

11 Energiforbrug (§ 250 - § 298)

Vejledning om funktionsafprøvning

1.0 Indledning

D. 1. juli 2017 indførte der krav i bygningsreglementet om, at der skal foretages funktionsafprøvning af en række bygningsinstallationer inden ibrugtagning af bygningen. De bygningsinstallationer som funktionsafprøvningsne omfatter er:

- Ventilationsanlæg
- Varme og køleanlæg
- Belysningsanlæg
- Elevatorer

De nye krav er en styrkelse af de allerede eksisterende krav til eftervisning af installationers ydeevne i de gældende standarder for ventilation, varme- og køleanlæg, belysning og elevatorer.

Bygningsreglementets krav gælder ved nybyggeri, men også for eksisterende byggeri, hvor der udføres ændringer, der har betydning for bygningsreglementets bestemmelser. Det er for eksempel når der installeres en ny bygningsinstallation, der ikke tidligere har været i bygningen. For eksempel et byggeri, der har været ventileret med naturlig ventilation, og som renoveres ved at få installeret et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ligeledes gælder kravene om funktionsafprøvning ved udskiftning af eksisterende installationer med nye tilsvarende installationer.

Dokumentation for resultatet af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen, og opfyldelse af kravene er en forudsætning for, at bygningen må tages i brug.

Denne vejledning er en hjælp til at forstå, hvad funktionsafprøvningsne omhandler og hvilke målinger, der normalt skal udføres for at eftervise, at kravene er opfyldt. Vejledningen omhandler ikke beskrivelse af specifikke krav til målemetoder og måleudstyr. Vejledningen henvender sig til alt byggeri uanset størrelse eller formål.

I bygninger med et centralt system til styring af bygningen, vil det normalt være nødvendigt at gennemføre en afprøvning af det centrale system for at sikre, at den overordnede styring af bygningens tekniske anlæg fungerer i samarbejde med hinanden. Hvis bygningens centrale system til styring er verificeret ved brug af eksternt kalibrerede instrumenter, kan målinger herfra anvendes i forbindelse med funktionsafprøvningsne.

Kravene til funktionsafprøvning i bygningsreglementet og i denne vejledning, er ikke nødvendigvis nok til at sikre, at en bygning fungerer efter hensigten og efter de projektspecifikke forudsætninger. I en bygning med tekniske anlæg, der er afgørende for opretholdelse af in-deklimaet og opfyldelse af energibehovsberegningen, kan det være hensigtsmæssigt at funktionsafprøve disse tekniske anlæg. Det kunne for eksempel være automatisk solafskærmning.

Værdierne, der påvises i forbindelse med en funktionsafprøvning, skal mindst være i overensstemmelse med den endelige energibehovsberegning, samt øvrige krav i bygningsreglementet. Det betyder, at hvis funktionsafprøvningen påviser, at projekteringsværdierne i Be15 ikke kan overholdes, skal energibehovsberegningen

opdateres med de værdier, der er målt i funktionsafprøvningen.

1.1 Sammenhæng med lignende ordninger

Hvis man følger Bygningsstyrelsens performancetestparadigme, vil man normalt også overholde bygningsreglementets krav til funktionsafprøvninger. Funktionsafprøvninger i bygningsreglementet og Bygningsstyrelsens performancetest er dog ikke det samme. Funktionsafprøvninger i henhold til bygningsreglementet er kun de tekniske afprøvninger af, om bygningsreglementets krav er overholdt. Bygningsstyrelsens performancetestparadigme indeholder også afprøvninger af de tekniske anlæg, men er væsentligt mere end kun afprøvninger. Paradigmet indeholder også elementer, der indgår i aftaler med rådgivere og entreprenører og afleveringsforretningen i henhold til AB92 og ABT93. Endelig indeholder Bygningsstyrelsens performancetest også en mulighed for at stille afprøvningskrav til anlæg, der ikke er omfattet af bygningsreglementets krav. Performancetest egner sig til større og installationstunge byggerier, og performancetest skal gennemføres og dokumenteres ved hjælp af bygningernes styringssystemer (CTS) inden juridisk aflevering.

Bygningsstyrelsens materiale om performancetest kan downloades fra: www.bygst.dk/viden-om/performancetest

Ligeledes findes der materiale om udførelse af funktionsafprøvninger udarbejdet af Videncenter for Energibesparelser i Bygninger. Materialet kan downloades fra: www.byggeriogenergi.dk/soeg/?q=funktionsafprøvning

1.2 Hvem kan udføre funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til hvem, der udfører en funktionsafprøvning. Det anbefales dog, at der anvendes en uvildig tredjepart uden tilknytning til bygherre eller udførende entreprenører. Det anbefales desuden, at udførelsen af funktionsafprøvningen foretages af en uddannet fagperson med relevant måleteknisk viden og erfaring.

Desuden skal bemærkes, at det altid er bygningsejerens ansvar, at bygningsreglementets krav er overholdt.

1.3 Brug af eksternt måleudstyr og målemetoder

I tilfælde hvor der til funktionsafprøvninger anvendes eksternt måleudstyr, skal måleudstyret være retvisende og kalibreret. Målemetoder udføres efter gældende standarder, så vidt det er muligt.

1.4 Baggrund

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen indførte pr. 1. juli 2017 krav i bygningsreglementet om funktionsafprøvning af installationer.

Baggrunden for kravet er, at nybyggerier og større renoveringer ofte bliver afleveret med alvorlige fejl i de tekniske installationer. Dette kan føre til et forringet indeklima og et energiforbrug, der ligger væsentligt højere end forventet. Funktionsafprøvningen skal eftervise, om de antagelser, der blev anvendt ved projekteringen af byggeriet og er anvendt i byggeansøgningen som grundlag for byggetilladelsen, er overholdt.

Version

Dette er version 2, dateret 1. januar 2018. Vejledningen er opdateret som følge af udstedelse af BR18. De eneste ændringer er opdatering af henvisninger til BR18.

2.0 Ventilationsanlæg

Der skal gennemføres funktionsafprøvning af ventilationsanlæg før af-levering. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Luftmængder (nominel luftstrøm)
- Specifikt elforbrug til lufttransport (SEL-værdi)

samt at eventuel behovsstyring fungerer efter hensigten.

Ifølge bygningsreglementet §421, skal ventilationsanlæg projekteres, udføres, indreguleres og afleveres som anvist i DS 447, *Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer*.

Vejledning om funktionsafprøvning af ventilationsanlæg er derfor baseret på kravene i DS 447.

2.1 Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af ventilationsanlæg omfatter:

- DS 447, Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer
- DS/EN 12599, Ventilation i bygninger – Prøvningsprocedurer og målemetoder ved aflevering af installerede aircondition- og ventilationssystemer
- DS/EN 14134, Ventilation til bygninger – Ydeevneprøvning og installationskontrol af systemer til boligventilation.
- DS 469, Varme- og køleanlæg i bygninger



DS

DS
447
Ventilation
i
bygninger
-
Mekaniske,
naturlige
og
hybride
ventilationssyste

Beskrivelse

Denne standard specificerer krav til ventilation og ventilationssystemer i bygninger, herunder boliger, beregnet til menneskeligt ophold.

Standarden gælder for mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer, der monteres fast i bygninger, og som har til hovedformål, at holde én eller flere parametre inden for nærmere specificerede grænser.

Standarden gælder ikke for ventilationssystemer, hvis hovedformål er at fjerne forureninger frembragt ved industrielle, landbrugstekniske eller industrilignende processer, men den gælder for ventilationssystemer, som skal skaffe den nødvendige erstatningsluft.

Standarden dækker ikke de brandtekniske krav til ventilationssystemer; der henvises til DS 428, Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg når det gælder mekaniske ventilationssystemer og bygningsreglementet når det gælder naturlige ventilationssystemer.

Standarden findes i [Dansk Standards Webshop.ds.dk](http://DanskStandardsWebshop.ds.dk) her >

DS/EN

DS/EN
12599
Ventilation
i
bygninger
-
Prøvningsproce-
og
målemetoder
ved
aflevering
af
installerede
aircondition-
og
ventilationssyste

Beskrivelse

Denne europæiske standard angiver check, prøvningsmetoder og måleinstrumenter til verificering af egnetheden af installerede systemer delvist udført primært før, under og efter overdragelse.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

DS/EN

DS/EN
14134
Ventilation
til
bygninger
-
Ydeevneprøvnin
og
installationskont
af
systemer
til
boligventilation

Beskrivelse

Denne europæiske standard specificerer kontrol og prøvningsmetoder til eftervisning af egnethed af installerede ventilationssystemer i boliger. Standarden kan anvendes ved indkøring af nye systemer og prøvning af ydeevne af eksisterende systemer.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

DS

DS
469
Varme-
og
køleanlæg
i
bygninger

Beskrivelse

Denne standard opstiller krav til varme- og køleanlæg. Kravene tilsigter, at der opnås et forsvarligt teknisk kvalitetsniveau, samt at det ønskede termiske indeklima kan opretholdes med mindst muligt energiforbrug.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

2.2 Luftmængder (nominel luftstrøm)

Kravet til ventilation af bygninger til beboelse er beskrevet i bygningsreglementet, §§443-446. Her fremgår det at:

- I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en udelufttilførsel på mindst 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal.
- Køkkener skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepladerne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have

tilstrækkelig effektivitet til at opfange fugt og luftformige forureninger fra madlavningen. Udsugningen skal kunne forøges til mindst 20 l/s.

- Udsugningen i baderum, wc-rum, bryggers og lignende rum skal kunne forøges mindst til følgende niveau:
- Fra baderum og WC-rum: 15 l/s
- Særskilt WC-rum, bryggers og fra kælder: 10 l/s
- Der kan benyttes behovstyret ventilation under forudsætning af, at udelufttilførslen herved ikke bliver lavere end 0,3 l/s pr. m².
- I enfamiliehuse kan der anvendes naturlig ventilation, som fungerer ved, at luft tilføres via ventiler i ydervægge og fjernes via den naturlige opdrift gennem aftrækskanaler fra køkken og bad/wc over tag.

For andre bygninger end boliger stiller bygningsreglementet følgende krav til luftmængder, jf. §§447-449.

- I daginstitutioner skal ventilationsanlægget yde mindst 3 l/s pr. barn og mindst 5 l/s pr. voksen samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. Hvis der benyttes ventilationsanlæg med behovstyret ventilation, kan der afviges fra de angivne luftmængder, når der er reduceret behov. Dog må ventilationen i brugstiden ikke være mindre end 0,35 l/s pr. m² etageareal, og CO₂-koncentrationen må ikke overstige 1000 ppm ved de dimensionerende forhold.
- I undervisningsrum i skoler og lignende skal ventilationsanlægget i normalklasserum yde mindst 5 l/s pr. person samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. Hvis der benyttes ventilationsanlæg med behovstyret ventilation, kan der afviges fra de angivne luftmængder, når der er reduceret behov. Dog må ventilationen i brugstiden ikke være mindre end 0,35 l/s pr. m² etageareal og CO₂-koncentrationen må ikke overstige 1000 ppm ved de dimensionerende forhold.
- Ved benyttelse af særlige byggetekniske tiltag, som for eksempel større rumvolumener pr. person, brug af flere udluftningsmuligheder, herunder muligheder for tværv ventilation, kan kravet om mekanisk ventilation fraviges under forudsætning af, at der kan opretholdes et sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima.
- I andre bygninger end de tidligere nævnte, fx kontor- og erhvervsbygninger, skal der fastlægges et dimensionerende ventilationsbehov for hvert rum i bygningen. Luftmængder forudsat i dimensioneringen skal eftervises af funktionsafprøvningen.

Formål med funktionsafprøvning af luftmængder

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at ventilationsanlægget i praksis yder de ventilationsmængder, der anvendes i energibehovsberegningen, der dokumenterer, at bygningen overholder bygningsreglementets energikrav, jf. kapitel 11, Energiforbrug og kravene til indeklima i bygningsreglementet.

I andre bygninger end de tidligere nævnte, fx kontor- og erhvervsbygninger, skal der fastlægges et dimensionerende ventilationsbehov for hvert rum i bygningen. De dimensionerende volumenstrømme skal eftervises af funktionsafprøvningen.

For bygninger anvendt til bolig skal det desuden eftervises, at ventilationsanlægget opfylder kravet i bygningsreglement om en udelufttilførelse på mindst 0,3 l/s pr. m².

For enfamiliehuse med naturlig ventilation skal afprøvningen sikre, at arealkravene for tilførelse og fjernelse af luft er opfyldt. Bygningsreglementet indeholder en vejledning til hvad der normalt er tilstrækkeligt. Denne kan ses i bygningsreglementets vejledningstekst.

Definition af luftmængde (nominel luftstrøm)

Luftmængden er den luftstrøm, der er projekteret ved en referencetil-stand jf. DS 447 kap. 3.25.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne måle luftmængder i ventilationsanlæg skal følgende forudsætninger være opfyldt, inden afprøvningen udføres:

- Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS 447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2.
- Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447, kap. 6.3.2.
- Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447 6.3.3.
- Hvis der installeres lufthastighedsfølere, skal disse opfylde kravene jf. DS 447, kap 6.2.13.
- Hvis der anvendes varmegenvinding med væske, er væskemængderne indreguleret i henhold til DS 469, kap. 14.7, Indregulering, og 16.1, Kontrol af indregulering.
- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold.

Målepunkter

Ifølge DS 447, kap. 6.2.14, skal ventilationsanlæg være forsynet med fastmonterede udtag til måling af hovedluftstrømme eller have mulighed for aflæsning af hovedluftstrømme på betjeningspanel. Hovedluftstrømmen kan også måles som summen gennem hvert enkelt armatur.

Ved naturlig ventilation i énfamiliehuse foretages en kontrol af om ventilationsåbningernes arealer i hvert enkelt rum opfylder kravene.

Acceptkriterium

Målingen skal eftervise, at de projekterede luftstrømme, udført på baggrund af bygningsreglementets krav, er opfyldt.

Funktionsafprøvning kan accepteres, hvis de målte nominelle luftstrømme har en afvigelse, der er mindre end tolerancerne vist i tabel 1.

Tabel 1. Tolerancer inkl. måleusikkerhed for de luftstrømme der skal leveres af ventilationsanlægget jf. DS 447 kap. 6.1.3.

Luftstrømme gennem armaturer	Samlet luftstrøm til rummet	Hovedluftstrøm fra/til aggregat
± 15 %	± 10 %	± 8 %

I enfamiliehuse med naturlig ventilation er kravet opfyldt, hvis åbningsarealer til udeluftventiler og aftrækskanaler samt kravet om emhætte med udsugning over kogepladerne er opfyldt jf. Bygningsreglementets vejledning om ventilation.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusion af funktionsafprøvningen
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning.

2.3 Behovsstyring

Behovsstyring af ventilationen kan medvirke til at reducere bygningens energiforbrug ved at undgå unødigt ventilation. I boliger må udelufttilførelsen dog på intet tidspunkt være mindre end 0,3 l/s pr. m².

Formål med funktionsafprøvningen af behovsstyring

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at behovsstyringen fungerer efter hensigten og som forudsat i dimensionering af anlægget og den forudsætning med hensyn til behovsstyring af ventilationen, der anvendes i energibehovsberegningen, der dokumenterer, at bygningen overholder bygningsreglementets energikrav, jf. kapitel 11, Energiforbrug.

Definition af behovsstyring

Behovsstyring skal sikre, at der altid ventileres således, at der opnås en energibesparelse samtidig med, at et sundt indeklima kan opretholdes, og at ventilationsraten kan reguleres i forhold til belastningen af rummet eller bygningen.

De typiske anvendte metoder for behovsstyring af ventilationen er ved automatisk styring efter for eksempel:

- Timere
- Indetemperatur
- Fugtfølere
- CO₂-følere
- Tilstedeværelsesfølere (PIR).

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets behovsstyring skal følgende normalt være opfyldt:

- Der er udført en tæthedsprøvning af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2.3.
- Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luft-strømme, jf. DS 447, kap. 6.3.2.
- Der er installeret følere anvendt til behovsstyringen, der opfylder kravene jf. DS 447, kap 6.2.13.
- Der er indhentet dokumentation for indreguleringen af ventilationsanlægget inklusive drifts- og vedligeholdelsesvejledning.
- Bygningens varme- og køleanlæg er indreguleret og i drift.

- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold.

Målepunkter

Den eller de parametre, der ligger til grund for behovsstyringen, indgår som målepunkt og logges ved afprøvningen, men ved brug af eksternt kalibreret måleudstyr.

Effektøptag og omdrejningstal for ventilatormotorer kan fx logges for at eftervise, hvordan overskridelse af sætninger påvirker behovsstyringen. Måleperioden skal strække sig over en periode, der dækker de forskellige driftssituationer bedst muligt.

Ved afprøvning af behovsstyringer, der styres efter CO₂- og fugtniveau, er det hensigtsmæssigt at afprøvningen fremprovokerer, at sætningen for disse parametre overskrides for at påvise, at styringen reagerer efter de indstillede sætningens værdier. Eftervisningen kan også ske ved at ændre sætningen.

Acceptkriterium

Testens resultat accepteres, hvis det konstateres, at:

- Indblæsningstemperaturen reguleres i henhold til funktionsbeskrivelsen og kravene i BR, og det eftervises, at der er overensstemmelse mellem målte værdier og dokumentationen for ventilationsanlæggets indreguleringsrapport.
- Luftmængderne ændres i henhold til funktionsbeskrivelsen og kravene i BR, og det eftervises, at der er overensstemmelse mellem målte værdier og dokumentationen for ventilationsanlæggets indreguleringsrapport.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusionen af funktionsafprøvningen
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning

2.4 Specifikt elforbrug til lufttransport (SEL-Værdi)

Formål med funktionsafprøvning af SEL-værdi

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at ventilationsanlæggets elforbrug, SEL-værdi, i praksis mindst svarer til den forudsætning, der anvendes i energibehovsberegningen, der dokumenterer, at bygningen overholder bygningsreglementets energikrav, jf. *kapitel 11, Energiforbrug*.

Det skal desuden eftervises, at ventilationsanlæggets SEL-værdi opfylder bygningsreglementets energikrav til ventilationsanlæg, jf. §§436-438. Kravet til SEL-værdien fremgår af tabel 2.

Definition af SEL-værdien

SEL-værdien er defineret som effektbehovet til ventilatormotorerne inklusive reguleringsudstyr, P , divideret med den transporterede volumenstrøm, q_v , jf. DS 447, kap. 6.1.4.2.

For anlæg med varmegenvinding er det summen af effektbehovet til tillufts-ventilatorer og fraluftsventilatorer, $P_{\text{tilluft}} + P_{\text{fraluft}}$.

SEL-værdien har enheden J/m^3 og beregnes for ventilationsanlæg med varmegenvinding som:

$$\text{SEL-værdi} = (\square_{\square\square\square\square\square\square} + \square_{\square\square\square\square\square\square}) / \square_{\square}$$

hvor:

P Optagen el-effekt [W]

q_v : Luftmængde [m^3/s]

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne eftervise ventilationsanlæggets SEL-værdi skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:

- Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS 447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2.
- Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447 kap. 6.3.2.
- Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv, og eventuelt filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447, kap. 6.3.3.
- Hvis der installeres lufthastighedsfølere, skal disse opfylde kravene jf. DS 447, kap 6.2.13.
- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold.

Målepunkter

Følgende målepunkter kan indgå ved eftervisning af et ventilationsanlæggs SEL-værdi:

- Luftmængde målt via differensterikmålinger over for eksempel ventilatorers indløbsringe
- El-effekt til ventilatorer målt via el-bimålere (inkl. frekvensomformere).

Det nødvendige luftskifteniveau under måleperioden (svarende til volumenstrømmene i anlægget) fastlægges ud fra anlægstypen og bygningsanvendelsen, se tabel 2.

Målingerne foretages ved at logge optaget el-effekt og volumenstrøm. SEL-værdien beregnes for hver enkelt logning. Resultatet beregnes som den gennemsnitlige SEL-værdi for hele måleperioden.

Tabel 2. Luftskifteniveau (volumenstrøm) og krav ved måling af et ventilationsanlæggs SEL-værdi.

	Målingen foretages ved	Krav til SEL-værdi [J/m^3]
		BR18
Ventilationsanlæg til andre bygninger end boliger		
med konstant lufthyldelse	Grundluftskifte	1.500
med variabel lufthyldelse	Maks. luftskifte	1.800
Ventilationsanlæg med varmegenvinding til én bolig		

med konstant luftfyldelse	Grundluftskifte	1.000
med variabel luftfyldelse	Grundluftskifte	1.000
Ventilationsanlæg, der forsyner etageboliger	Grundluftskifte	1.200
Udsugningsanlæg	Maks. luftskifte	600

Acceptkriterium

Hvis luftskiftet er indstillet, jf. tabel 2, kan afprøvningen accepteres, hvis SEL-værdien måles til en gennemsnitlig værdi, der maksimalt overstiger kravet i bygningsreglementet med 5%.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold, som målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusion af funktionsafprøvningen
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning.

3.0 Varme- og køleanlæg

Der skal udføres en funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg før ibrugtagning. Varme- og køleanlæg er som defineret i DS 469. Funktionsafprøvningen skal påvise om varme- og køleanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Indregulering af vand- eller luftstrømme
- Styring

3.1 Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg omfatter:

- DS 469, *Varme- og køleanlæg i bygninger*
- DS 447, *Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer.*

Beskrivelse

Denne standard opstiller krav til varme- og køleanlæg. Kravene tilsigter, at der opnås et forsvarligt teknisk kvalitetsniveau, samt at det ønskede termiske indeklime kan opretholdes med mindst muligt energiforbrug.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

Beskrivelse

Denne standard specificerer krav til ventilation og ventilationssystemer i bygninger, herunder boliger, beregnet til menneskeligt ophold.

Standarden gælder for mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer, der monteres fast i bygninger, og som har til hovedformål, at holde én eller flere parametre inden for nærmere specificerede grænser.

Standarden gælder ikke for ventilationssystemer, hvis hovedformål er at fjerne forureninger frembragt ved industrielle, landbrugstekniske eller industrilignende processer, men den gælder for ventilationssystemer, som skal skaffe den nødvendige erstatningsluft.

Standarden dækker ikke de brandtekniske krav til ventilationssystemer; der henvises til DS 428, Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg når det gælder mekaniske ventilationssystemer og bygningsreglementet når det gælder naturlige ventilationssystemer.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

3.2 Indregulering og styring

Indregulering og styring af varme- og køleanlæg omfatter vand- eller luftstrømme i anlægget, automatiske reguleringssystemer, tidsstyring, temperaturstyring og lignende behovsstyringer.

Definition af varme- og køleanlæggets indregulering

Ved 'indregulering' forstås, at centralvarmevandet eller luftstrømme fordeles, så de enkelte forbrugssteder tilføres netop de beregnede og projekterede mængder og tilsvarende beregnede temperatursæt for at opnå en energieffektiv drift.

Ved 'styring' af anlægget forstås en behovsstyring, der kan tilpasse ydelsen i én eller flere zoner efter det aktuelle behov for at opnå en energieffektiv drift.

Formål med funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg

Afprøvningen skal eftervise, at anlægget i praksis mindst yder svarende til de forudsætninger, der anvendes i energibehovsberegningen, der dokumenterer bygningens overholdelse af bygningsreglementets krav til energiforbrug og termisk indeklime, jf. kapitel 11 og 19, Energiforbrug samt Termisk indeklime og installationer til varme- og køleanlæg. Det skal derfor eftervises, at anlægget er indreguleret efter forudsætningerne, og at behovsstyringen fungerer som forudsat.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne udføre funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg skal følgende normalt være opfyldt:

- Alle vandkredse til varme og køling er indreguleret i henhold til DS 469, kap. 14.7, Indregulering, og dokumentation foreligger.
- Alle luftstrømme er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme jf. DS 447, kap. 6.3.2.
- Der er dokumentation for projekteringen af varme- og køleanlægget.
- Alle decentrale ventiler ved varme-/kølegivere er indstillet som anført i dokumentationen.
- Alle temperaturmålere til styring er korrekt monteret og kalibreret med den aktuelle varmegiver

Målepunkter

Udetemperaturen måles ved brug af eksternt måleudstyr samme sted som anlæggets udetemperaturføler er placeret. Samtidigt kontrolleres det, om målepunktet er egnet til måling af udetemperatur. Det vil sige uden påvirkning af direkte solindfald.

Zoner med radiatorer

Ved radiatoranlæg afprøves det, om alle radiatorer reagerer ved ændring af termostatventilens indstilling. Ved først at skrue helt op skal hele radiatoren blive varm. Herefter skrues helt ned for at afprøve, om radiatoren bliver kold efter kort tid. For radiatorer med elektronisk styrede aktuatorer afprøves disse ved en tilsvarende ændring af ventilen til hhv. maksimal åben og helt lukket ved brug af behovssystemets styring.

Zoner med gulvvarme

Ved gulvvarmeanlæg afprøves om hver enkelt gulvvarmekreds reagerer ved ændring af den tilhørende rumtemperaturfølers setpunktsindstilling. Setpunktet på en temperaturføler i et udvalgt rum hæves og det kontrolleres at relevant koblingsledning aktiveres via åbning af ventil og fremløbsledning bliver varm. Det kontrolleres, at returledningen fra samme rum efter kort tid også bliver varm. Setpunktet på samme temperaturføler sænkes herefter igen, og det kontrolleres, at ventil lukker.

Det skal eftervises at den kontrollerede temperaturføler hører til den korrekte zone. Dette kan f.eks. gøres på en af følgende måder

- Såfremt der er anført længdeangivelse på gulvvarmeslangerne fra fabrikantens side og såfremt denne entydig kan henføres til den relevante zone, kan overensstemmelse med plantegning anvendes som dokumentation.
- Såfremt der før montage er påført anden entydig kendingsmåde på gulvvarmeslangerne og denne gennem fotografi kan henføres til den pågældende zone kan det anvendes som dokumentation.
- Der foretages måling af temperaturen på gulvoverfladen ved gulvvarmekredsens indløb til zonen eller et repræsentativt sted i zonen. Overfladetemperaturen kan måles ved termovisionsudstyr eller ved brug af en temperaturføler, der har god kontakt til overfladen. Afprøvningen foretages ved at gulvvarmekredsen slukkes ved anvendelse af den tilhørende rumtermostat i mindst 16 timer før målingen påbegyndes (svarende til en aften og nat). Hvis målingen viser en konstant overfladetemperatur, der maksimalt ændrer sig $\pm 0,5$ grad i løbet af 30 minutter, hæves rumtermostatens setpunktsindstilling med for eksempel 5 grader eller mere og overfladetemperaturen måles til der ses en temperaturstigning, der efterviser at gulvvarmekredsen er i drift.

Såfremt fremløbsretningen på gulvvarmeslangen har betydning for anlæggets funktion, f.eks. i tilfælde hvor fremløbet er tænkt ført direkte under et vindue for at forhindre kuldenedfald skal korrekt fremløbsretning eftervises f.eks. ved termografi af gulvet, eller ved fotografisk dokumentation af sammenhæng mellem de lagte gulvvarme-slanger og tilslutningen til korrekt ventil.

Såfremt der er installeret gulvvarme med manuel indregulering kan denne for eksempel eftervises ved visuel kontrol af den projekterede forindstilling ved fordelerrør og strengreguleringsventiler, der er monteret i anlægget.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til indregulering kan accepteres, når de forudsatte værdier for forindstilling er kontrolleret. Såfremt der er installeret gulvvarme med automatiseret indregulering skal det kontrolleres at dette er i overensstemmelse med det oplyste anlæg til byggemyndigheden og det udleverede D&V-materiale.

Behovsstyringen kan accepteres hvis:

- Fremløbstemperaturen har en kort indsvingningstid på maksimalt 10 minutter til en stabil værdi ved nyt højere eller nyt lavere set-punkt
- Hvis behovsstyringen er projekteret til at sænke indetemperaturen om natten eller i weekenden, skal dette eftervises ved måling over mindst 2 døgn. Måling kan dokumenteres ved måling på flow til det samlede varme- eller køleanlæg. Såfremt sænkningen foretages med sænkning af fremløbstemperaturen, kan denne eftervises gennem logning.
- Fremløbstemperaturen falder ved stigende udetemperatur eller omvendt, at fremløbstemperaturen stiger ved faldende udetemperatur (ved mindst 2 døgn måling). Måling kan dokumenteres ved måling på flow til det samlede varme- eller køleanlæg.

Zoner med radiatorer:

- Alle radiatorers termostatsventiler eller aktuatorer er testet og reagerer ved ændring af termostatindstilling eller setpunktsindstilling.

Zoner med gulvvarme

- Alle gulvvarmekredse er afprøvet og det er eftervist, at der er sammenhæng mellem hver enkelt gulvvarmekreds og rumtermostat.
- Hvis fremløbsretningen er vigtig for gulvvarmens funktion skal det eftervises at det relevante område af gulvet ikke er koldere end resten af gulvet.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold kontrollen er udført under
- Kontrolpunkter
- Måleapparatur samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret, såfremt dette er relevant
- De opnåede resultater
- Det samlede resultat
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnig.

4.0 Belysning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvnig af belysningsanlæg før ibrugtagning. Funktionsafprøvnig skal påvise om belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Belysningsstyrke

Samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten.

4.1 Relevante standarder og anvisninger

Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvnig af belysningsanlæg omfatter:

- DS/EN 12464-1, Lys og belysning - *Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser*
- DS/EN 12464-1 DK NA:2015, *Nationalt annekst til Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser.*
- DS/EN 12665 *Lys og belysning – Grundlæggende begreber og kriterier til*

beskrivelse af krav til belysning

• SBI-anvisning 220, *Lysstyring*

• At-vejledning A.1.5-1, *Vejledning om kunstig belysning på faste arbejdssteder (Opdateret december 2016)*

DS/EN

DS/EN
12464-
1
Lys
og
belysning
-
Belysning
ved
arbejdspladser
-
Del
1:
Indendørs
arbejdspladser

Beskrivelse

Denne europæiske standard specificerer krav til belysning for mennesker ved indendørs arbejdspladser, som skal opfylde visuel komfort og ydeevnekrav for personer med normal synskapacitet

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

DS/EN

DS/EN
12464-
1
DK
NA:2015
Lys
og
belysning
-
Belysning
ved
arbejdspladser
-
Del
1:
Indendørs
arbejdspladser

Beskrivelse

Denne europæiske standard specificerer krav til belysning for mennesker ved indendørs arbejdspladser, som skal opfylde visuel komfort og ydeevnekrav for personer med normal synskapacitet.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

Beskrivelse

Denne standard definerer de grundlæggende betegnelser og definitioner til brug af belysning. Denne europæiske standard fastlægger en ramme for beskrivelse af belysningskrav og giver detaljer om aspekter som skal tages i betragtning, når disse krav fastlægges.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

Beskrivelse

Denne anvisning vejleder i valg af systemløsninger til automatisk lysstyring i almindeligt forekommende rumtyper.

[Find anvisningen her >](#)

Beskrivelse

At-vejledningen beskriver Arbejdstilsynets krav til kunstig belysning på faste arbejdssteder. Vejledningen indeholder endvidere retningslinjer om forhold, der har betydning for god belysning.

[Find At-vejledningen her >](#)

4.2 Belysningsstyrke

Formål med funktionsafprøvning af belysningsstyrke

Det skal eftervises, at det elektriske belysningsanlæg opfylder bygningsreglementets krav for belysningsstyrke, jf. DS/EN 12464-1, *Lys og Belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser*.

For nogle arbejdspladser er kravene til belysningsstyrke yderligere specificeret i det nationale annekts DS/EN 12464-1 DK NA. Eksempler på krav til middelbelysningsstyrke og regelmæssighed er givet i tabel 3. Regelmæssigheden af belysningen, U_0 , defineres som minimums belysningsstyrken, E_{\min} , i forhold til middelbelysningsstyrken, E_{mid} .

De tekniske krav til belysningen skal kunne opfyldes i hele anlæggets levetid.

Tabel 3. Eksempler på krav til belysningsstyrke ved udvalgte arbejdspladser, jf. DS/EN 12464-1 og DS/EN 12464-1 DK NA.

Sted	Middelbelysningsstyrke på arbejdsplanet, E_{mid}	Regelmæssighed, U_0
Gange og trapper	100 lux	0,40
Kontorarbejde - Opgaveområde (på synsobjektet) - I nærområdet (over ½ m fra synsobjektet)	500 lux 300 lux	0,60 0,40
Børnehaver og vuggestuer	300 lux	0,40 0,60 (koncentrationsleg)
Undervisningslokaler	300 lux	0,6

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvningen udføres skal følgende være opfyldt:

- Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring. Nye lyskilder skal have overstået indebrændingstid (mindst 100 timer).
- Midlertidig arbejdspladsbelysning anvendt under byggeriet er nedtaget eller slukket.
- Alle indvendige bygningsdele, fx skillevægge, nedsænkede lofter, indvendige døre, er færdige og overfladerne er færdigbehandlede. Der er ikke dagslysfald under måleperioden fra vinduer, yderdøre med glas, ovenlysvinduer eller ovenlyskupler m.m. Målingen kan derfor med fordel udføres om natten.
- Evt. opsatte PC-skærme er slukkede under måling på kontorarbejdspladser og lign.
- For at sikre en konstant lysudsendelse fra lyskilderne, bør belysningen være tændt mindst 1 time, før belysningsstyrkemålingerne påbegyndes.

Målepunkter

Som målepunkter udvælges et grid, der dækker mindst 25% repræsentative arbejdspladser (dog mindst svarende til en arbejdsplads) og enkelte typiske målesteder i områder med normal færdsel, fx gange og trapper. Antallet af målepunkter i et grid kan bestemmes ved brug af tabel A.1 i DS/EN 12464-1. Hvis afprøvningen påviser fejl, øges omfanget af repræsentative arbejdspladser til 100%.

Hvis arbejdspladserne endnu ikke er indrettet inden funktionsafprøvningen må der antages arbejdspladszoner mm. Antagelserne skal beskrives i dokumentationen for funktionsafprøvningen.

Måling af belysningsstyrken kan for eksempel foretages med et kalibreret luxmeter og udføres, jf. DS/EN 12464-1, kap. 6.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis det konstateres, at alle målte middelbelysningsstyrker mindst opfylder kravet til belysningsstyrker i DS/EN 12464-1 eller DS/EN 12464-1 DK NA.

Der kan accepteres en afvigelse på 10 % grundet usikkerhed ved måling af belysningsstyrken.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater



- Det samlede resultat
- Oplysninger om, hvem der har udført funktionsafprøvning.

4.4 Styring af elektriske belysningsanlæg

Det er et krav i bygningsreglementet, at arbejdsrum m.v. og fælles adgangsveje skal forsynes med energieffektiv belysning, hvilket blandt andet opnås ved effektiv lysstyring. Hvis der er tilstrækkeligt dagslys skal arbejdsrum m.v. og fælles adgangsveje forsynes med automatisk dagslysstyring. Ligeledes er det et krav, at arbejdsrum og fælles adgangsveje, der kun benyttes lejlighedsvis skal forsynes med bevægelsesmeldere. Endeligt er der krav til, at arbejdsrum m.v. skal opdeles i zoner for at kunne reducere belysningen i zoner med højt dagslysniveau eller zoner, der ikke er i brug.

Formål med funktionsafprøvning af lysstyring

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at lysstyringen i praksis mindst svarer til den forudsætning, der blev anvendt i energibehovsberegningen, der dokumenterer bygningens overholdelse af bygningsreglementets energikrav, jf. *kap. 11, Energiforbrug*.

Definition af lysstyring

Lysstyring omfatter i denne sammenhæng automatisk dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling af belysningsanlægget.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvningen udføres skal følgende være opfyldt:

- Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring.
- Automatiske styringer, fx dagslysstyring og bevægelsesmeldere, er indreguleret og i drift.
- Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets setpunkter, zoneopdeling og evt. beskrivelse af kontinuerlig regulering.
- Hvis der anvendes bevægelsesmeldere, dagslyssensorer eller kombimeldere, er der indhentet dokumentation i form af beskrivelser eller tegninger, der forklarer, hvor disse er placeret og hvilke arealer, de dækker.
- Hvis der anvendes automatisk styret solafskærmning, er der indhentet dokumentation for setpunkter og indreguleringsparametre, fx solintensitet og eventuelt vindfølsomhed.

Målepunkter

Som målepunkter udvælges mindst 25% repræsentative zoner (dog mindst svarende til en arbejdsplads) og enkelte typiske målesteder i områder med normal færdsel, fx gange og trapper. Hvis afprøvningen påviser fejl, øges omfanget af repræsentative zoner til 100%.

Dagslysstyring

Kontrol af dagslysstyringen foregår af flere omgange for at dække perioder med lavt og højt dagslysniveau. Afprøvning ved 'tusmørke' kan eventuelt ske med helt lukket solafskærmning, gardiner trukket for eller lignende.

Kontrol af lysføler/sensor ved måling af belysningsstyrke, E, i de tilfælde hvor det er relevant:

- Målt E_{\min} for lokale/zone svarer til given indstillingsværdi

- Målt E_{\max} for lokale/zone svarer til given indstillingsværdi
- Almenbelysning tænder automatisk, når belysningsstyrken er under E_{\min} for lokale/zone, og der er konstateret persontilstedeværelse, hvis det anvendes bevægelsesmelder.
- Reguleringen fungerer jf. dokumentationen – konstateres for eksempel ved at trække gardiner for eller lukke solafskærmning
- Solafskærmning aktiveres når belysningsstyrken er over E_{\max} for lokale/zone
- Almenbelysning slukker automatisk ved konstateret personfravær efter t_{sluk} minutter for kontorlokale.

Hvis der anvendes styring med kontinuerlig regulering af belysningen, skal det eftervises at styringen fungerer efter hensigten og som beskrevet i dokumentationen.

Hvis der anvendes styring af belysningen efter et målt udendørs lysniveau, skal der foretages parallelle målinger af indendørs og udendørs lysniveau, der efterviser, at styringen fungerer efter hensigten, og som beskrevet i dokumentationen for lysstyringen.

Det afprøves, at belysningen ikke tændes, hvis det udendørs lysniveau er over en indstillet grænseværdi, som er indstillet i zones lysstyringssystem. Hvis det udendørs lysniveau er under denne grænseværdi, skal styringen justere belysningsniveauet indenfor.

Bevægelsesmeldere

For bevægelsesmeldere udføres der en manuel afprøvning, der efterviser, at bevægelsesmelderen reagerer effektivt med hensyn til at reducere driftstiden for belysningsanlægget og er i overensstemmelse med forudsætningerne i byggeansøgningen. Følgende afprøves og registreres:

- Lyset tænder umiddelbart, når person går ind i rummet
- Lyset slukkes efter t_{sluk} minutter
- Målt tidsforsinkelse (holdetid) t_{sluk} svarer til indstillingsværdi
- Sensorplacering og følsomhed er tilstrækkelig til ikke at slukke almenbelysning ved stillesiddende/arbejdende person.

Zoneopdeling

Der udføres en manuel afprøvning af om zoneopdelingen for belysningsanlægget er udført iht. byggeandragende. Følgende afprøves og registreres:

- Belysningen dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys.
- Ved maksimal dæmpning opfyldes kravene til belysningsstyrke

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat for lysstyringen kan accepteres, hvis det konstateres, at den anvendte lysstyring reagerer i fuld overensstemmelse med dokumentationen anvendt til byggeandragende. Afvigelser i forhold til byggeandragende, som ikke medfører et øget elforbrug til belysningsanlægget, kan dog accepteres så længe minimumsværdier ifølge EN12464 er overholdt.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter

- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusion af funktionsafprøvning
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning.

5.0 Elevatorer

Der skal gennemføres funktionsafprøvning af elevatorers energiforbrug før ibrugtagning. Kravet gælder for både elevatorer i nybyggeri og installation af nye elevatorer i eksisterende bygninger.

Bestemmelsen gælder kun for elevatorer med en mærkelast af elevatorstolen på op til 2000 kg.

5.1 Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af elevatorer omfatter:

- DS/EN ISO 25745-1, *Energieffektivitet for elevatorer, rulletrapper og rullefor-tov – Del 1: Energimåling og verifikation.*
- DS/EN ISO 25745-2, *Elevatorer, rulletrapper og rullefortoves energieffektivitet - Del 2: Beregning af energi for og klassifikation af elevatorer*



DS/EN
ISO
25745-
1
Energieffektivite
for
elevatorer,
rulletrapper
og
rullefortov
-
Del
1:
Energimåling
og
verifikation

Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >

Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >

5.2 Formål med funktionsafprøvning af elevatorers energiforbrug

Afprøvningen skal eftervise, at elevatoren i praksis opfylder kravet til energiklasse B, jf. DS/EN ISO 25745-2, jf. 11.7. Hvis elevatorens energiklasse ikke kan bestemmes ud fra DS/EN ISO 25745-2, skal elevatoren leve op til energiklasse B i VDI 4707, *Aufzüge Energieeffizienz*. Elevatorens energiklassifikation afhænger af elevatorens anvendelseskategori.

Hvis elevatoren ikke opfylder kravet til energiklasse B, og der i stedet er foretaget andre kompenserende energibesparende tiltag, jf. 11.8, så er det den aktuelle energiklasse, der skal eftervises ved funktionsafprøvningen.

Det skal bemærkes, at elforbruget til elevatorer ikke indgår i beregningen af bygningers energibehov.

Definition af energiforbrug og energimærkning

Elevatorens specifikke energibehov, E_{spr} , for en referencekørsel bestemmes, jf. DS/EN ISO 25745-1, ud fra det målte reference el-forbrug, E_{rc} , divideret med produktet af mærkelasten, Q , og reference rejselængden, S_{rc} , jf. nedenstående udtryk.

$$E_{spr} = (1000 \cdot E_{rc}) / (2 \cdot Q \cdot S_{rc})$$

Hvor

E_{rc} er det målte el-forbrug til en reference kørsel, jf. ISO 25745-1 [Wh]

S_{rc} er rejselængden for en reference kørsel, jf. ISO 25745-1 [m]

Q er mærkelasten [kg]

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Elevatoren skal være fuldt færdiginstalleret og opfylde alle sikkerhedsmæssige krav. Ligeledes skal alle installationsarbejder i elevatorskakten være afsluttet.

Målepunkter

El-effekt til elevatoren, fx målt via en el-bimåler.

Acceptkriterium

Det målte energiforbrug for referencekørslen skal være mindre end grænseværdien for

energiklasse B eller alternativt den energiklasse, der er antaget ved brug af kompenserende energibesparende tiltag. Grænseværdien for elevatorers energiklasser udregnes efter DS/EN ISO 25745-2.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold, som målingen er udført under
- Målepunkter og måleapparatur, der er anvendt.
- De opnåede måleresultater
- Det samlede resultat
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning.

6.0 Energiproduktionsanlæg baseret på vedvarende energikilder

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiproduktionsanlæg baseret på vedvarende energikilder før aflevering. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at anlægget er korrekt installeret og overholder bygningsreglementets krav og de forudsætninger, der benyttes i energibehovsberegningen.

Kravet gælder for alle anlæg på eller ved bygninger. I praksis vil disse anlæg typisk være solvarme- eller solcelleanlæg og vindmøller (hustandsvindmøller). Det er derfor disse tre anlægstyper, der er uddybet nedenfor.

Bygningsreglementets kravtekst mht. funktionsafprøvning af energiproduktionsanlæg baseret på vedvarende energikilder er:

§ 327 a. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg baseret på vedvarende energi i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget er korrekt installeret og har den forudsatte energimæssige effektivitet.

6.1 Solvarme

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af solvarmeanlægget før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at solvarmeanlægget er funktionsdygtigt og kan bidrage energieffektivt til varmtvandsproduktionen og evt. til rumvarme.

Relevante standarder og anvisninger

Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvning af solvarmeanlæg er:

- DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger
- DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

- Funktionsafprøvningen bør udføres en dag med overvejende solskin.
- Solvarmeanlægget er færdig installeret, indreguleret og i drift.

- Bygningens varmeanlæg og varmtvandsbeholder er i drift.
- Der har ikke været tappet varmt brugsvand i mindst en ½ time før afprøvningen påbegyndes.
- Afprøvningen foretages uden brug af varmt vand fra solvarmebeholderen og en starttemperatur i beholderens top, der er mindre end 60 °C.

Målepunkter

- Der foretages en aflæsning på solvarmestyringen af temperaturstigningen i beholderens top og bund fra morgen til aften.
- Det kontrolleres, at rør frem og retur mellem solfangerpaneler og solvarmebeholder er isoleret jf. DS 452.
- Det kontrolleres, at der er det nødvendige tryk på anlægget (hvis anlægstypen kræver det).
- I forbindelse med idriftsættelse kontrolleres, at anlægget er udluftet. Det vil sige, at der ikke kan høres støj fra luft i rørene eller solvarmebeholderen.
- Det kontrolleres, at der ikke kan opstå selvcirkulation når anlægget er ude af drift. Det vil fx sige, at der er installeret en kontra- eller magnetventil.

Acceptkriterium

Ydeevnen af solvarmeanlægget er stærkt afhængig af solindstrålingen på solfangerpanelet. Derfor bør afprøvningen så vidt mulig udføres en dag med overvejende solskin.

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis:

- Der udføres en måling der sandsynliggør, at solvarmeanlægget har den forudsatte energimæssige ydeevne ved at opfylde ét af nedenstående krav:
 - 1) På en dag med overvejende solskin skal temperaturen i beholderens top hæves mindst 10 grader og i beholderens bund mindst 30 grader eller
 - 2) På en dag med overvejende overskyet vejr eller ved afprøvning foretaget i perioden fra november til og med februar, kan accepteres en temperaturstigning i beholderens bund på 10 grader. I denne periode stilles ikke krav til en temperaturstigning i beholderens top.
- Anlægget har det nødvendige tryk og rørforbindelser er isoleret iht. DS 452
- Der er udført foranstaltninger der forhindrer selvcirkulation
- Anlægget er udluftet (ingen luftstøj)
- For kombi-anlæg til brugsvand og rumvarme skal afprøvningen vise at funktionen virker

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparat, der er anvendt som hvor og hvornår dette sidst er kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusion af funktionsafprøvning

- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen
-

6.2 Solceller

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af solcelleanlægget før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at solcelleanlægget er korrekt installeret og har den forudsatte energimæssige ydeevne.

Relevante standarder og anvisninger

Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvning af solcelleanlæg er:

- DS/IEC TS 61724-3 Fotovoltaiske systemers ydeevne – Del 3: Energievalueringsmetode

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvning udføres skal følgende være opfyldt:

- Installationen af solcelleanlægget er afsluttet og anlægget er tilsluttet elnettet.

Målepunkter

Der skal gennemføres en måling af energien eller strømmen, der produceres fra solcellerne. Denne måling skal sammen med en måling af solindstrålingen på solcellerne sandsynliggøre, at solcelleanlægget har den forudsatte energimæssige ydeevne inklusiv systemvirkningsgraden.

Hvis metoden i DS/IEC TS 61724-3 følges, så vil ovenstående normalt være opfyldt.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis det konstateres at resultatet af målingerne viser, at det er sandsynliggjort, at anlægget er korrekt installeret og at forudsætningerne i energibehovsberegningen er overholdt.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
 - Målepunkter
 - Måleapparatur, der er anvendt som hvor og hvornår dette sidst er kalibreret
 - De opnåede måleresultater
 - Konklusion af funktionsafprøvning
 - Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen
-

6.3 Vindmøller

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af vindmøllen (eller vindmølleanlægget), der etableres til eftervisning af energirammen før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at vindmøllen har den forudsatte energimæssige ydeevne.

Relevante standarder og anvisninger

- DS/EN 61400-12-1:2017

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvning udføres skal følgende være opfyldt:

- Vindmølle og installationerne til vindmøllen er afsluttet
- Vindmøllen er i drift

Målepunkter

På en dag med en middelvindhastighed større end 4 m/s og mindre end 12 m/s skal der udføres måling af vindmøllens ydelse (elektrisk effekt). Måling af ydelsen sammen med måling af vindhastigheden skal sammenholdes med vindmøllens effektkurve for at sandsynliggøre, at vindmøllen har den forudsatte energimæssige ydeevne.

Vindhastighedsmålingen foretages fx med et kalibreret anemometer monteret på toppen af en mast eller stang, der kan placere anemometeret i samme højde som vindmølle-navet. Luftstrømningen omkring vindmøllen må ikke kunne påvirke vindhastighedsmålingen. Hvis vindhastighedsmålingen ikke foretages i navhøjde skal måleresultaterne omregnes til navhøjden.

Ud fra vindhastighedsmålinger og ydelsesaflysninger optegnes en effektkurve, som en tendenslinje for alle målepunkter. Effektkurven skal kun optegnes i det måleområde, der er foretaget vindhastighedsmålinger i.

Alternativt til ovenstående kan evalueringsmetoden beskrevet i DS/EN 61400-12-1:2017 anvendes.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis feltmålingerne viser en maksimal afvigelse på -20% mellem den målte effektkurve og den af producenten oplyste effektkurve. Afvigelsen skal beregnes i det målte gennemsnitlige vindhastighedspunkt på den optegnede effektkurve.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparat, der er anvendt som hvor og hvornår dette sidst er kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusion af funktionsafprøvning
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen

7.0 Bygningsautomatik

Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at bygningsautomatikken er korrekt installeret og overholder bygningsreglementets krav og de forudsætninger, der benyttes i

energibehovsberegningen.

Bygningsreglementets krav til funktionsafprøvning af hovedbygningens automatik er gengivet her:

§ 298 b. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af bygningsautomatik inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikken er korrekt installeret og reguleret, virker efter hensigten og giver bygningen den forudsatte energimæssige effektivitet.

7.1 Definition

Ved bygningsautomatik forstås de automatiksystemer, der styrer, regulerer og overvåger en bygnings tekniske installationer, ud fra målte ude- og indeklimaparametre, anlægsparametre, brugerbehov, mv.

Bygningens tekniske installationer kan typisk omfatte varme- og køleanlæg, ventilationssystemer, belysningsstyringer, solafskærmningsanlæg, vinduesåbningssystemer, indhentning af alarmer fra forskellige tekniske anlæg mv.

7.2 Omfang af funktionsafprøvning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af bygningsautomatik før ibrugtagning af bygningen.

Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikens sensorer og regulatorer styrer ventiler, spjæld, motorer m.m. er udført, så styringen af de tekniske installationer er som projekteret og som forudsat i energibehovsberegningen.

Funktionsafprøvningen af bygningsautomatik kan ikke ses alene, da bygningsautomatikken typisk styrer de tekniske anlæg i bygningen og der er en række krav til funktionsafprøvning af de tekniske anlæg, som overlapper med bygningsautomatikken. Det der bør være fokus på ved afprøvningen af bygningsautomatikken er grænsefladerne mellem de forskellige tekniske anlæg og samspillet mellem anlæggene. For eksempel at der ikke køles med ventilationsanlægget samtidig med at der er varme på radiator- eller gulvvarmekredse.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvning udføres skal følgende være opfyldt:

- Bygningens tekniske anlæg er i drift og indreguleret
- Bygningsautomatikken er fuldt implementeret, dokumenteret og indreguleret
- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold, såfremt vinduer og døre ikke er en del af bygningens indeklimastrategi.

Målepunkter

Sensorer

Med kalibreret eksternt måleudstyr skal anlæggets sensorer (fx temperatur-, CO₂, fugt, kanaltryk, lys) afprøves om de måler korrekt. Anlæg der anvender bevægelsessensorer (PIR) skal ligeledes afprøves med hensyn til at reagere som forudsat indenfor de zoner de betjener.

Omfanget af funktionsafprøvningen er minimum 25 % af hver type sensor (f.eks. temperatur-, CO₂, fugt, kanaltryk, lys). Der bør vælges afprøvning forskellige steder i bygningen og udvælges ud fra om sensorers vigtighed for systemets funktion. Hvis der konstateres en eller flere mangler, udbedres manglerne og omfanget af denne type øges til 50 %.

Udetemperaturen måles ved brug af eksternt måleudstyr samme sted som anlæggets udetemperaturføler er placeret. Samtidigt kontrolleres det, om målepunktet er egnet til måling af udetemperatur. Det vil sige uden mulighed for påvirkning af direkte solindfald. Måleren kan være den samme måler, som benyttes som en del af funktionsafprøvning af varmeanlæg efter § 391.

Udelysmængden (Lux) måles ved brug af eksternt måleudstyr samme sted som anlæggets udelysmængdefølere er placerede. Samtidigt kontrolleres det, om målepunkterne er egnede til måling af direkte solindfald.

Tidsstyring

Såfremt anlægget anvender tidsstyring (tidsprogrammer) skal det eftervises ved registrering, at anlægget reagerer efter det programmerede tidsskema. Fx at rumtemperaturen eller luftskiftet reduceres udenfor brugstiden.

7.3 Opvarmning og køling

Samtidig opvarmning og køling ses fx i ventilationsanlæg, hvor der varmegenvindes og køles på samme tid. Der udføres en afprøvning, der viser at zonen kan afkøles uden at aktivere varmegenvinding i ventilationsanlægget eller afgivelse af varme fra varmeanlægget, med mindre dette er nødvendigt for anlæggets drift.

7.4 Præsentation af loggede data

Der skal foretages afprøvning af præsentation af loggede data, herunder kontrolleres bl.a. at præsentationen overholder udbudsmaterialets krav.

7.5 Alarmer

Der skal foretages afprøvning af programmerede alarmer i overvågningssystemer for indeklima-, varme- og elforbrug i bygningsautomatikken. Der udføres afprøvninger, hvor målte parametre overskrider fastsatte grænseværdier, der udløser en alarm.

7.6 Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis det konstateres at:

- Sensor(er) har en afvigelse til målte værdier på mindre end: Temperatursensor [°C]: +/-1 °C, CO₂: [ppm] +/- 100 ppm Relativ fugtighedssensor [%]: +/-3% RF, Lyssensor (lysintensiteten) [LUX]: +/-10%, Kanaltryk [Pa]: +/-3%
 - Bevægelsessensorer og tidprogrammer reagerer som forudsat.
 - Anlægget er i stand til at hæve og sænke rumtemperatur og luftskifte i de enkelte zoner ved brug af bygningsautomatikken.
 - Samtidig opvarmning og køling er ikke registreret.
 - Alarmer for indeklima og energi aktiveres ved overskridelse af tilhørende grænseværdier.
 - Afprøvningen viser en overholdelse af forudsætninger i energibehovsberegningen.
-

7.7 Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Målepunkter.
- Måleapparat, der er anvendt som hvor og hvornår dette sidst er kalibreret.
- De opnåede måleresultater.
- Dokumentation for at anlægget og samtlige komponenter virker.
- Konklusion af funktionsafprøvning.

- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen og hvem der evt. var observatører.

