisk komfort, især med fokus på sommerkomfort. De mest fundamentale ændringer i kravene til det termiske indeklima kom med BR95, hvor der blev indført krav om tilfredsstillende temperaturer i opholdsrum med henvisning til DS 474 (Dansk Standard DS 474:1993). Senere, med BR10, blev der indført et specifikt krav til lavenergibyggeri vedrørende antallet af overtemperaturtimer. Vidensgrundlaget for ændringen i BR10 var især rapporten Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri (Larsen, T.S., 2011) samt omtale i medierne, der beskrev store problemer med indeklimaet – særligt i første generations lavenergibyggeri (Berlingske, 2012).

Dokumentationskravet for antallet af overtemperaturtimer blev videreført i BR15 for standardbyggeri, mens de specifikke krav for lavenergibyggeri udgik. Samtidig blev beregningsprogrammet Be10/Be15 i 2015 opdateret med en forenklet metode til beregning af sommerkomfort, hvilket gør det muligt at identificere eventuelle problemer i et givent byggeri.

År	Ændringer i BR krav og vejledninger	Ændringer i normer og standarder mm
1995	BR95 introducerer krav om sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer i opholdsrum. Henviser til DS 474 for specifikation af termisk indeklima.	
1996		
1997		
1998	Henvisning til SBI-anvisning 189	
1999		
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		Opdatering af DS/EN ISO 7730
2007		
2008	Ny henvisning til DS/EN ISO 7730 - beregning af PMV- og PPD	
2009		
2010	Nyt krav til at el- og luftvarmeanlæg skal udføres med automatisk regulering af varmetilførslen efter varmebehovet i det enkelte rum	
2011	Nyt krav for om dokumentation for antal timer med indetemperatur over 26°C for lavenergi- og bygningsklasse 2020	
2012		
2013		Opdatering af DS 469 til at omfatte luftvarmeanlæg, el-varme og køleanlæg
2014		Beregning (den forenklede metode) af sommerkomfort indføres i Be10. Opdateringen af DRY året. Obligatorisk fra år 2015.
2015		
2016	Nyt generelt krav om dokumentation af overtemperaturtimer Specifikt krav for overtemperaturer for bygningsklasse 2020 udgår BR10's krav om mindste overfladetemperatur på vinduesrammer udgår Præcision af at det er kalenderåret 2010 der skal anvendes ved dokumentation for termisk indeklima i kritisk rum	
2017		Branchevejledning for indeklimaberegninger
2018	Tidligere krav om en maksimal lufthastighed på maks 0,15 m/s ændres til at trækrisikoen skal være mindre end 20 pct. Nyt krav om funktionsafprøvning af varme og køleanlæg	
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		
2024		
2025		

FIGUR 39. Tidslinje for termisk indeklima med ændringer i bygningsreglement og i standarder i perioden 1995 – 2025

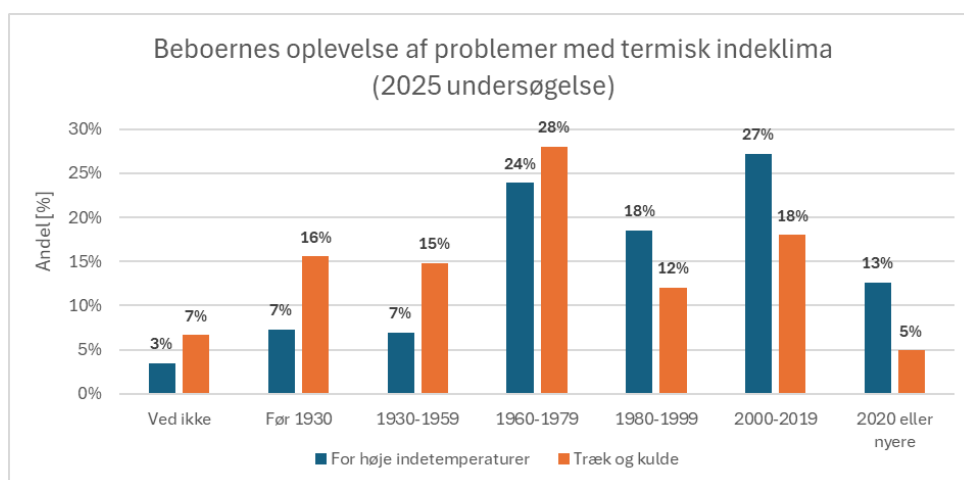
### 5.4.3 Analyse og vurdering af realiseret opfyldelse af krav

Udover de i (Larsen, T.S. 2011) dokumenterede problemer med termisk indeklima i lavenergi-huse er det sparsomt med egentlige undersøgelser.

Udtræk fra Bolius' databank, baseret på cirka 7.000 respondenters oplevelser med det termiske indeklima, viser, at problemer med høje indetemperaturer i boliger bygget i perioden 2000–2020 er blevet markant reduceret i den seneste byggeperiode efter 2020 (Bolius, V., & Realdania., 2025). Se Figur 40 nedenfor.

Denne udvikling kan tolkes som en konsekvens af ændringer i bygningsreglementet vedrørende termisk indeklima samt en øget erfaring i byggebranchen med, hvordan sådanne

problemer undgås i dag. Samtidig ses trækgener at være faldet til et meget lavt niveau i byggerier opført efter 2020.



Figur 40 Udtræk fra Bolius' databank [7] baseret på ca. 7000 respondents svar i 2025 om oplevet indeklima herunder problemer med for høje indetemperaturer og trækgener i boliger.

### Referencer

Dansk Standard DS 474:1993 (rettet 2017): Norm for specifikation af termisk indeklima. 2017.

Larsen, T.S. Vurdering af indeklimate i hidtidigt lavenergibyggeri. Med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri 2011. <https://vbn.aau.dk/da/publications/vurdering-af-indeklimate-i-hidtidigt-lavenergibyggeri-med-henblik>

Statens Byggeforskningsinstitut Be10: Program til energibehovsberegninger for bygninger. 2006 Available online: <https://www.sbi.dk>.

Vorre, M.H.; Wagner, M.H.; Maagaard, S.; Noyé, P.; Lyng, N.L.; Mortensen, L.H. Branchevejledning for indeklimateberegninger. 2017.

Dansk Standard DS/EN ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 2005.

Dansk Standard DS 469: Varmeanlæg med vand som varmebærende medium. 2013.

Bolius, V., & Realdania. (2025). Danskerne i det byggede miljø - Databank. <https://www.bolius.dk/databanken/dibm>

8. Artikel i Berlingske i maj 2012: <https://www.berlingske.dk/bolig/daarligt-indeklimate-i-lav-energiboliger-kan-undgaas>



# KONKLUSION

## 6 KONKLUSION

Bygningsreglement med dets henvisninger til normer og standarder har til formål at sikre at bygninger yder tilfredsstillende tryghed i brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende. Historisk har reguleringen bevæget sig væk fra detailkrav til beskrivelser af ydeevnekrav, også omtalt som funktionskrav, hvor der ikke stilles målbare krav eller krav om bestemte løsninger, materialer eller konstruktionsopbygninger, men krav til den ydeevne eller funktion, som skal være opfyldt. Dette giver plads til fortolkning og stiller krav til både viden om konkrete løsninger, der opfylder bygningsreglementets bestemmelser og nødvendig/tilstrækkelig dokumentation af, at funktionskrav er opfyldt.

Den nærværende kortlægning af perioden 1995 – 2025 har vist at

- Krav som regel er strammet, eller gjort mere målbart eller konkret fx for radon
- Enkelte krav er lempet, fx for bæreevne af konstruktioner (bortset fra snelasten) og ventilation
- Markante hændelser og milepæle i viden har i høj grad påvirket reguleringen
- Der er som regel kommet øget krav til dokumentation og kontrol, men på nogle områder, fx for skimmel, er disse krav nødvendigvis hverken defineret, beskrevet eller kontrolleret
- Øget krav til dokumentation og kontrol af dokumentation på konstruktions- og brandområdet har reduceret antal af alvorlige fejl som potentielt kunne lede til en alvorlig hændelse, og her spiller også vejledninger og oplysningskampagner en positiv rolle
- Øget krav til dokumentation formodes at stille større krav til ekspertise for de projekterende
- Oplysningskampagner og bedre vejledning har virket på en række områder som ventilation, radon, asbest og termisk indeklima
- Der mangler systematisk opsamling og registrering af opfyldelse af reguleringens krav, bortset fra vedrørende brandhændelser
- Det er meget sparsomt med dokumentation for, om byggeri lever op til det opstillede kravniveau, bortset fra på konstruktions- og brandområdet.
- Det kan ikke påvises at byggeri på de undersøgte felter lever op til det opstillede kravniveau (pga. sparsom dokumentation): Nogle byggerier lever op til kravene, og for nogle byggerier findes dokumentation for denne - tilmed kontrolleret af certificerede statikere og brandrådgivere.

Helt overordnet kan det konkluderes, at indsatsen mod at sikre en balance mellem hensyn til sikkerhed, sundhed, klima og økonomi i høj grad skal fokusere på, *hvordan* krav opfyldes og dokumenteres, og i nogle tilfælde kontrolleres, især via bedre vejledning. Betydningen af ekspertise om, hvordan krav skal overholdes og dokumenteres, forventes at stige, da nye materialer og beregningsmetoder sammen med usikkerheden om de kommende klimaændringer rummer nye risici

### 6.1 Refleksioner og anbefalinger

Arbejdet med den nærværende kortlægning og analyse har affødt en række refleksioner og anbefalinger, som skønnes relevante for det videre arbejde med et helhedsorienteret

bygningsreglement og generelt for sikkert, sundt og holdbart byggeri. Listen er hverken systematisk eller udtømmende, og er præget af arbejdsgruppens ekspertise og holdninger.

Den nærværende kortlægning har vist at det er meget sparsomt om end ikke-eksisterende med systematisk registrering af såvel hændelser som dokumentation for om byggeri i Danmark lever op til bygningsreglementets bestemmelser. De data der eksisterer, er registreret i lukkede systemer, for eksempel hos forsikringselskaberne, eller de registreres på en måde, at data i praksis ikke kan trækkes ud.

Dokumentation for overholdelse af bygningsreglementets bestemmelser forventes at fremgå bl.a. af sluterklæringen i en byggesag. Det samme gælder for oplysninger om forhold som kollaps, påbud og fejl i statiske beregninger fundet ved kontrol. Byggesager opbevares i kommunernes arkiver, men disse oplysninger er ikke søgbare på tværs af adresser, men kan dog fremskaffes til belysning af en sag, som i forvejen er identificeret. En undtagelse er Byggeskadefondens eftersynsregistre, som den nærværende kortlægning har fået adgang til. Beredskabsstyrelsen fører register over redningsberedskabets indberetninger af udrykningsaktiviteter, primært i forbindelse med brandhændelser, men her registreres som regel ikke data som kan bruges til at afklare årsag til hændelsen.

Aktivering af bl.a. denne allerede eksisterende dokumentation i en dybdegående analyse ville kunne give bedre grundlag til at bestemme den faktiske opfyldelse af kravniveauet i reguleringen samt kunne forstå årsag til hvorfor dette ikke sker. Datagrundlaget kunne yderligere styrkes, hvis man kunne få data fra certificerede og anerkendte statikeres virke, hvor der påvises hændelser, som vedrører en stor del af byggeriet, og hvor der i hørere grad er eksempler på de mere komplekse byggerier, anvendelse nye materialer samt anvendelsen nye og komplekse værktøjer til statiske beregninger.

Der er fra 2017 indført krav om funktionsafprøvning af ventilationsanlæg før færdigmelding. Det bør overvejes at tilvejebringe systematisk dokumentation for effekten af funktionsafprøvning og i hvor høj grad et vedvarende tilfredsstillende indeklima forekommer i nye bygninger i dag.

Siden 2010 er der i vejledningen til BR henvist til en vejledning om hvordan fugt bør håndteres i byggeprojekter vha. en fugtstrategi. En gennemført fugtstrategi, som også indebærer dokumentation og kontrol, og involvering af en fugtsagkyndig, sikrer at der ved projektering, materialevalg og udførelse opnås en bygning, hvor fugtbelastning er minimeret og dermed også risiko for skimmelvækst. Set især i lyset af klimaændringer samt introduktion af nye byggematerialer og løsninger – herunder med mere sårbare biogene materialer – bør fugtstrategien gøres til en naturlig del af byggeprojekter og indføre mere konkrete krav om dokumentation og kontrol af fugtniveauet i materialer, konstruktioner og bygninger, herunder metodebeskrivelse for dokumentation og brug af fugtsagkyndige. Det bør overvejes at gøre det obligatorisk at bruge en certificeret fugtsagkyndig i komplicerede byggesager. Der bør endvidere fastsættes en metode til bestemmelse af grænseværdier for et acceptabelt fugtniveau for (nye) materialer, som afhænger af materialers sårbarhed for fugt og skimmel.

Akustiske feltmålinger er vigtige for at kontrollere overholdelse af lydkrav og ikke mindst at få erkendelse af eventuelle udførelsesfejl, men målerapporter er ofte ufuldstændige eller fejlbehæftede pga. manglende viden/respekt omkring begreber, krav og målemetoder og krav til rapportindhold. Dette peger på nødvendigheden af mere oplysning om for eksempel strukturen i lydmålerapporter men også kontrol, inklusive mere strømlinede og klare retningslinjer for byggesagsprocessen, inkludering af rækkehuse og at stikprøven øges betydeligt fra de nuværende 10%. Et vigtigt skridt ville også være en tydelig adgang til dokumentation i en byggesag som separate dokumenter med tydelig navngivning samt vejledning til byggemyndighederne om kontrol af lydmålerapporter. Især i forbindelse med renovering er det afgørende at have viden om de aktuelle konstruktionsdetaljer, og her spiller korrekt udførte lydmålinger en vigtig rolle.



Denne rapport kortlægger, hvordan reguleringen inden for de tekniske bestemmelser om sikkerhed og sundhed har udviklet sig i 1995 – 2025 og undersøger om der er en sammenhæng mellem reguleringens udvikling og hændelser inden for brand, konstruktioner og sundhed samt milepæle i vidensudvikling i de enkelte fagområder. Der er også set på i hvilken grad krav i reguleringen er realiseret i byggeriet – forskellen mellem formel og realiseret opfyldelse af krav.