



# Funktionsafprøvning af bygningers installationer – det skal gøres rigtigt

Marts 2021

Håndbogen er støttet af Realdania  
Udført af Teknologisk Institut

Realdania



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Forord

Med udgangspunkt i Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens vejledninger og Teknologisk Instituts viden og erfaringer på området, er der udviklet operationelle metoder og viden, der kan sikre korrekte funktionsafprøvninger og afrapporteringer, gennem en effektiv, ressourcebesparende arbejdsproces.

### Barrierer og udfordringer

Der blev indledningsvis foretaget en række interviews med udvalgte aktører indenfor funktionsafprøvning for at afdække de barrierer og udfordringer, der er ved at foretage funktionsafprøvning. Interviewene gav indblik i de hidtidige praktiske erfaringer samt forslag til, hvordan procedurerne for funktionsafprøvning skal udformes, så funktionsafprøvning bliver så let gennemførlig som mulig samtidig med at kvaliteten er på et passende niveau.

Samtlige de interviewede personer gav udtryk for, at funktionsafprøvning er et vigtigt element i byggeprocessen, der medvirker til at sikre at bygningens installationer fungerer efter hensigten, når bygningen ibrugtages.

På baggrund af de interviews der blev gennemført, blev der afholdt en workshop, hvor de væsentligste forslag og bemærkninger, der fremgik af interviewundersøgelsen, blev drøftet. Workshopen skulle skabe konsensus om indholdet i den håndbog for funktionsafprøvning, der skulle udarbejdes. Der deltog repræsentanter fra byggeriets parterne samt repræsentanter fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen og Energistyrelsen i workshopen for at skabe bred opbakning til håndbogen.

### Film

I tilknytning til håndbogen blev der udviklet seks korte videoer, der demonstrerer anvendelse af håndbogens metoder på udvalgte funktionsafprøvninger.

Filmene blev optaget på to udvalgte lokationer, - et enfamilieshus og en kontorbygning.

I enfamilieshuset blev der foretaget funktionsafprøvning af gulvvarmeanlæg og ventilationsanlæg mens der i kontorbygningen blev foretaget funktionsafprøvning af varmeanlæg, ventilationsanlæg og belysningsanlæg.

Filmene er produceret af filmproduktionselskabet Master Media ([www.mastermedia.dk](http://www.mastermedia.dk))

Filmene kan ses her:

[www.teknologisk.dk/funktionsafproevning](http://www.teknologisk.dk/funktionsafproevning)

### Webinar

Den 11. marts 2021 afholdt Teknologisk Institut webinar "Funktionsafprøvning af bygningers installationer – det skal gøres rigtigt". Virksomheder, der installerer energiforbrugende anlæg, - herunder anlæg der er omfattet af kravet til funktionsafprøvning, blev inviteret til at deltage i webinar. Desuden blev bygherrer og deres brancheorganisationer samt offentlige aktører som Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen og kommuner inviteret.

Temamødet skulle have været afholdt på Teknologisk Institut, men på grund af Covid-19 blev det besluttet, at afholde arrangementet til et online-arrangement. Der var 129 deltagere på temamødet, herunder alle deltagerne i følgegruppen.

## Hjemmeside

I forbindelse med projektet er der oprettet en hjemmeside, hvor der er adgang til håndbogen og de fem introduktionsvideoer.

[www.teknologisk.dk/funktionsafproevning](http://www.teknologisk.dk/funktionsafproevning)

Søg på Teknologisk Institut...

Teknologisk Institut > Ydelser > Funktionsafprøvninger af bygningers installationer

**Funktionsafprøvninger af bygningers installationer**

Sunde bæredygtige bygninger forudsætter korrekt dimensionerede og fejlfri tekniske installationer. Dermed er funktionsafprøvningen – dokumentationen af installationernes funktion og ydelser – en vigtig afslutning af byggeprocessen.

Oplydelse af energirelaterede krav i byggeriet er afgørende for den grønne omstilling. Imidlertid bliver mange byggerier afleveret med alvorlige fejl i de tekniske installationer. Resultatet er et ringere indeklima og et højere energiforbrug end forventet. I mange tilfælde opdages fejl og mangler aldrig eller i bedste fald først under driften, og korrigeres i forbindelse med et- og femårsgennemgangen.

Bygningsreglementet stiller krav om, at nye tekniske installationers energimæssige ydeevne og styring skal måles og testes ved en funktionsafprøvning. Kravene gælder både installationer i nybyggeri og ved omfattende udskiftning af installationer i eksisterende byggeri.

Som led i funktionsafprøvningskravenes indførelse i 2017 (BR15), blev der udarbejdet vejledninger i funktionsafprøvning for de centrale installationsområder. Desværre viser erfaringer fra praksis, at der er betydelige barrierer og udfordringer i forbindelse med afprøvningen. Det gælder fx manglende viden om korrekte målemetoder og procedurer relateret til installationerne, samt funktionsafprøvning for installationernes samspil via bygningsautomation med henblik på dokumentation af korrekt indregulering og energieffektivt drift.

Jeg er din kontaktperson

**Claus Martin Hvenegaard**  
Seniorspecialist, Teknikumingeniør  
Energieffektivisering og Ventilation  
+45 72 20 25 25  
Send e-mail

Skriv til mig

Besked

Navn

E-mail

Telefonnummer

Send

På hjemmesiden kan håndbogen samt film og andet relevant materiale downloades.

## Kvalitetssikrings-/registreringsordning for funktionsafprøvning

Håndbogen i funktionsafprøvning med tilhørende korte instruktionsvideoer vil yderligere blive forankret ved en efterfølgende etablering af en kvalitetssikrings-/registreringsordning for funktionsafprøvning med sekretariat. Sekretariatet vil udbyde en række kurser, som skal bidrage til opkvalificering af dem, der beskæftiger sig med funktionsafprøvning i det daglige.

Udviklingen af håndbogen i funktionsafprøvning med tilhørende korte instruktionsvideoer er støttet af Realdania.

Udført af Teknologisk Institut

Forfattere: Claus Martin Hvenegaard og Søren Draborg

## Indholdsfortegnelse

Forord.....	1
Læsevejledning .....	6
Baggrund .....	6
1 Planlægning .....	7
2 Byggeprocessen.....	9
3 Ibrugtagningstilladelse .....	9
4 Overlevering .....	10
5 Opfølgning .....	11
6 Én-familiehuse.....	12
6.1 Varmeanlæg .....	12
6.1.1 Fjernvarmeanlæg.....	12
6.1.2 Kedelanlæg .....	12
6.1.3 Varmepumper .....	12
6.1.4 Varmesystem .....	13
6.1.5 Målinger .....	13
6.2 Ventilationsanlæg.....	16
6.2.1 Målinger .....	17
6.3 Solceller.....	23
6.3.1 Målinger .....	24
7 Etage- og kontorejendomme samt andre større bygninger .....	33
7.1 Varmeanlæg .....	33
7.1.1 Fjernvarmeanlæg.....	33
7.1.2 Kedelanlæg .....	34
7.1.3 Varmepumper .....	35
7.1.4 Varmesystem .....	35
7.1.5 Målinger .....	36
7.2 Ventilationsanlæg.....	39
7.2.1 Centrale ventilationsanlæg .....	39
7.2.2 Decentrale ventilationsanlæg .....	40
7.2.3 Målinger .....	42
7.3 Køleanlæg/chiller .....	50
7.3.1 Målinger .....	51
7.4 Belysningsanlæg .....	51

7.4.1	Målinger .....	52
7.5	Elevatorer .....	63
7.5.1	Målinger .....	63
7.6	Bygningsautomatik .....	64
8	Måleudstyr .....	65
9	Bilag .....	67
9.1	En-familiehuse .....	67
9.1.1	Fjernvarmeanlæg .....	67
9.1.2	Registreringsskemaer .....	69
9.1.3	Kedelanlæg .....	70
9.1.4	Registreringsskemaer .....	72
9.1.5	Varmepumper .....	74
9.1.6	Registreringsskemaer .....	78
9.1.7	Registreringsskemaer .....	79
9.1.8	Varmesystem .....	81
9.1.9	Registreringsskemaer .....	102
9.1.10	Ventilationsanlæg .....	118
9.1.11	Registreringsskemaer .....	127
9.1.12	Solcelleanlæg .....	136
9.1.13	Registreringsskemaer .....	143
9.2	Etageejendomme, kontorbygninger og andre større bygninger .....	148
9.2.1	Fjernvarmeanlæg .....	148
9.2.2	Registreringsskemaer .....	153
9.2.3	Kedelanlæg .....	155
9.2.4	Registreringsskemaer .....	161
9.2.5	Varmepumper .....	169
9.2.6	Registreringsskemaer .....	171
9.2.7	Varmesystem .....	172
9.2.8	Registreringsskemaer .....	179
9.3	Funktionsafprøvning for ventilationsanlæg .....	185
9.3.1	Centrale ventilationsanlæg til boliger .....	185
9.3.2	Decentrale ventilationsanlæg til boliger .....	194
9.3.3	Centrale ventilationsanlæg til kontorer, indkøbscentre eller andre større bygninger .....	203
9.3.4	Registreringsskemaer .....	212
9.4	Funktionsafprøvning for køleanlæg .....	220

9.4.1	Registreringskemaer .....	223
9.4.2	Registreringskemaer .....	230
9.5	Funktionsafprøvning for belysningsanlæg .....	235
9.5.1	Registreringskemaer .....	243
9.6	Funktionsafprøvning af elevatorer .....	251
9.6.1	Registreringskemaer .....	253
9.7	Funktionsafprøvning af bygningsautomatik .....	255
9.7.1	Registreringskemaer .....	268
9.8	Attest vedrørende indregulering af anlæg .....	288
9.9	Attest for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret enfamilieshus .....	289
9.10	.....Attest for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret etagebyggeri, kontorbyggeri eller anden større bygning .....	290
10	Referencer .....	291

## Læsevejledning

Denne håndbog har til formål at vejlede bygherrer, entreprenører og rådgivere i, hvordan der kan udføres funktionsafprøvninger, så eventuelle krav i Bygningsreglementet BR18 er opfyldt. Håndbogen indeholder testprocedurer med tilhørende registreringsskemaer for alle typer anlæg, hvor der stilles krav om funktionsafprøvning, - dog undtagen biomassekedler og solvarmeanlæg.

Håndbogen er opdelt i testprocedurer for én-familiehuse, og for etage- og kontorejendomme samt andre større bygninger. I de indledende kapitler beskrives hvilke funktions-tests der skal udføres for de enkelte teknologier, hvilke målinger der i givet fald skal udføres samt hvordan der skal måles og hvilke krav der stilles til måleudstyret.

Testprocedurerne med de tilhørende registreringsskemaer for de enkelte funktionsafprøvninger findes i bilag 9.

I bilag 9 ses endvidere en attest vedr. korrekt indregulering af anlæg baseret på en indreguleringsrapport. Indreguleringsrapporten vedlægges som bilag til denne attest.

Endelig ses attester for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret enfamilieshus samt for anlæg i nybygget eller renoveret etagebyggeri, kontorbyggeri eller anden større bygning.

Testprocedurerne følger kravene i BR18 og de standarder, der er henvist til heri. Såfremt bygherren eller dennes rådgiver stiller funktionskrav udover BR18 eller standarderne heri skal der testes både op mod de krav der er i BR18 og bygherrens supplerende krav. Hvis der er krav i BR18 til funktion, ydelse eller effektivitet af en given installation kan disse krav ikke fraviges og er at betragte som minimumskrav.

## Baggrund

Sunde bæredygtige bygninger forudsætter korrekt dimensionerede og fejlfri tekniske installationer. Dermed er funktionsafprøvningen, – dokumentationen af installationernes funktion og ydelser, – en vigtig afslutning af byggeprocessen.

Opfyldelse af energirelaterede krav i byggeriet er afgørende for den grønne omstilling. Imidlertid bliver mange byggerier afleveret med alvorlige fejl i de tekniske installationer. Resultatet er et ringere indeklima og et højere energiforbrug end forventet. I mange tilfælde opdages fejl og mangler aldrig eller i bedste fald først under driften, og korrigeres i forbindelse med ét- og femårsgennemgangen.

Bygningsreglementet stiller krav om, at nye tekniske installationers energimæssige ydeevne og styring skal måles og testes ved en funktionsafprøvning. Kravene gælder både installationer i nybyggeri og ved omfattende udskiftning af installationer i eksisterende byggeri.

Som led i funktionsafprøvningskravenes indførelse i 2017 (BR15), blev der udarbejdet vejledninger i funktionsafprøvning for de centrale installationsområder. Desværre viser erfaringer fra praksis, at der er betydelige barrierer og udfordringer i forbindelse med afprøvningen. Det gælder f.eks. manglende viden om korrekte målemetoder og procedurer relateret til installationerne, samt funktionsafprøvning for installationernes samspil via bygningsautomation, med henblik på dokumentation af korrekt indregulering og energieffektiv bygningsdrift.

Erfaringerne fra gennemførte og mangelfulde (eller helt manglende) funktionsafprøvnninger har vist, at der er behov for et kvalitetsløft og øget fokus, der sikrer og dokumenterer korrekte funktioner og dermed bidrager til det ønskede sunde og bæredygtige byggeri.

Nærværende håndbog skal medvirke til dette kvalitetsløft, og medvirke til at sætte øget fokus på funktionsafprøvning.

## 1 Planlægning

En funktionsafprøvning betyder ikke nye krav til ydeevnen af installationerne, men er en præcisering af hvordan det skal kontrolleres om de enkelte installationer der er leveret af de udførende, opfylder de af bygherren stillede krav samt om de samlede installationer interagerer som tiltænkt.

En funktionsafprøvning stiller krav til både bygherren og dennes rådgiver samt til de udførende, idet det i udbudsmaterialet nøje skal være specificeret, hvilke installationer der skal testes og hvordan de skal testes. Desuden skal det sikres, at de komponenter, f.eks. målere, der i givet fald skal være til stede for at testen kan udføres som anført er etableret. Endelig skal det nøje beskrives i udbudsmaterialet, hvordan de enkelte installationer skal fungere og hvordan de skal fungere i sammenhæng med de øvrige bygningsinstallationer, dvs. den driftsstrategi der er lagt for bygningen skal nøje beskrives. Endvidere skal det fremgå af projektets tidsplan, hvornår der skal udføres funktionsafprøvning.

Det vil normalt være den/de rådgivere der er tilknyttet byggeprojektet, der specificerer hvordan der skal foretages funktionsafprøvning. Den funktionsafprøvning der skal foregå, er specifik for det enkelte projekt, idet der er forskel på hvilke installationer der indgår i bygningen samt forskel på hvordan bygherren og dermed rådgiveren ønsker bygningens driftsstrategi. Størsteparten af de tests og målinger der indgår i en funktionsafprøvning på installationsniveau, vil dog være de samme, - det er funktionsafprøvningen af de samlede bygningsinstallationer der vil variere, og som i mange tilfælde er en helt essentielle del af funktionsafprøvningen.

For at funktionsafprøvning skal have berettigelse, er det vigtigt at der allerede i udbuddet er fastlagt hvad der skal testes, hvordan det skal testes og hvilke krav der er til de enkelte anlægs funktion. Endelig er det nødvendigt at det nøje beskrives hvordan testen skal udføres og af hvem. Effekten af funktionsafprøvning afhænger af en grundig indarbejdelse i udbudsmaterialet, bl.a. i funktionsbeskrivelserne, grænsefladeskemaet, udbudstidsplanen, økonomistyring og via præciseringer til AB18 og ABT18.



Desuden er det vigtigt, at samtlige entreprenører på et byggeri tiltræder og godkender udbudstidsplanen. Ansvar for at tidsplanen holdes skal indskærpes for entreprenørerne.

Det skal sikres, at funktionsafprøvningen udføres som specificeret, herunder at målingerne udføres som anført med troværdigt måleudstyr, således resultaterne af testen er valide.

En af funktionsafprøvningens styrker er, at den adskiller brugen af den/de leverede installationer fra den faktiske funktion. Det sker ved, at installationerne effektivitet og funktion testes før de tages i brug. Dermed imødegås den tvivl der kan opstå efterfølgende om en given installation har den ønskede ydeevne, energieffektivitet, korrekt styring m.m. under de ønskede driftsforhold.

Funktionsafprøvning giver kun mening, hvis installationerne testes grundigt igennem, og hvis der foretages én samlet funktionsafprøvning, hvor det kontrolleres at det samspil der er mellem de enkelte installationer, fungerer som tiltænkt. Desuden skal funktionsafprøvningen foretages inden ibrugtagningen, da det ellers kan være svært at foretage en grundig, tilbunds-gående og samlet funktionsafprøvning. Det er således en forudsætning at funktionen af bygningens enkelte installationer samt det overordnede, samlede samspil mellem de enkelte installationer er nøje beskrevet i udbudsmaterialet.

Det er nødvendigt at der er udnævnt en person (eller firma), der er ansvarlig for både funktionsafprøvningen af de enkelte installationer og for den samlede funktionsafprøvning. Den ansvarlige skal have meget betydelig anlægsteknisk indsigt, og skal være i stand til at kunne gennemskue komplekse tekniske og energimæssige sammenhænge. Desuden skal den ansvarlige have den fornødne kompetence til at beslutte om resultaterne af funktionsafprøvnin-gerne er tilfredsstillende ud fra de opstillede krav. Det er især vigtigt, at funktionsafprøvnin-gen af bygningsautomatikken (f.eks. CTS-anlægget) udføres af en person der kan gennemskue om den ønskede driftsstrategi for de tekniske anlæg er implementeret korrekt.

For at en funktionsafprøvning kan gennemføres meningsfuldt er det vigtigt at den udføres når:

- Alle entreprenører har udført og afsluttet alle deres aktiviteter og bygningen er klar til brug
- Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol af alle aktiviteter er godkendt af bygherrens tilsyn
- Der er udført tilsyn på entreprenørernes ydelser jf. ABR89
- Entreprenørerne skal have afsluttet eventuel mangeludbedring fra tilsynets kommentarer
- Fagtilsynet har godkendt entreprenørernes mangeludbedring

Hvis ikke alle disse punkter er opfyldt kan der ikke foretages en grundig, samlet funktionsafprøvning. Det betyder således også, at de entreprenører der har leveret installationer først i byggeforløbet, ikke er i stand til endeligt at aflevere deres leverance før ved byggeriets afslutning, og at de efter at have forladt byggeriet skal stille mandskab til rådighed for en funktionsafprøvning. Det anbefales, at dette nøje specificeres i udbudsmaterialet ligesom at det af betalingsplanen skal fremgå, at der tilbageholdes et vist beløb indtil at den samlede funktionsafprøvning er tilendebragt med et for bygherren tilfredsstillende resultat. Det foreslås, at der udarbejdes et grænsefladeskema, dvs. en matrix over de enkelte installationer og den interaktion der er mellem de enkelte installationer med en liste over de funktioner der

skal være til stede. I udbudsmaterialet bør det specificeres at alle de installatører/entreprenører, der har leveret installationer, der fremgår af grænsefladeskemaet, skal være til stede med en repræsentant ved funktionsafprøvningen.

Funktionsafprøvningen bør udføres af en uvildig 3. part og kan f.eks. overordnet set foretages efter DS3090, "Commissioning-processen til bygninger - Installationer i nybyggeri og større ombygninger", for at sikre en ensartet, høj kvalitet.

## 2 Byggeprocessen

I henhold til Bygningsreglementet kap. 22 § 450 skal der gennemføres funktionsafprøvning før ibrugtagning. For nyopførte bygninger skal dokumentation af funktionsafprøvningen indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.

Det er vigtigt at byggeforløbet løbende følges nøje af byggeledelsen og af de rådgivere der er tilknyttet projektet, så uhensigtsmæssigheder der senere vil være svære eller umulige at rette opdages i tide. Desuden er det vigtigt at byggeledelsen og rådgiverne er til rådighed for entreprenørerne, så de kan få afklaret spørgsmål uden unødigt forsinkelse. Derfor er det meget vigtigt for byggeprocessen, at rådgiverne og byggeledelsen er yderst kompetente og erfarne, og kan overskue konsekvenserne af de valg det altid vil være nødvendigt at træffe i enhver byggeproces.

## 3 Ibrugtagningstilladelse

Ud over at vise efterlevelse af de funktionskrav der er stillet til det aktuelle byggeri, skal de målte værdier også bruges som grundlag for eftervisning af at kravene til byggeriets energiramme er overholdt, så den kommunale myndighed kan udstede ibrugtagningstilladelse.

Den energirammeberegning, som bygherre skal stille til rådighed for den afsluttende energimærkning af byggeriet, skal derfor stemme overens med resultaterne fra funktionsafprøvningen.

I forbindelse med udarbejdelse af energimærket, vil energikonsulenten bl.a. verificere, at der foreligger dokumentation for indregulering og funktionsafprøvning og at måleværdier fra funktionsafprøvningen stemmer overens med værdierne i energirammeberegningen. Kun hvis disse forudsætninger er opfyldt, kan der udstedes et gyldigt energimærke efter reglerne om energimærkning af nybyggeri.

For at opnå Kommunens ibrugtagningstilladelse ved færdigmelding af byggeriet, skal såvel funktionsafprøvningsattest som energimærkningsrapport være afleveret til Kommunen. Se mere herom på Kommunernes fælles portal for anmeldelse og administration af byggesager, <https://www.bygogmiljoe.dk/>. Se figur 3.1 fra portalens vejledningsside.

Har du fået en byggetilladelse skal du anmelde yderligere to ting igennem Byg og Miljø:

- **Anmeld når du starter selve byggeriet**

Her skal du gennem dit projekt oplyse det inden du påbegynder byggeriet. Du skal ikke vente på svar på at du påbegynder et byggeriet.

- **Anmeld når du er færdig med byggeriet**

Her skal du dokumentere at du bl.a. har overholdt byggereglementet med mere.

**Når du har færdigmeldt byggeriet må du ikke tage det i brug før du har modtaget en ibrugtagningstilladelse.**

Figur 3.1 Kommunernes fælles portal for anmeldelse og administration af byggesager.

## 4 Overlevering

Når bygningen overleveres til bygherren, er det helt nødvendigt, at drifts- og vedligeholdelsesinstruktionen indeholder en udførlig beskrivelse af driftsstrategien for hver enkelt installation samt en udførlig beskrivelse af den overordnede driftsstrategi, dvs. hvordan installationerne skal interagere med hinanden. I drifts- og vedligeholdelsesinstruktionen skal der være en komplet oversigt over samtlige indstillingsværdier for driftsparametre og setpunkter, som var til stede ved funktionsafprøvningen og ved hvilke bygningens installationer fungerede efter den lagte driftsstrategi.

I forbindelse med overleveringen skal der ske oplæring af de personer, der skal drifte bygningen, i bygningens installationer og den ønskede drift heraf, så driftspersonalet så godt som det er muligt forstår hvordan bygningens skal driftes.

Mange nyere bygninger er udrustet med en lang række installationer, som ventilations- og varmeanlæg, belysning, solafskærmning og køleanlæg, der alle driftes efter at der skal opnås et godt indeklima. Da de forskellige installationer influerer på hinanden, kan både styringen af de enkelte installationer og den overordnede styring være ret kompliceret. Derved kan det være svært at gennemskue konsekvenserne for indeklima og energiforbrug, der følger af selv mindre ændringer i driftsparametre og setpunkter. Det bør derfor altid indskærpes overfor driftspersonalet, at ændringer i driftsparametre og setpunkter så vidt muligt skal undgås, og hvis det alligevel skønnes nødvendigt, skal det først ske efter moden overvejelse mulige konsekvenser.

Det bør ligeledes formidles til bygherren og dennes driftspersonale, at det i vid udstrækning ikke er muligt at opnå et individuelt tilpasset indeklima for hver enkelt bruger af en bygning. Det kan kun ske for brugere, der er placeret i eget kontor eller egen lejlighed. Derfor vil der altid være brugere i en bygning, der er utilfredse med indeklimaet. Indeklimaet og dermed energiforbruget bør styres efter at flertallet føler sig komfortable. Det anbefales, at brugerne

af bygningen informeres om de forventninger de kan have til indeklimaet i forhold til f.eks. temperatur, lysniveau og støj. I den forbindelse anbefales det, at der udarbejdes en indeklimapolitik, hvoraf der fremgår kriterier for passende rumtemperatur, lysniveau etc. På den måde formidles og dokumenteres, hvad der anses for et godt indeklima i den enkelte bygning. Samtidig gives driftspersonalet fastsatte kriterier for det indeklima der skal være i bygningen, som de kan anvende i forbindelse med eventuelle brugerønsker om ændringer.

## **5 Opfølgning**

Der bør om muligt foretages opfølgende funktionsafprøvninger i forbindelse med ét-års gennemgangen for at sikre, at bygningens installationer og styringen af disse fungerer som planlagt jf. den lagte driftsstrategi.

De ændringer der måtte være foretaget i styringen af de enkelte installationer efter at bygningens ibrugtagelse skal dokumenteres i installationernes D&V materiale.

## 6 Én-familiehuse

### 6.1 Varmeanlæg

#### 6.1.1 Fjernvarmeanlæg

Fjernvarmeanlæg leveres som færdige units. Der er i BR18 ikke krav om at en fjernvarmeunit skal overholde nogen energikrav (årsvirkningsgrad). Der skal dog jf. BR18 tages stilling fjernvarmeunitens energimæssige effektivitet.

For fjernvarmeanlæg betyder en høj afkølingen af fjernvarmevandet en god udnyttelse af varmen i boligen og dermed en høj energimæssig effektivitet. En måde at opnå dette på, er ved altid af følge det lokale fjernvarmeværks bestemmelser for dimensionering og montage. Det tilhørende varmesystem underkastes funktionsafprøvning som beskrevet i kapitel 6.1.4 Varmesystem.

I denne håndbog er der en beskrivelse af en funktionsafprøvning, der kan gennemføres hvis der er installeret en fjernvarmeunit:

Test 1 - Kontrol af fjernvarmeunitens energimæssige effektivitet

#### 6.1.2 Kedelanlæg

Kedler leveres som færdige units. En kedel skal overholde EU's Ecodesignkrav og den testes i den forbindelse efter fastsatte kriterier i et laboratorium. Derfor giver det umiddelbart ikke mening af forsøge at måle virkningsgraden for kedlen. Der skal dog jf. BR18 tages stilling kedlens energimæssige effektivitet.

Det tilhørende varmesystem underkastes funktionsafprøvning som beskrevet i kapitel 6.1.4 Varmesystem.

I denne håndbog er der en beskrivelse af en funktionsafprøvning, der skal gennemføres af de forhold som kedlen skal fungere under:

Test 1 - Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet

#### 6.1.3 Varmepumper

Varmepumper leveres som færdige units. En varmepumpe skal overholde Ecodesignkrav og den testes i et laboratorium under fastsatte kriterier. Derfor giver det umiddelbart ikke mening af forsøge at måle en virkningsgrad for varmepumpen. Der skal dog jf. BR18 tages stilling varmepumpens energimæssige effektivitet.

Det tilhørende varmesystem underkastes funktionsafprøvning som beskrevet i kapitel 6.1.4 Varmesystem.

I denne håndbog er der en beskrivelse af to funktionsafprøvnings, der skal gennemføres hvis der er installeret en varmepumpe:

Test 1 - Kontrol af varmepumpes energimæssige effektivitet

Test 2 - Kontrol af afrydningsfunktion for luft/vand varmepumper

#### **6.1.4 Varmesystem**

Indregulering og styring af varmeanlæg med fjernvarme, luft-vandvarmepumpe og kondenserende naturgaskedel som varmekilde omfatter automatiske reguleringssystemer som fremløbsstyringen (vejrkompenseringen), der sørger for at regulere fremløbstemperaturen i forhold til udetemperaturen. Desuden kan styringen foretage skift mellem rumopvarmning og brugsvandsopvarmning. De automatiske reguleringssystemer omfatter endvidere temperaturstyringen (radiatortermostatventiler og reguleringsventiler til gulvvarme).

Afprøvningen skal eftervise, at anlægget er indreguleret efter forudsætningerne og at behovsstyringen fungerer som forudsat. Ved "indregulering" forstås, at centralvarmevandet fordeles, så de enkelte radiatorer eller gulvvarmekredse tilføres de beregnede og projekterede vandmængder ved de dimensionerende temperatursæt for at opnå en energieffektiv drift og god komfort.

Indreguleringen sker ved at indstille samtlige ventiler med forindstillingsmulighed i radiator- og/eller gulvvarmeanlægget. Indreguleringen sker endvidere ved at indstille varmeanlæggets fremløbstemperaturstyring.

Ved "styring" af anlægget forstås en behovsstyring, der kan tilpasse ydelsen efter det aktuelle behov for at opnå en energieffektiv drift og god komfort.

Håndbogen indeholder beskrivelser af tests, målemetoder og tjeklister. Der er beskrevet otte forskellige tests, hvoraf nogle er aktuelle i det konkrete tilfælde afhængig af varmeinstallationen:

Test 1 - Kontrol af indregulering

Test 2 - Kontrol af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) af radiatoranlæg

Test 3 - Kontrol af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) af gulvvarmeanlæg

Test 4 - Kontrol af bygningsautomatik (reguleringsventiler)

Test 5 - Kontrol af radiatortermostatventiler

Test 6 - Kontrol af reguleringsventiler til gulvvarme

Test 7 - Kontrol af varmtvandsprioritering

#### **6.1.5 Målinger**

##### **6.1.5.1 Måling af temperaturer**

Til måling af udelufttemperaturen benyttes et kalibreret håndholdt termometer.

Til måling af fremløbstemperatur til varmeanlæg benyttes en kalibreret temperaturføler, som monteres i en dykrørslomme i fremløbsledningen. Hvis der ikke er en dykrørslomme i fremløbsledningen, monteres temperaturføleren på fremløbsledningen med kontaktpasta. Temperaturføleren isoleres med lamelmåtte eller rørskål.



Figur 6.1 Termometre på gulvvarmeanlæg

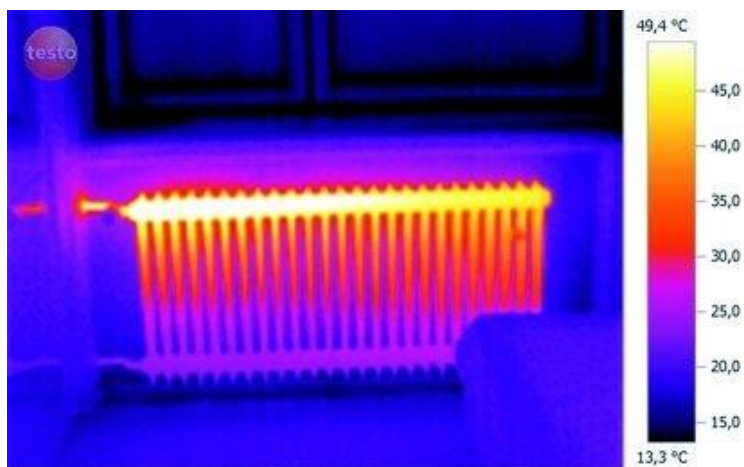


Figur 6.2 Gulvvarmeanlæg

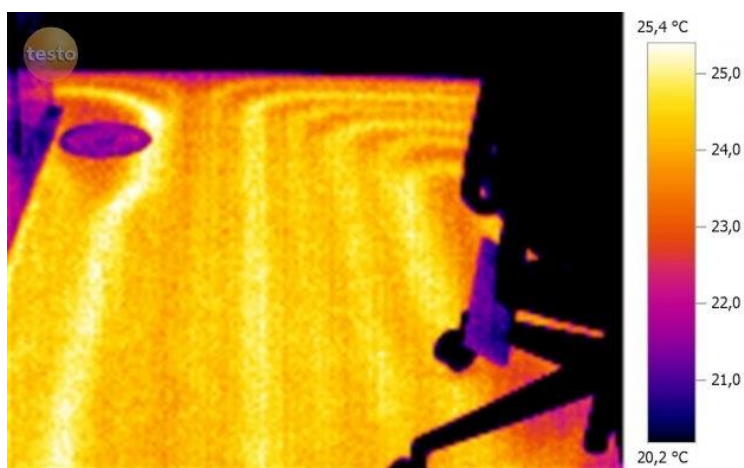
Til måling af overfladetemperaturer kan benyttes termografiudstyr, som anvender de infrarøde stråler, som det termograferede objekt udsender, til at udarbejde et visuelt billede af overfladetemperaturen.



Figur 6.3 Termografiudstyr (IR kamera)



Figur 6.4 Billede af radiator foretaget med termografiudstyr



Figur 6.5 Billede af gulvvarme foretaget med termografiudstyr



## 6.2 Ventilationsanlæg

Der kan være mange gode grunde til at installere et ventilationsanlæg, herunder et forbedret indeklima og et lavere energiforbrug. Men det skal sikres, at ventilationsanlægget giver et tilfredsstillende indeklima uden driftsforstyrrelser og med lavest muligt energiforbrug. Byggherren/rådgiveren skal stille præcise og relevante krav til anlægget fra starten, og få testet det nye anlæg op imod kravene inden aflevering. Det kan gøres med en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Luftmængder (nominel luftstrøm) overholder kravene i BR18
- Specifikt elforbrug til lufttransport (SFP-værdi)
- Eventuel behovsstyring, som skal fungere 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.



Figur 6.6. Ventilationsanlæg i enfamilieshus

I denne håndbog er der beskrivelser af en række relevante funktionsafprøvninger, som fortæller, hvad det er relevant at måle på, når den afsluttende funktionsafprøvning skal gennemføres. Der er beskrevet fire forskellige typer af test:

Test 1 - Kontrol af luftmængder

Test 2 - Kontrol af specifikt elforbrug (SFP-faktor)

Test 3 - Kontrol af automatik

Test 4 - Kontrol af temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed

Det er jf. BR18 ikke lovpligtigt at gennemføre test 4

## 6.2.1 Målinger

### 6.2.1.1 Måling af luftmængder

#### **Traversmåling i kanal**

Luftmængden er produktet af lufthastigheden og tværsnitsarealet (typisk af en kanal).

Lufthastigheden måles normalt med et kalibreret varmetrådsanemometer i et måleplan som afhænger af kanalens dimensioner (se nedenfor).



Figur 6.7 Varmetrådsanemometer (måling af lufthastighed i kanal)

#### **Måling i cirkulære kanaler**

Målepunkterne placeres, som vist i nedenstående tabel.

Luftmængden bestemmes af:

$$q_v = v_m \cdot A \cdot K \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

hvor:

$v_m$  er middelværdien af lufthastigheden [m/s]

$A$  er kanalværsnitsarealet [m<sup>2</sup>]

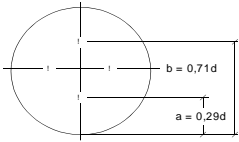
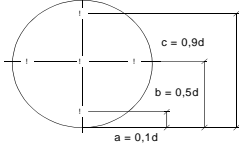
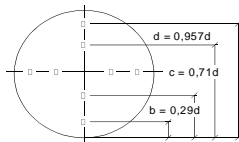
$K$  er en korrektionsfaktor, der er:

0,96 for  $d_n \leq 160$  mm

0,97 for  $200 \leq d_n \leq 400$  mm

0,98 for  $500 \leq d_n \leq 1.200$  mm

Metodefejlen er 4 - 6%.

diameter [mm]		Målepunkternes placering, mm.			
		a	b	c	d
100 125 160		29 36 46	71 89 114		
200 250 315 400		20 25 32 40	100 125 160 200	180 225 283 360	
500 630 800 1000 1250		22 27 34 43 54	145 185 230 290 360	355 445 570 710 890	478 603 766 957 1196

Figur 6.8 Målepunkter i cirkulære kanaler (rekommenderet / anbefalet måleplan)

Med hensyn til ovenstående tabel anbefales det at anvende 5-punktsfordelingen til alle dimensioner mindre end 400 mm (diameter), hvis der er plads til instrumentet, da 4-punktsfordelingen ikke scanner lavhastighedsområdet nær væggene tilstrækkeligt og giver for høje luftstrømsværdier ved små kanaler.

For at benytte et rekommanderet/anbefalet måleplan, skal strømmingen være ensartet jævn og ikke roterende på målestedet, hvilket først opnås i en afstand på 6 – 8 gange diameteren fra bøjninger, spjæld og andre forstyrrelser og med 2 – 3 gange diameteren til den næste enkeltmodstand.

Hvis strømmingen i måleplanet ikke er jævn, er det nødvendigt at foretage en alternativ måling.

### Måling med håndholdt måletragt

Luftmængderne gennem indblæsnings- og udsugningsåbninger kan i mange tilfælde med fordel bestemmes ved hjælp af et anemometer i en håndholdt måletragt, der kan omslutte åbningen. Tragte er velegnede til måling på runde og kvadratiske åbninger, f.eks. anemostater og udsugningsventiler, og de er især nyttige, hvis der skal måles på mange ens armaturer, eller hvis det er vanskeligt at bestemme middelhastigheden over armaturerne.



Figur 6.9. Indblæsningsarmatur



Figur 6.10. Udsugningsarmatur




Figur 6.11. Måling med håndholdt måletragt

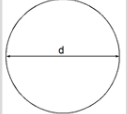
Tragte med anemometre leveres fabriksfremstillede og kalibrerede, så man på en kurve kan aflæse luftmængden, i afhængighed af anemometervisningen eller direkte på instrumentets skala. Ovenstående figur viser et eksempel på en tragt til måling på udsugningsventiler. Tragten er udformet som en venturidyse, hvorved opnås, at hastigheden i centrum bliver veldefineret og af en passende størrelse samtidig med, at trykfaldet er lavest muligt. Det bemærkes, at kurver, der gælder for måling på udsugningsåbninger, ikke umiddelbart kan anvendes ved måling på indblæsningsåbninger og omvendt.

### Måleskemaer

Målinger af lufthastigheder til beregning af luftmængder noteres i standardiserede måleskemaer. Der kan vælges måleskemaer til rekommanderede luftmålinger, alternative luftmålinger eller luftmålinger på trykudtag.



b2 =  mm  
a1 =  mm  
A =  m<sup>2</sup>



d =  mm  
A =  m<sup>2</sup>

Pkt. i kanal	Afstand	Aflæst værdi	Instrument	Sande	Målte- og beregnede data	
	mm	m/s	korrektion	hastighed		
			m/s	m/s		
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Måleplan før / efter:	<input type="text"/> <input type="text"/> m
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Type:	<input type="text"/> <input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Max hastighed målt:	<input type="text"/> m/s
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Hastighed målt i centrum	<input type="text"/> m/s
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Pendling v <sub>min</sub> / v <sub>max</sub> :	<input type="text"/> m/s <input type="text"/> m/s
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Instrumentfejl:	m <sub>1</sub> <input type="text"/> %
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Metodefejl:	m <sub>2</sub> <input type="text"/> %
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Aflæsningsfejl:	
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Skalaindelning	m <sub>3,1</sub> <input type="text"/> %
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Svingende aflæsning	m <sub>3,2</sub> <input type="text"/> %
11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Sandsynlig Målefejl:	
12	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_{3,1}^2 + m_{3,2}^2}$ m	<input type="text"/> %
13	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Korr. for kanalform:	k1 <input type="text"/>
14	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Korrigeret hastighed:	
15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Vm × k1	v <sub>k</sub> <input type="text"/> m/s
16	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
18	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
19	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Hastighed målt med instrument med dataopsamling	Hastighed målt v <sub>m</sub> <input type="text"/> m/s
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
21	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		Korrigeret hastighed v <sub>k</sub> <input type="text"/> m/s
22	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
23	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
24	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

Middelhastighed v<sub>m</sub> m/s

Volumenstrøm qv = vk × A ± sandsynlig målefejl  m<sup>3</sup>/s ±  %

Figur 6.12 Måleskema til rekommanderet luftmåling

### **Måling af temperaturer**

Alle temperaturer i et ventilationssystem, uanset om det er indblæsningstemperatur, temperatur virkningsgrad over varmegenvindingsenheden etc., skal måles med et kalibreret instrument for at sikre pålidelige resultater. Varmetrådsanemometer til måling lufthastigheden (se figur 6.7) kan anvendes til måling af lufttemperaturer.

### **Måling af effektoptag**

Effektmålingen på motorerne kan foretages i ventilationsanlæggets strømforsyningsboks. Derfor ses strømforsyningen til et ventilationsanlæg med fase, nul og jord.



Figur 6.13 Strømforsyningsboks til ventilationsanlæg

Effektmålinger i strømforsyningsbokse og eltavler må kun udføres af personer, der er tilstrækkeligt kvalificerede til at udføre arbejdet, så de kan undgå de farer, som elektricitet kan skabe. Disse personer skal periodisk og i nødvendigt omfang instrueres om sikkerhedsmæssig korrekt adfærd jf. BEK 1082 af 12/07/2016, §77+79.



Figur 6.14



Figur 6.15



Figur 6.16. Effektmåler

### 6.3 Solceller

Installationstilsluttede solcelleanlæg i forbindelse med bygninger findes i mange forskellige størrelser, udgaver og fabrikater. Som regel opføres de med henblik på at fortrænge en vis mængde købt el og/eller i forbindelse med overholdelse af en bygnings energiramme og der skal i så fald jf. BR18 tages stilling til anlæggets energimæssige effektivitet.

Det er vigtigt at bygherrens forventninger er klarlagt inden dimensionering og udførelse. Der er pr. marts 2021 ingen lovkrav til solcelleanlægs ydeevne eller effektivitet, kun til elsikkerhed og til at de ikke må skade bygningen de sidder på gennem forhøjet temperatur. Der henvises her til:

*Elsikkerhed:*

*DS/HD 60364-7-712:2016 Elektriske lavspændingsinstallationer – Del 7-712: Krav til særlige installationer eller områder – Solcellesystemer (fotovoltaiske systemer)*

*Temperatur:*

[https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/12/Krav/325\\_327](https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/12/Krav/325_327)

*Funktion:*

<https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/BRV/Funktionsafprøvning/Solceller>

Køberen af et solcelleanlæg kan med rette forvente at ovenstående krav er overholdt og at anlægget yder som beregnet eller oplyst af leverandøren. Alt efter anlægstype kan der være indbygget avancerede funktioner som energilagring i batteri, prioritering af elforbrug samt mulighed for at indsamle driftsdata. Nogle af disse funktioner er lette at eftervise, mens andre kræver længere tids overvågning og gode vejrforhold – og er dermed for omkostningstunge til at de giver mening ved anlæg til enfamiliehuse. Ønskes der for større anlæg en fuld funktionsafprøvning henvises der til standarden:

*DS/EN 62446-1:2016 Fotovoltaiske systemer – Krav til prøvning, dokumentation og vedligeholdelse – Del 1: Nettilsluttede systemer – Dokumentation, afprøvning ved idriftsættelse samt inspektion*

I denne håndbog er beskrevet nogle få men vigtige afprøvninger, der skal/bør gennemføres når den afsluttende funktionsafprøvning foretages. Det er forudsat at de basale krav til korrekt installation, el- og personsikkerhed er overholdt, hvorfor disse ikke er nærmere uddybet. Der henvises her til Sikkerhedsstyrelsens hjemmeside [www.sik.dk](http://www.sik.dk). Der er beskrevet tre forskellige typer af funktionstest som er forholdsvis hurtige og enkle at gennemføre (i dagtimerne) og som vil fange langt de fleste fejl:

Test 1 - Kontrol af elinstallation for solcelleanlæg inden opstart

- Korrekt indstilling af inverter
- Måling af tomgangsspænding og polaritet på hver af anlæggets strenge
- Måling af driftsspænding på hver af anlæggets strenge

Test 2 - Kontrol af ydelse for solcelleanlæg (kan erstattes af dataanalyse)

- Effektmåling på hver af anlæggets strenge (DC)
- Effektmåling på det samlede anlæg (AC)
- Beregning af korrigeret ydelse



Test 3 - Kontrol af styring for solcelleanlæg hvis relevant

- Kommunikation mellem anlæggets dele og energistyring
- Kommunikation med LAN/WIFI
- Kontrol af www brugerpanel

### 6.3.1 Målinger

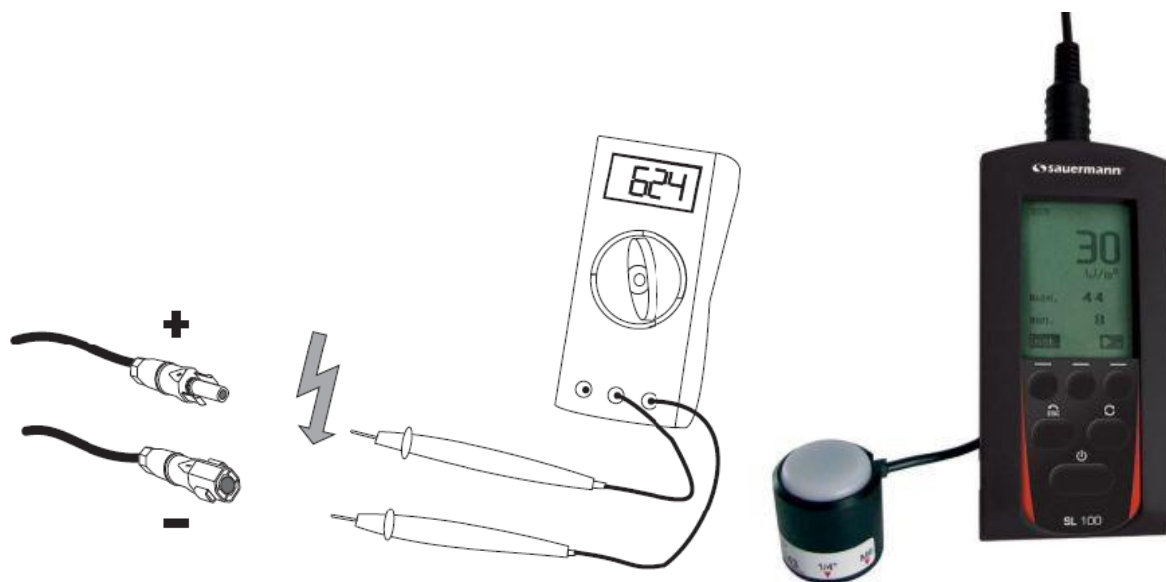
#### 6.3.1.1 Måling af DC-spænding

##### **Tomgangsspænding ( $V_{oc}$ )**

Måling af tomgangsspændingen fra en seriekoblet streng af solcellemoduler giver vigtig information om, hvorvidt der er sammenkoblet det rette antal elementer og om der er korrekt polaritet ved indgang til inverter eller samleboks. Målingen kan udføres med almindeligt multimeter med måleområde op til 1000 V dc. Visse nyere anlæg kan dog nå helt op til 1500 Vdc og så må instrumentet være godkendt til den højere spænding. Målingen forudsætter at der er sollys på anlægget, men selv moderat dagslys vil være nok til at gennemføre en spændingsmåling.

*OBS må kun udføres af personer med bestået elsikkerhedskursus, livsfarlig spænding!*

Som alternativ til måling med multimeter, vil man eventuelt kunne bruge inverterens display til aflæsningen, såfremt den ikke trækker strøm (skal sættes i standby mode). Man kan også vælge at bruge en solcelleanalysator (IV-curve tracer) som beskrevet under måling af effekt.



Figur 6.17. Multimeter til DC måling samt solariemeter til solmåling i solcellernes plan

Målinger af DC-spænding på hver streng noteres i følgende måleskemaer (tabel 6.1). For at målingen skal være gyldig, skal solintensiteten være over cirka 200 W/m<sup>2</sup> svarende til let overskyet himmel. Er der svagere sol, bliver den målte tomgangsspænding lidt lavere, men man vil stadig kunne sammenligne de enkelte værdier så længe lyset er stabilt. Hvis der måles mere end 10% afvigelse på en solcellestreng (seriekobling) er der grund til bekymring og nærmere undersøgelse inden anlægget sættes i drift.

### Driftsspænding ( $V_{mpp}$ )

Herefter sættes inverteren i drift og strengspændingerne aflæses igen, evt. direkte på inverteren. Måleværdier skal gerne ligge på 75-90% af tomgangsspændingen. Hvis de ikke gør det, er det tegn på fejl i den pågældende streng, for eksempel en løs forbindelse eller uensartet modulydelse.

### Måleskemaer

Følgende skema benyttes ved spændingsmålinger:

Parameter:	Streng 1	Streng 2	EKSEMPEL	Streng n
Strengens beregnede tomgangsspænding	$V_{oc,streng} = N \times V_{oc}$		14 moduler i serie x 49,56 V = 693,8 V	
Målt tomgangsspænding	Måleværdi 1a		675 V	
Afvigelse under 10%? <sup>1)</sup>	$1a/V_{oc,streng}$		$675/693,8 = 0,97$ (OK)	
Målt driftsspænding	Måleværdi 1b		560 V	
Relativ driftsspænding <sup>2)</sup>	$1b/1a$		$560/675 = 0,83$ (OK)	

Tabel 6.1. Spændingsmålinger

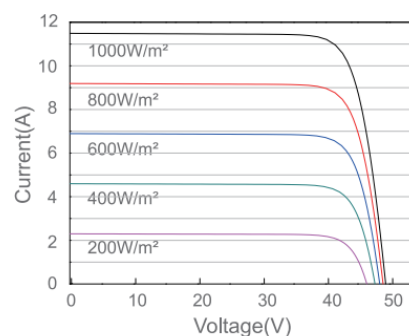
- 1) Afvigelser som alene skyldes temperatur og solintensitet vil i Danmark normalt være under 10% når solen rammer anlægget
- 2) Værdien afhænger noget af solcelletype og kan evt. beregnes fra databladsoplysninger som  $V_{mpp}/V_{oc}$

Uddrag fra datablad i eksempel:

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC	
TYPE	JAM72S20-445/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	445
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.56
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.21
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.32
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.80
Module Efficiency [%]	20.0

Figur 6.18. Datablad

Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Figur 6.19. Strøm-spændings kurve

$$V_{relativ} = 41,21/49,56 = 0,83$$

Det kan være en god ide at kontrollere strømstyrken med et DC tangamperemeter såfremt der er afvigende spænding, da det kan indikere hvilken fejl der er tale om. Husk at indstille til DC måling i korrekt måleområde, hvis der er flere muligheder.



Figur 6.20 Strømtang til DC-måling

Når alle solcellestrengene er konstateret i orden, er næste skridt måling af ydelse (effekt).

NB: Nogle typer anlæg kan ikke måles på denne måde, herunder anlæg med modulintegreerede invertere. I så fald noteres dette og målingen springes over.

### 6.3.1.2 Måling af effekt

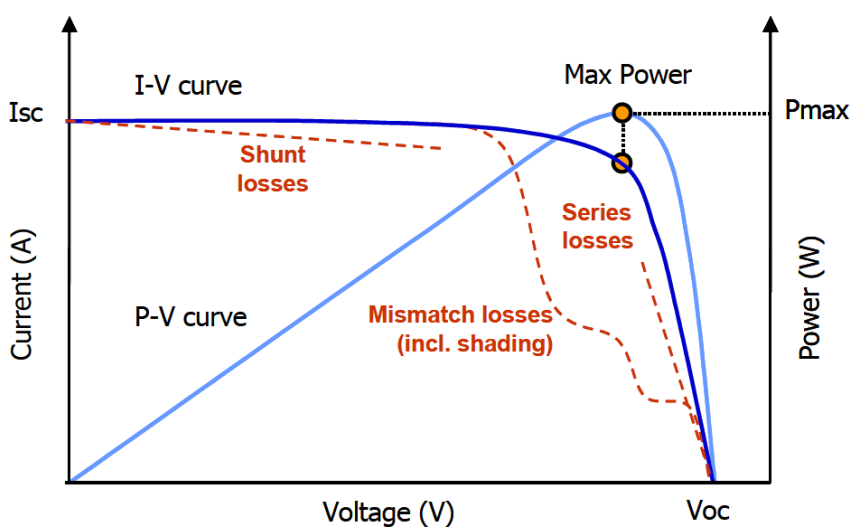
#### **Effektmåling på strengniveau**

Målinger af DC-effekt på hver streng kan enten måles med et specielt apparat til solcellemålinger (IV-curve tracer) eller med inverterens indbyggede måler. Effektmåling kræver, at der er nogenlunde klar og stabil sol og for at kunne omregne måleværdier til standardforhold kræves en samtidig måling af solintensiteten og helst også solcelletemperaturen.

Hvis man vælger at måle med en IV-curve tracer kan denne måling erstatte de manuelle spændingsmålinger beskrevet i foregående afsnit.



Figur 6.21 Apparat til måling af strøm- spændingskarakteristik kaldet IV-curve tracer. En glat kurve som vist er tegn på en sund modulstreng. Til højre er vist referencecelle til måling af solintensitet. Sensoren skal anbringes i samme plan som solcellerne



Figur 6.22 Afvigelser og uregelmæssigheder på kurvens form er typisk tegn på defekter i samlinger eller moduler, men kan også skyldes skygge på dele af anlægget.

Forklaring til figuren:

Shunt losses: Svarer til at der er en intern modstand i parallel med terminalerne. Jo lavere denne parallelmodstand er, jo mere strøm bliver afsat internt i stedet for at komme brugeren til gode. En vandret kurve betyder at der er uendelig stor parallelmodstand.

Series losses: Svarer til at der er en modstand i serie med udgangen. Jo lavere modstand, jo mere uhindret finder strømmen vej ud af cellen og jo stejlere er det sidste ben på kurven.

Mismatch losses: Er der underlige knæk på kurven skyldes det at der er for stor forskel på de enkelte cellers eller modulers elektriske ydelse. Det kan enten være produktionsfejl eller hvis der er skygge på enkelte dele af anlægget.

### **Effektmåling på inverter-niveau**

AC-effekten fra inverteren kan aflæses direkte på dennes display eller via www-interface. Ved at foretage en række målinger under stabile vejrforhold, vil man få et godt mål for om anlægget samlet set yder som forventet.



Figur 6.23. Effektmåling på inverter-niveau

Eksempel målt ved:  
740 W/m<sup>2</sup> sol  
15 °C luft

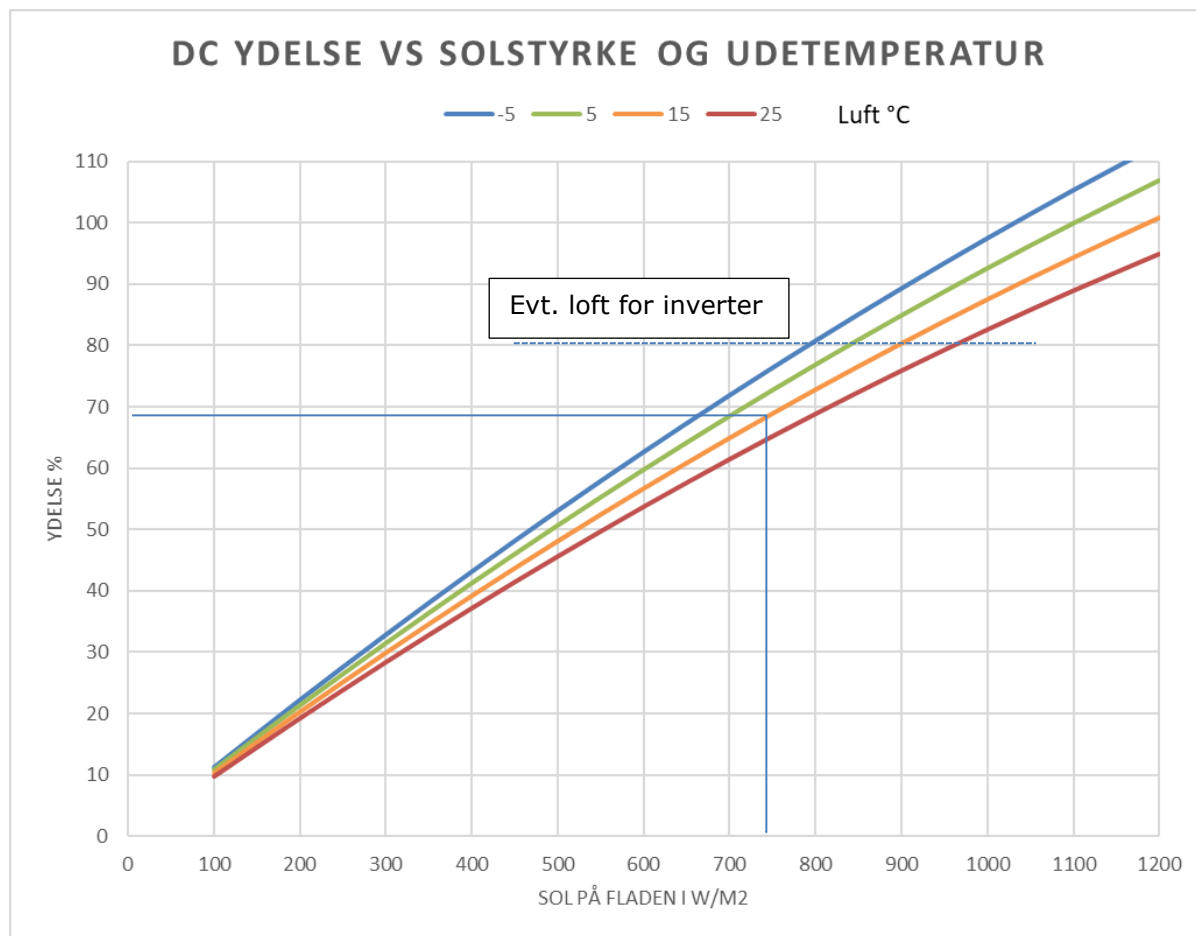
### **Korrigeret ydelse**

For at sammenligne den målte ydelse med den projekterede, skal der foretages en omregning til Standard Test Conditions (STC). For typiske krystallinske siliciummoduler kan man benytte figur 6.24 nedenfor til formålet. Med ovenstående eksempel på aflæsning finder man:

Relativ ydelse = ca. 68% (ved aflæsning på figur 6.23)

Nominel ydelse =  $1.253/0,68 = 1.843 \text{ W}$ .

Anlægget kan betragtes som i orden hvis værdien er indenfor den projekterede DC-effekt +/- 10%.



Figur 6.24 Figur til ydelseskorrektion. Kræver brug af solmåling på samme flade som anlægget.

### Ydelseskontrol under normal drift

Kurverne viser den omtrentlige anlægsydelse i % af den nominelle værdi under varierende driftsforhold. Bemærk at kurverne kun gælder for svage vindforhold, idet vinden har indflydelse på den faktiske solcelletemperatur, og dermed driftsspændingen. Der er regnet med typiske moduler med en effektreduktion på 0,4% pr grad celletemperaturen stiger.

Hvis man kan aflæse effekten (helst per DC-streng) på inverteren samtidig med at man måler solintensiteten i solcellernes plan kan man på denne måde afsløre alvorlige fejl. Kurven gælder kun i det omfang inverteren kan aftage effekten. Hvis inverteren er underdimensioneret skal man ikke bruge måleværdier optaget i fuld sol, men hellere ved moderat indstråling hvor inverteren ikke er en begrænsende faktor.

Som alternativ til IV kurvemåling kan en belastning med hver streng for sig og udlæsning på inverteren give information om de enkelte dele fungerer korrekt. I praksis kan det ske ved at stikforbindelser til de enkelte strenge kobles til inverteren én ad gangen og til slut kobles alle til.

**Måleskemaer**

Tabel 6.2 benyttes ved effektmålinger:

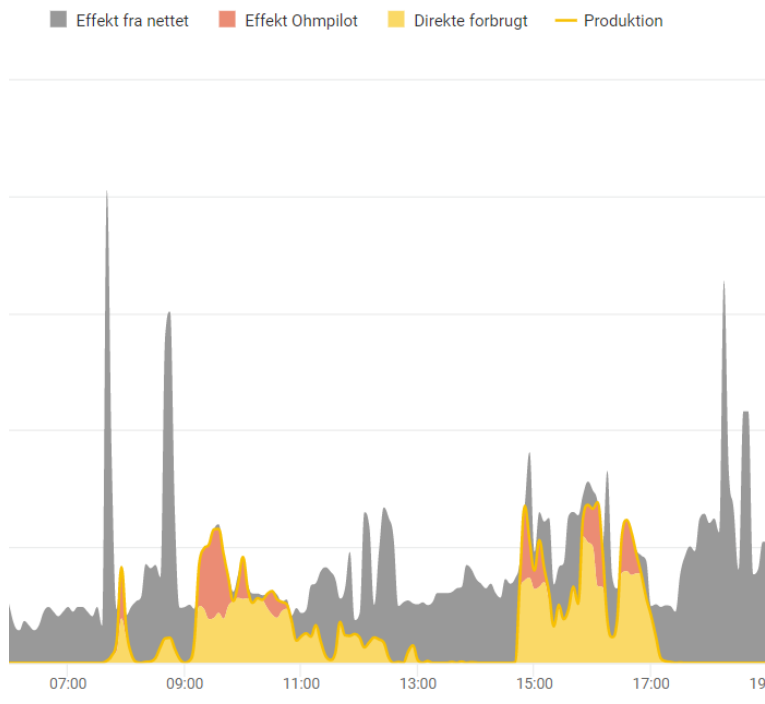
	Kun streng 1	Kun streng 2	EKSEMPEL	Alle strenge
Modul effekt	$N \times P_{nom}$		10 x 180 Wp	
Målt AC effekt	Måleværdi 1a	2a	1253 W	
Korrigeret effekt	Måleværdi 1b	2b	1253/0,68 = 1843 W	
Inverter begrænsning nået?			Nej	

Tabel 6.2. Effektmålinger

**6.3.1.3 Test af brugerflade og automatik**

Nye solcelleanlæg er ofte udstyret med energilager samt software som muliggør at ejeren kan bede systemet om at ind- og udkoble elforbrug alt efter hvor meget egenproduceret el der er til rådighed. Da nogle af disse styringer er ganske avancerede og kan have forsinkelsesfunktioner og reaktion på prissignaler indbygget, kan de være vanskelige at teste ved en kortvarig måling. I stedet må man analysere data opsamlet over en længere periode for at se om anlægget opfører sig som forventet. Da det er meget individuelt hvad kunden har af forudsætninger og ønsker, anbefales det at aftale forløbet fra sag til sag. Simple relæstyringer og lignende kan dog umiddelbart prøves af som følger:

1. Log ind på anlæggets fjernovervågning for at aflæse forbrug og produktion fra "smart meter"
2. Sluk så meget elforbrug som muligt og se hvordan styringen reagerer når der opstår et overskud af sol-el. Det kan for eksempel være opladning af elbil, opladning af eksternt batteri eller aktivering af elvarmepatron i varmtvandsbeholderen
3. Sluk for inverteren for at se om systemet reagerer korrekt når der er underskud af egenproduceret el. Som regel ønsker man at ekstraforbruget skal kobles ud



Figur 6.25 Eksempel på brugerflade til aflæsning og funktionskontrol. I dette tilfælde tænder automatikken (Ohm-pilot) for elvarme hvis produktionen (de gule områder) overstiger forbruget (de orange områder)



Figur 6.26 Eksempel på elmåler til hovedtavle for måling af import/eksport. I nogle tilfælde bruges en simpel strømtang til at bestemme strømmens retning, især ved 1-fasede systemer.

### Måleskemaer

Tabel 6.3 benyttes ved test af automatik m.v.:

	Hovedmåler	Bimåler (smart meter)	Reaktion korrekt? (Specificer type af styring)
Måleperiode 1	Købt energi	Købt energi	
(underskud)	Solgt energi	Solgt energi	Ja/Nej
Måleperiode 2	Købt energi	Købt energi	
(overskud)	Solgt energi	Solgt energi	Ja/Nej

Tabel 6.3. Test af automatik



Accept hvis der er mindre end 5% afvigelse mellem aflæsninger på hovedmåler og bimåler samt at styringen reagerer korrekt. Hvis der er væsentlig afvigelse mellem de to målere, bør det i første omgang kontrolleres om hovedmåleren er en såkaldt fasemåler og i så fald skal kunden have tilbud fra netselskabet om udskiftning til en summationsmåler.

## 7 Etage- og kontorejendomme samt andre større bygninger

### 7.1 Varmeanlæg

I denne håndbog er der beskrivelser af en række relevante funktionstests for varmeanlæg som kan foretages, når den afsluttende funktionsafprøvning skal gennemføres.

Testene er opdelt efter om der er installeret et varmeanlæg med fjernvarme som varmekilde, om der er installeret et kedelanlæg eller om der er installeret en varmepumpe. Nogle af testene er de samme for alle typer varmeinstallation. I testbeskrivelserne er der input til, hvilke krav der bør stilles. Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.

#### 7.1.1 Fjernvarmeanlæg

Fjernvarmeanlæg i store bygninger opbygges som enten direkte anlæg med opblanding, blandesløjfeanlæg eller indirekte anlæg med veksler. Der er i BR18 ikke krav om at en fjernvarmeunit skal overholde nogen energikrav (årsvirkningsgrad). Der skal dog jf. BR18 tages stilling fjernvarmeanlæggets energimæssige effektivitet.

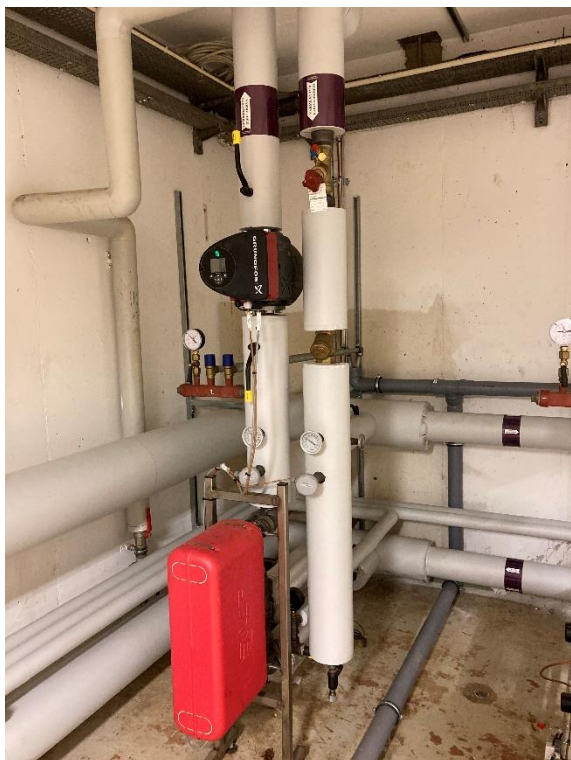
For fjernvarmeanlæg betyder en høj afkølingen af fjernvarmevandet en god udnyttelse af varmen i bygningen og dermed en høj energimæssig effektivitet. En måde at opnå dette på, er ved altid at følge det lokale fjernvarmeværks bestemmelser for dimensionering og montage.

Det tilhørende varmesystem underkastes funktionsafprøvning som beskrevet i kapitel 7.1.4 Varmesystem.

I denne håndbog er der en beskrivelse af to funktionsafprøvninger, der kan gennemføres hvis der er installeret et direkte eller indirekte fjernvarmeanlæg:

Test 1 - Kontrol af fjernvarmevekslerens energimæssige effektivitet

Test 2 - Kontrol af kontraventil i blandekreds ved direkte fjernvarmesystem



Figur 7.1. Fjernvarmeanlæg med veksler

### 7.1.2 Kedelanlæg

Kedler leveres som færdige units. En lille kedel (mindre end 70 kW) og mellemstore kedler (mellem 70 kW og 400 kW) skal overholde EU's Ecodesignkrav og den testes i den forbindelse efter fastsatte kriterier i et laboratorium. Derfor giver det umiddelbart ikke mening af forsøge at måle virkningsgraden for kedlen. Der skal dog jf. BR18 tages stilling kedlens energimæssige effektivitet.

For store kedler (større end 400 kW) skal der jf. BR18 foretages en vurdering af kedlens energimæssige effektivitet ved måling af røggastabet.

Det tilhørende varmesystem underkastes funktionsafprøvning som beskrevet i kapitel 7.1.4 Varmesystem.

I denne håndbog er der en beskrivelse af fire funktionsafprøvninger, der skal gennemføres af de forhold som kedlen skal fungere under:

Test 1/2 - Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet (Virkningsgrad for naturgaskedel med ydelse mindre end 70 kW og Kontrol af virkningsgrad for kondenserende naturgaskedel med ydelse større end 70 kW og mindre end 400 kW)

Test 3 - Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet (virkningsgrad for naturgaskedel med ydelse større end 400 kW)

Test 4 - Kontrol af styring og regulering for naturgaskedler i kaskadeinstallationer



Figur 7.2. Kondenserende gaskedel

### 7.1.3 Varmepumper

Varmepumper op til ca. 24 kW leveres som færdige units. En varmepumpe skal overholde Ecodesignkrav og den testes i et laboratorium under fastsatte kriterier. Derfor giver det umiddelbart ikke mening af forsøge at måle en virkningsgrad for varmepumpen. Der skal dog jf. BR18 tages stilling varmepumpens energimæssige effektivitet.

Hvis ikke varmepumpen har været underkastet en Ecodesign-afprøvning, skal der i stedet for foretages en Factory Acceptance Test (FAT-test).

FAT-testen skal verificere, at varmepumpen og dens komponenter, herunder styring- og reguleringskomponenter, fungerer korrekt i henhold til kravspecifikationen.

Det tilhørende varmesystem underkastes funktionsafprøvning som beskrevet i kapitel 7.1.4 Varmesystem.

I denne håndbog er der en beskrivelse af en funktionsafprøvning, der skal gennemføres hvis der er installeret en varmepumpe:

Test 1 - Kontrol af varmepumpens energimæssige effektivitet

### 7.1.4 Varmesystem

Afprøvningen skal eftervise, at varmesystemet med fjernvarme, luft-vandvarmepumpe eller kondenserende naturgaskedel som varmekilde er indreguleret efter forudsætningerne og at behovsstyringen fungerer som forudsat. Ved "indregulering" forstås, at centralvarmevandet fordeles, så de enkelte radiatorer eller gulvvarmekredse tilføres de beregnede og projekterede vandmængder ved de dimensionerende temperatursæt for at opnå en energieffektiv drift og god komfort.

Indreguleringen sker ved at indstille samtlige strengreguleringsventiler og termostatventiler med forindstillingsmulighed i radiator-og/eller gulvvarmeanlægget. Indreguleringen sker endvidere ved at indstille varmeanlæggets fremløbstemperaturstyring.

Ved "styring" af anlægget forstås en behovsstyring, der kan tilpasse ydelsen efter det aktuelle behov for at opnå en energieffektiv drift og god komfort.

Håndbogen indeholder beskrivelser af tests, målemetoder og tjeklister. Der er beskrevet to forskellige tests, hvoraf nogle er aktuelle i det konkrete tilfælde afhængig af varmeinstallationen:

Test 1 - Kontrol af indregulering af varmeanlæg

Test 2 - Kontrol af bygningsautomatik (reguleringsventiler)



Figur 7.3. Varmekredse

## 7.1.5 Målinger

### 7.1.5.1 Vandtemperaturer

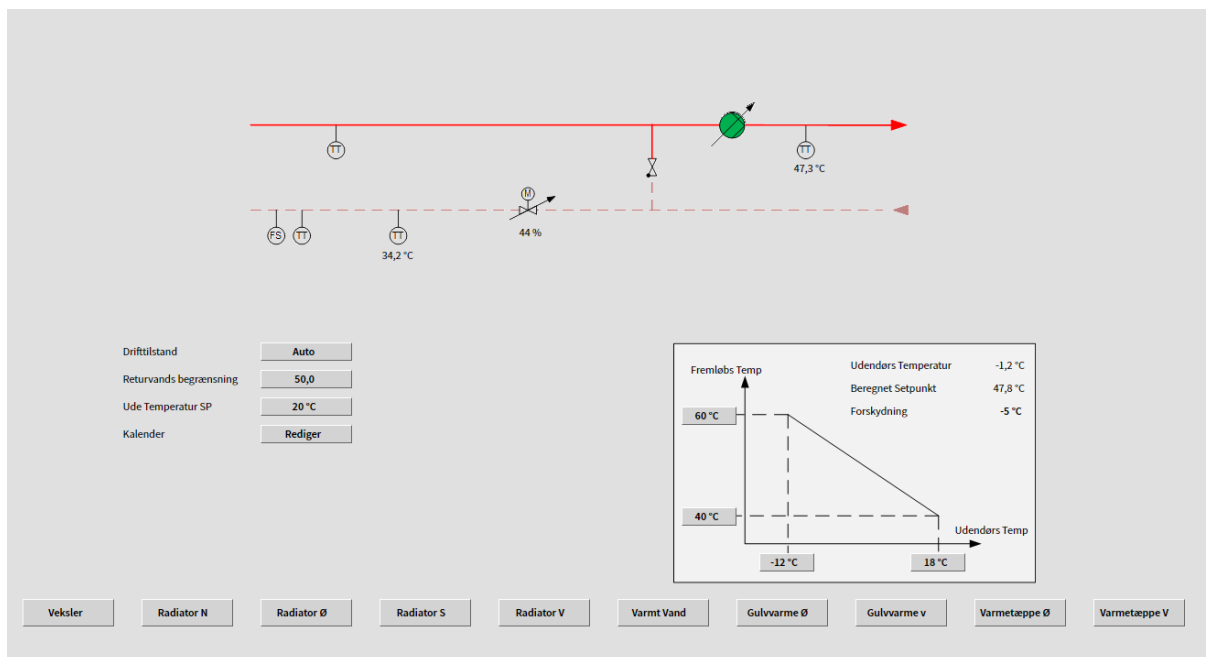
Til at måle fremløbs- og returtemperaturer til vekslerens primær- og sekundærside benyttes en kalibreret temperaturføler, som monteres i en dykrørslomme i rørledningen til veksleren. Fremløbs- og returtemperaturer til vekslerens primærside kan også aflæses på varmemåleren, se figur 7.6.

Hvis bygningen er udstyret med et CTS-anlæg (se afsnit 7.6 "Bygningsautomatik") og disse temperaturer registreres og logges, vil det også være muligt at benytte disse. Det kræver dog at signalerne fra følerne er testet og at visningerne på CTS-skærmen er i overensstemmelse med dette.

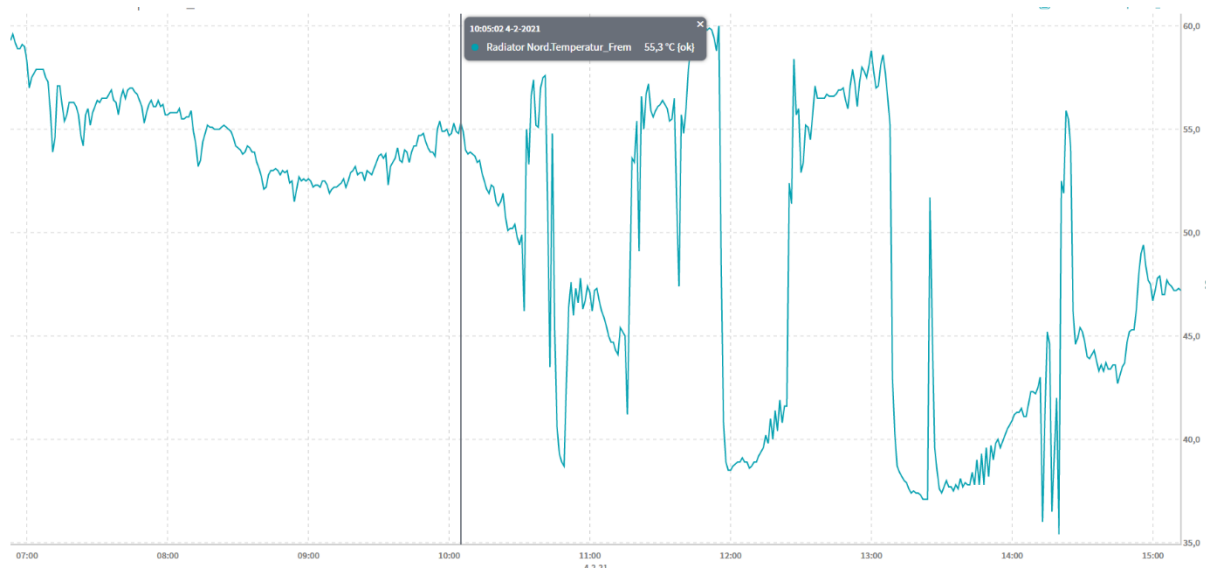
Dette gælder i princippet for alle anlægstyper der er koblet på CTS-anlægget af relevante registreringer at temperaturer, flow, tryk m.m. kan benyttes i forbindelse med funktionsafprøvninger.

Nedenfor ses et eksempel på en CTS-skærm, hvor blandt andet fremløbstemperaturen registreres og logges. Endvidere ses en logning af fremløbstemperaturen, som også kan ses på CTS-skærmen.

Årsagen til at temperaturen varierer meget efter kl. 10, skyldes setpunktændringer i forbindelse med en test af reguleringsventilen.



Figur 7.4. CTS-skærm. Blandesløjfe i ventilationsanlæg



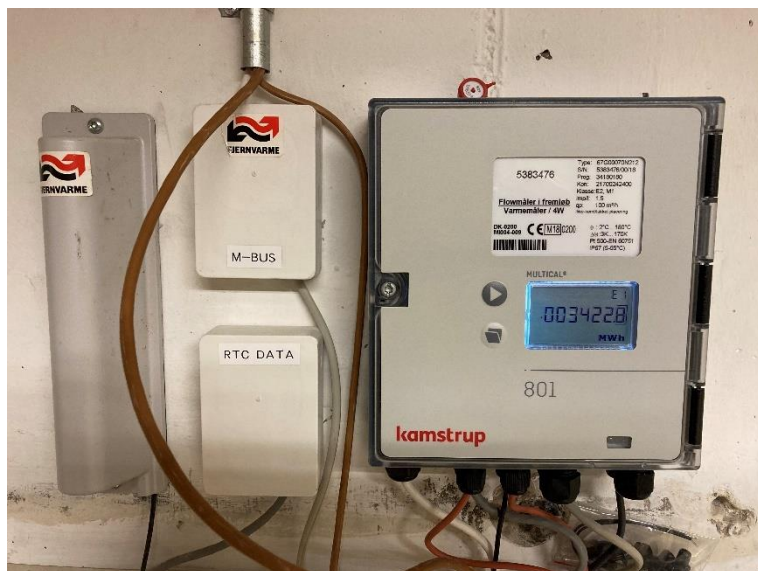
Figur 7.5. Logning af fremløbstemperatur

### 7.1.5.2 Trykdifferenser

Til at måle trykdifferenser på vekslerens primær- og sekundærside benyttes kalibrerede trykdifferensmålere eller udtag monteret i rørledningerne.

### 7.1.5.3 Ydelse/effekt

Vekslerens ydelse/effekt aflæses på varmemåleren. I figur 7.6 ses en varmemåler i varme-systemet.



Figur 7.6 Vekslerens ydelse/effekt kan aflæses på varmemåleren, der desuden måler flow samt fremløbs- og returtemperatur

## 7.2 Ventilationsanlæg

Der kan være mange gode grunde til at installere et ventilationsanlæg, herunder et forbedret indeklima og et lavere energiforbrug. Men det skal sikres, at ventilationsanlægget giver et tilfredsstillende indeklima uden driftsforstyrrelser og med lavest muligt energiforbrug. Byggherren/rådgiveren skal stille præcise og relevante krav til anlægget fra starten, og få testet det nye anlæg op imod kravene inden aflevering. Det kan gøres med en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Luftmængder (nominel luftstrøm) overholder kravene i BR18
- Specifikt elforbrug til lufttransport (SFP-værdi)
- Eventuel behovsstyring, som skal fungere 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.

I denne håndbog er der beskrivelser af en række relevante funktionstests for ventilationsanlæg som kan foretages, når den afsluttende funktionsafprøvning skal gennemføres.

Testene er opdelt efter om der er installeret et centralt ventilationsanlæg eller decentrale ventilationsanlæg. Nogle af testene er de samme for begge typer installation. I testbeskrivelserne er der input til, hvilke krav der bør stilles. Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.

### 7.2.1 Centrale ventilationsanlæg

Nedenfor ses hvilke test der skal foretages:

Test 1 - Kontrol af luftfordeling (hovedluftmængder og delluftmængder)

Test 2 - Kontrol af SFP-faktor

Test 3 - Kontrol af automatik

Test 4 - Kontrol af temperaturvirkningsgrad





Figur 7.7. Centralt ventilationsanlæg til kontorbygning

### 7.2.2 Decentrale ventilationsanlæg

Nedenfor ses hvilke test der skal foretages:

Test 1 - Kontrol af luftfordeling (hovedluftmængder og delluftmængder)

Test 2 - Kontrol af SFP-faktor

Test 3 - Kontrol af automatik

Test 2 - Kontrol af temperaturvirkningsgrad



Figur 7.8. Decentralt ventilationsanlæg til etagebolig



Figur 7.9. Decentralt ventilationsanlæg til etagebolig (samme anlæg som i figur 7.5)

Med hensyn til centrale ventilationsanlæg, er der udarbejdet særskilte testprocedurer for anlæg der betjener boliger og anlæg der betjener kontorer, da de adskiller sig fra hinanden på flere områder.

## 7.2.3 Målinger

### 7.2.3.1 Luftmængder

#### *Traversmåling i kanal*

Luftmængden er produktet af lufthastigheden og tværsnitsarealet (typisk af en kanal). Lufthastigheden måles normalt med et kalibreret varmetrådsanemometer i et måleplan som afhænger af kanalens dimensioner (se nedenfor).

#### *Måling i rektangulære kanaler*

Målepunkterne placeres, som vist i tabel 6.3.1. Luftmængden bestemmes af:

$$q_v = v_m \cdot A \cdot K \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

hvor:

$v_m$  er middelværdien af lufthastigheden [m/s]

A er kanaltværsnitsarealet [m<sup>2</sup>]

K er en korrektionsfaktor, der er 0,98 ved liggende kanal ( $L_1 > L_2$ ) og 0,96 ved stående kanal ( $L_1 > L_2$ ). Metodefejlen er ca. 5 %.

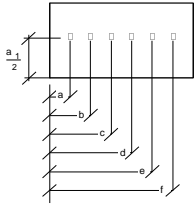
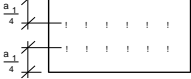
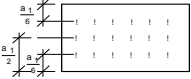


Figur 7.10 Måling i rektangulær kanal

To dimensioneringsområder for b2:		1: $200 < b2 < 400$	2: $400 < b2 < 2000$
Område 1: $a = 0,080 \cdot b2$		$b = 0,430 \cdot b2$	$c = 0,570 \cdot b2$ $d = 0,920 \cdot b2$
Område 2: $a = 0,060 \cdot b2$		$b = 0,235 \cdot b2$	$c = 0,430 \cdot b2$ $d = 0,570 \cdot b2$
$e = 0,765 \cdot b2$		$f = 0,940 \cdot b2$	

Tre måleområde for a1:	$200 < a1 \leq 400$	$400 < a1 \leq 800$	$800 < a1 \leq 2000$
------------------------	---------------------	---------------------	----------------------

For måleområderne benyttes følgende målepunktsplacering:

b2	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
a	16	20	25	25	30	35	50	60	70	85	95	110	120
b	85	110	130	95	120	140	190	235	280	330	375	420	470
c	115	140	170	170	215	260	345	430	515	600	690	775	860
d	184	230	275	230	285	340	455	570	685	800	910	1025	1140
e				305	380	460	610	765	920	1070	1225	1380	1530
f				380	470	565	750	940	1130	1315	1505	1690	1880

Figur 7.11 Målepunkter i rektangulære kanaler (rekommenderet måleplan)

### Måling i cirkulære kanaler

Målepunkterne placeres, som vist tabel 7.4.

Luftmængden bestemmes af:

$$q_v = v_m \cdot A \cdot K \quad [m^3/s]$$

hvor:

$v_m$  er middelværdien af lufthastigheden [m/s]

A er kanaltværsnitsarealet [ $m^2$ ]

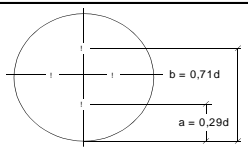
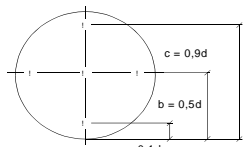
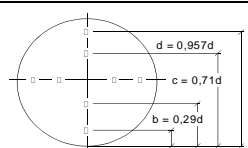
K er en korrektionsfaktor, der er:

0,96 for  $d_n \leq 160$  mm

0,97 for  $200 \leq d_n \leq 400$  mm

0,98 for  $500 \leq d_n \leq 1.200$  mm

Metodefejlen er 4 - 6 %.

diameter [mm]		Målepunkternes placering, mm.			
		a	b	c	d
100 125 160		29 36 46	71 89 114		
200 250 315 400		20 25 32 40	100 125 160 200	180 225 283 360	
500 630 800 1000 1250		22 27 34 43 54	145 185 230 290 360	355 445 570 710 890	478 603 766 957 1196

Figur 7.12 Målepunkter i cirkulære kanaler (rekommenderet måleplan).

Med hensyn til tabel 7.11 anbefales det at anvende 5-punktsfordelingen til alle dimensioner mindre end 400 mm (diameter), hvis der er plads til instrumentet, da 4-punktsfordelingen ikke scanner lavhastighedsområdet nær væggene tilstrækkeligt og giver for høje luftstrømsværdier ved små kanaler.

For at benytte et rekommanderet måleplan, skal strømmingen skal være ensartet jævn og ikke roterende på målestedet, hvilket først opnås i en afstand på 6 – 8 gange diameteren fra bøjninger, spjæld og andre forstyrrelser og med 2 – 3 gange diameteren til den næste enkeltmodstand.

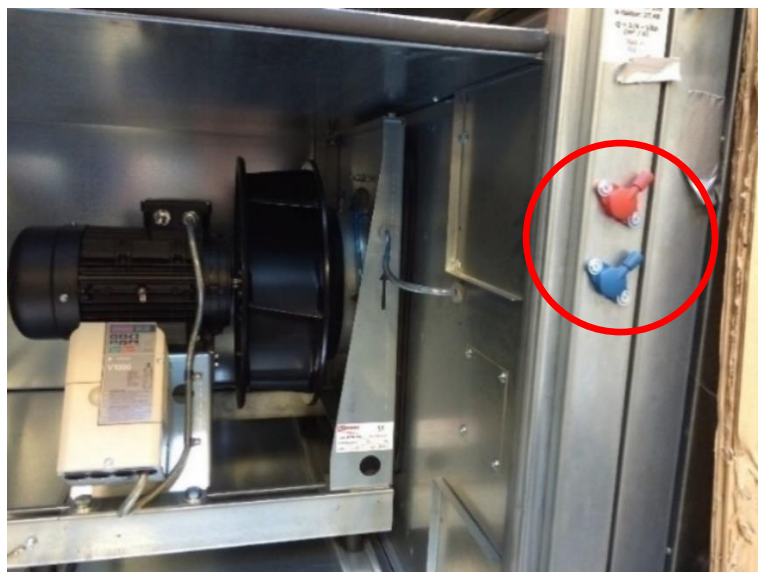
Hvis strømmingen i måleplanet ikke er jævn, er det nødvendigt at foretage en alternativ måling.

### **Måling på trykudtag**

På nogle ventilationsanlæg er der trykudtag fra ventilatorerne, som kan anvendes til at bestemme luftmængden. Trykmålingen  $\Delta p$  omsættes via et beregningsudtryk til en luftmængde  $q_v$ , idet der gælder:

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p}$$

K-faktoren er specifik for hver ventilatortype.



Figur 7.13 Trykudtag på ventilationsaggregat

### **Måling med håndholdt måletragt**

Luftmængderne gennem indblæsnings- og udsugningsåbninger kan i mange tilfælde med fordel bestemmes ved hjælp af en håndholdt måletragt, der kan omslutte åbningen. Tragte er velegnede til måling på runde og kvadratiske åbninger, f.eks. anemostater og udsugningsventiler, og de er især nyttige, hvis der skal måles på mange ens armaturer, eller hvis det er vanskeligt at bestemme middelhastigheden over armaturerne.



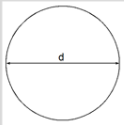
Figur 7.14 Måling med håndholdt måltragt

Måltragte leveres fabriksfremstillede og kalibrerede og man kan aflæse luftmængden direkte på instrumentets skala. Figur 7.13 viser et eksempel på en tragt til måling på udsugningsventiler. Tragten er udformet som en venturidyse, hvorved opnås, at hastigheden i centrum bliver veldefineret og af en passende størrelse samtidig med, at trykfaldet er lavest muligt.

Kalibreres tragt og instrument sammen er metodefejlen som regel mindre end 5%.

### Måleskemaer

Målinger af luft hastigheder til beregning af luftmængder noteres i standardiserede måleskemaer. Der kan vælges måleskemaer til rekommanderede luftmålinger, alternative luftmålinger eller luftmålinger på trykudtag.

		 $b_2 =$ <input type="text"/> mm $a_1 =$ <input type="text"/> mm $A =$ <input type="text"/> m <sup>2</sup>		 $d =$ <input type="text"/> mm $A =$ <input type="text"/> m <sup>2</sup>		
Pkt. i kanal	Afstand mm	Aflæst værdi v m/s	Instrument korrektion m/s	Sande hastighed m/s	Målte- og beregnede data	
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Måleplan før / efter:	<input type="text"/> <input type="text"/> m
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Type:	<input type="text"/> <input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Max hastighed målt:	<input type="text"/> m/s
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Hastighed målt i centrum	<input type="text"/> m/s
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Pendling $v_{min} / v_{max}$ :	<input type="text"/> m/s <input type="text"/> m/s
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Instrumentfejl:	$m_1$ <input type="text"/> %
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Metodefejl:	$m_2$ <input type="text"/> %
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Aflæsningsfejl:	
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Skalaindelning	$m_{3,1}$ <input type="text"/> %
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Svingende aflæsning	$m_{3,2}$ <input type="text"/> %
11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Sandsynlig Målefejl:	
12	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_{3,1}^2 + m_{3,2}^2}$ m	<input type="text"/> %
13	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Korr. for kanalform:	$k_1$ <input type="text"/>
14	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Korrigeret hastighed:	
15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$V_m \times k_1$	$v_K$ <input type="text"/> m/s
16	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
18	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
19	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Hastighed målt med instrument med dataopsamling	Hastighed målt $v_m$ <input type="text"/> m/s
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		Korrigeret hastighed $v_K$ <input type="text"/> m/s
21	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
22	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
23	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
24	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
				Middelhastighed $v_m$ m/s	<input type="text"/>	
				Volumenstrøm $qv = v_K \times A \pm$ sandsynlig målefejl	<input type="text"/>	m <sup>3</sup> /s $\pm$ <input type="text"/> %

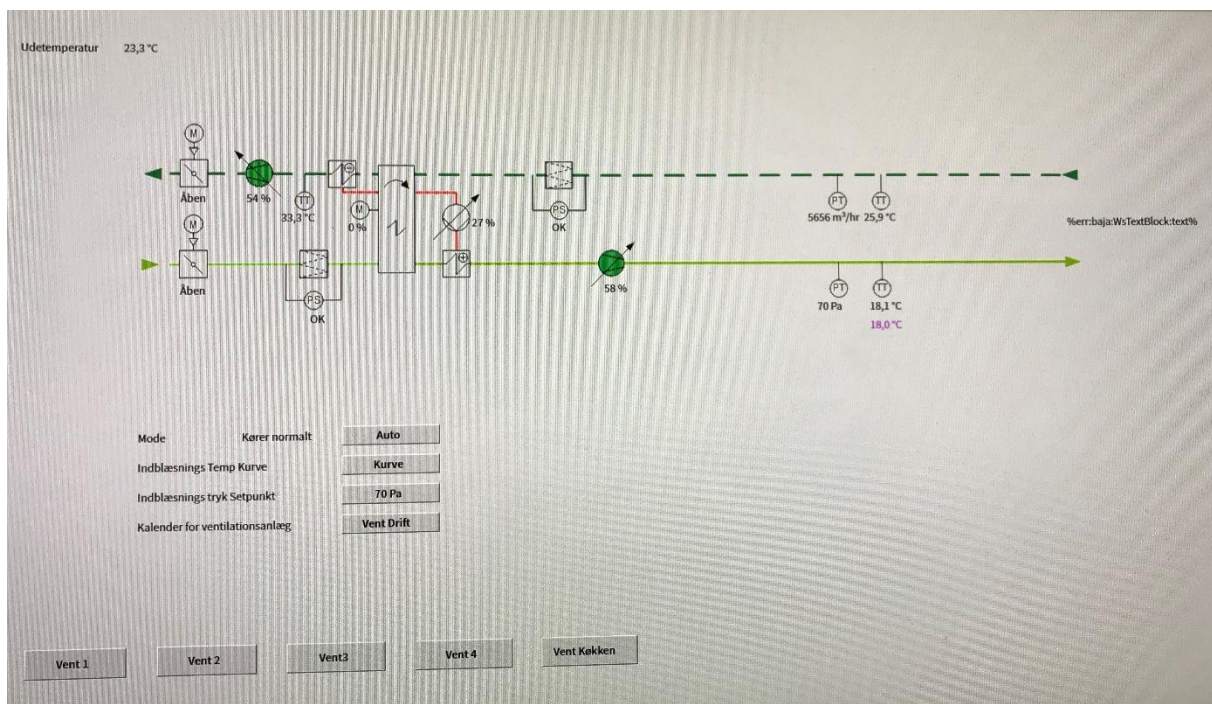
Figur 7.15 Måleskema til rekommanderet luftmåling.

Målt middel tryk $p_m$ [Pa]	Instrument korrektion [Pa]	Sandt tryk $p_{sand}$ [Pa]	Aflæst volumenstrøm på kurve $q_v$ [m <sup>3</sup> /h]	Målte- og beregnede data	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Usikkerhed på grund af kalibreringsmetode ved $p_m$	<input type="text"/> Pa
				Pending min / max: $p_{min}$	<input type="text"/> Pa
				$p_{max}$	<input type="text"/> Pa
				Instrumentfejl: $m_1$	<input type="text"/> %
				Metodefejl: $m_2$	<input type="text"/> %
				Aflæsningsfejl:	
				Skalaindelning $m_{3.1}$	<input type="text"/> %
				Svingende aflæsning $m_{3.2}$	<input type="text"/> %
				Sandsynlig Målefejl: $m$	<input type="text"/> %
Volumenstrøm $q_v \pm$ sandsynlig målefejl			<input type="text"/>	m <sup>3</sup> /s $\pm$	<input type="text"/> %

Figur 7.16 Måleskemaer til luftmåling på trykudtag

Hvis bygningen er udstyret med et CTS-anlæg (se afsnit 7.6 "Bygningsautomatik) og disse luftmængder registreres og logges, vil det også være muligt at benytte disse. Det kræver dog at signalerne fra trykfølerne er testet og at visningerne på CTS-skærmen er i overensstemmelse med dette (omsætningen fra tryk til luftmængde).

Nedenfor ses et eksempel på en CTS-skærm, hvor blandt andet luftmængden registreres og logges.



Figur 7.17. CTS-skærm. Ventilationsanlæg



### 7.2.3.2 Tryk

Trykfaldet over en komponent måles med et kalibreret håndholdt instrument (mikromanometer). Hvis der er monteret trykudtag i aggregatet (før og efter komponenten) anvendes disse. I tilfælde af, at der ikke er trykudtag til stede, bores der nye huller eller eksisterende huller anvendes. Ved anvendelse af eksisterende hul indsættes et rør.

Ved måling af tryk eller trykfaldet over en komponent er det vigtigt at forbinde rørene til måleinstrumentet, så værdien er positiv. Dette gøres for at undgå fejl og for at reducere usikkerheden. Det er altid det statiske tryk, som skal måles.



Figur 7.18 Måling af tryk i kanal

### 7.2.3.3 Temperatur

Alle temperaturer i et ventilationssystem, uanset om det er indblæsningstemperatur, temperaturvirkningsgrad over varmegenvindingsenheden etc., skal måles med et kalibreret instrument for at sikre pålidelige resultater.

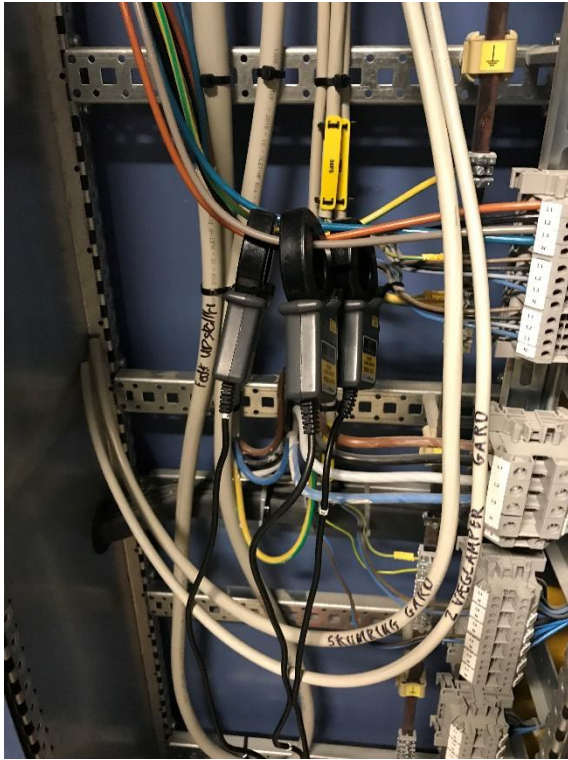
Hvis der anvendes et varmetrådsanemometer til måling af lufthastigheden kan dette også anvendes til måling af lufttemperaturer.

### 7.2.3.4 Effektoptag

Effektmålinger på motorerne for ventilationsanlæggenes blæsere kan foretages enten ved motorernes hovedrelæer i styreskabet eller om nødvendigt i motorernes klemkasser.

På figur 7.18 og 7.19 ses en måling af effektoptaget på et ventilationsanlæg. Målingerne skal foretages med et wattmeter, således der foretages en samtidig måling af spænding, strøm, faseforskydning etc., så der opnås en præcis måling af den aktuelle optagne effekt. Målingerne igangsættes samtidig med at luftmængdemålingerne påbegyndes og afsluttes når luftmængdemålingerne er tilendebragt. Effektmålingerne udføres med passende opløsning, f.eks. én måling hvert 10 sekund.

Effektmålinger må kun udføres af personer, der er tilstrækkeligt kvalificerede til at udføre arbejdet, så de kan undgå de farer, som elektricitet kan skabe. Disse personer skal periodisk og i nødvendigt omfang instrueres om sikkerhedsmæssig korrekt adfærd jf. BEK 1082 af 12/07/2016, §77+79.



Figur 7.19. Strømtænger monteret i eltavle



Figur 7.20. Effektmeter

### 7.3 Køleanlæg/chiller

Et køleanlæg/chiller skal overholde Ecodesignkravene (årsvirkningsgrad) og de testes under laboratorieforhold ved forskellige temperaturer.

Derfor giver det ikke umiddelbart mening af forsøge at måle en virkningsgrad for chilleren, da det er gjort i forbindelse med Ecodesign-afprøvningen.

Hvis køleanlægget/chilleren er opbygget til kundespecifik anvendelse, skal der være foretaget en Factory Acceptance Test (FAT-test).

I denne håndbog er der beskrivelser af en række relevante funktionstests for køleanlæg som kan foretages, når den afsluttende funktionsafprøvning skal gennemføres.

Testene er beregnet på køleanlæg med et vand- eller væskebåret distributionssystem. I testbeskrivelserne er der input til, hvilke krav der bør stilles. Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.



Figur 7.21. Kølekreds



Figur 7.22. Reguleringsventil

Nedenfor ses hvilke test der skal foretages:

- Test 1 - Kontrol af køleanlæggets energimæssige effektivitet
- Test 2 - Kontrol af indregulering af køleanlæg
- Test 3 - Kontrol af bygningsautomatik (reguleringsventiler)

### 7.3.1 Målinger

#### 7.3.1.1 Vandtemperaturer

Til at måle fremløbs- og returtemperaturerne i forsyningskredse og blandesløjfer benyttes en kalibreret temperaturføler, som monteres i en dykrørsломme i rørledningerne. Fremløbs- og returtemperaturerne på primærsiden kan også aflæses på energimåleren.

## 7.4 Belysningsanlæg

Arbejdsrum mv. og fælles adgangsveje skal ifølge Bygningsreglementet have elektrisk belysning i fornødent omfang. Arbejdspladsbelysning skal udføres i overensstemmelse med DS/EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser sammen med DS/EN 12464-1 DK NA.

Det er et krav i Bygningsreglementet, at belysningsanlæg skal være energieffektive. Det opnås bl.a. ved at forsyne belysningsanlægget med effektiv lysstyring, såsom dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling. I større bygninger betyder det at der skal være automatisk dagslysstyring, hvis der er tilstrækkelig dagslysadgang, jf. BR18, §382, stk. 3.

Ligeledes skal der etableres bevægelsesmeldere i lokaler, hvor der kun er lejlighedsvis benyttelse, jf. §382, stk. 4.

Endelig skal der foretages zoneopdeling på nær i små rum, hvor det ikke giver mening jf. § 382 stk. 5.

Funktionsafprøvning af belysningsanlægget gennemføres før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til belysningsstyrke, samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten.

Der er udarbejdet nedenstående tests for belysningsanlæg. I testbeskrivelserne er der input til, hvilke krav der bør stilles. Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.

Test 1 - Kontrol af belysningsstyrke og regelmæssighed

Test 2 - Kontrol af dagslysstyring, zoneopdeling og bevægelsesmeldere



Figur 7.23. Belysningsanlæg i kontorbygning

## 7.4.1 Målinger

### 7.4.1.1 Belysningsstyrke

Belysningsstyrken defineres som den lysmængde, der falder på et givent areal. Enheden for belysningsstyrken er lumen pr. kvadratmeter [ $\text{lm}/\text{m}^2$ ] eller lux.

Lux-værdier kan være interessante i forbindelse med kortlægning af belysningsniveauer i konkrete zoner og områder. Det er ofte lux-værdier, der beskriver krav til almen belysning i bygningszoner og arbejdsbelysning ved forskellige arbejdssituationer.

I et lokale kan det komme på tale at foretage to målinger af belysningsstyrken:

- Belysningsstyrken på arbejdsfeltet
- Belysningsstyrken i færdselsarealet (almenbelysningen/rumbelysningen)

#### Belysningsstyrken på arbejdsfeltet

Normalt skal belysningen på arbejdsfeltet måles med almenbelysningen tændt og i et vandret plan 0,75 m over gulv, hvis ikke andet specificeres. Desuden skal den til arbejdspladsen hørende særbelysning (arbejds-/bordlamper) være tændt, og særbelysningen til omkringliggende arbejdspladser skal være slukket.

Belysningsstyrken måles med arbejdspladsen normalt bemanded. Det er ofte nødvendigt at lokalisere arbejdsplanet i samarbejde med den eller de personer, der betjener arbejdspladsen. Hvis arbejdspladserne er etableret, benyttes målepunkterne vist i figur 7.13. Størrelsen på arbejdspladsen svarer til størrelsen på et typisk skrivebord.

Middelbelysningsstyrke beregnes som gennemsnit af de 4 hhv. 5 målepunkter. Regelmæssigheden beregnes som  $E_{\text{min}}/E_{\text{mid}}$  for de 4 hhv. 5 målepunkter. Hvis hele bordet regnes som arbejdsfelt beregnes de 9 punkter samlet. Se figur 7.13.

I forbindelse med funktionsafprøvning i et nybyggeri kan dette normalt ikke lade sig gøre, da arbejdspladserne endnu ikke er etableret. Det forudsættes derfor, at området er projekteret med en belysning i overensstemmelse med krav til arbejdspladsens omgivende felt i kapitel 5 og 4.3.4. tabel 1 i DS/EN 12464-1, og at bygherren er gjort bekendt med, at der skal etableres supplerende arbejdsbelysning ved de enkelte arbejdspladser (se DS/EN 12464-1 DK NA:2015, Nationale valg – 4.3.3 Alternativ B). Denne arbejdspladsbelysning er derfor i et sådant tilfælde ikke en del af funktionsafprøvningen.

Der foretages derfor her kun en måling af belysningsstyrken i færdselsarealet eller det omgivende felt (se næste afsnit).

### **Belysningsstyrken i færdselsarealet eller arbejdspladsens omgivende felt (almenbelysningen/rumbelysningen)**

Belysningsstyrken i færdselsarealet eller arbejdspladsens omgivende felt (almenbelysningen) måles i et vandret plan 0,75 m over gulv, hvis ikke andet specificeres, og målenettet udlægges efter anbefalingerne i afsnit 4.4 i DS/EN 12464-1:2011. Som udgangspunkt bør målenettet være identisk med det beregningsnet, som blev brugt under dimensioneringen af belysningen under forudsætning af, at dette net er korrekt udlagt efter afsnit 4.4 i DS/EN 12464-1:2011. Inden for dette målenet udvælges en række målepunkter til bestemmelse af belysningsstyrken. Forslag til målepunkter ses i tabel 7.3.

Særbelysning, som ikke indgår i almenbelysningen, skal være slukket. Målepunkterne må ikke være sammenfaldende med det grid, som armaturerne er ophængt i. Målepunkterne skal udvælges repræsentativt for zonen, fx i et centralt punkt mellem fire armaturer. Måling bør ikke ske umiddelbart under et armatur.

Bygningsreglementet henviser til minimumskrav til belysningsstyrke i forskellige situationer. I tabel 1 ses eksempler på krav til belysningsstyrke og regelmæssighed (se afsnit 1.1.12) ved udvalgte arbejdspladser, jf. DS/EN 12464-1 og DS/EN 12464-1 DK NA.

### Cylindrisk/vertikal belysningsstyrke

God visuel kommunikation og genkendelse kræver, at der er nok lys på objekter og især på menneskers ansigt. Derfor skal alle områder hvor der er mennesker være tilstrækkelig belyst. Dette kan opnås ved tilstrækkelig cylindrisk middelbelysningsstyrke i rummet.

I aktivitetsområder indendørs skal den cylindriske/vertikale middelbelysningsstyrke være mindst 50 Lux og regelmæssigheden større eller lig med 0,1 beregnet 1,2 m over gulv for siddende personer. For stående personer beregnes der 1,6 m over gulv.

I områder hvor kravet til visuel kommunikation er ekstra vigtigt, f.eks. i kontor- og undervisningslokaler, bør den cylindriske/vertikale middelbelysningsstyrke ikke være lavere end 150 Lux med en regelmæssighed større eller lig med 0,1.

I princippet og jf. standarden skal den cylindrisk/vertikal belysningsstyrke bestemmes. Det er dog kun, hvis der er noget, der er placeret på en vertikal flade. Det er primært detailhandel og udstillinger hvor det er aktuelt og det er ikke bygninger til det formål der er den primære målgruppe for denne håndbog.

#### 7.4.1.2 Regelmæssighed (uniformitet)

Belysningens regelmæssighed eller uniformitet beskriver variationen i lysets fordeling (Uniformity of illuminance,  $U_0$ ). Det defineres som  $U_0 = E_{\min} / E_{\text{avr}}$ , hvor  $E_{\min}$  er den mindste og  $E_{\text{avr}}$  er den gennemsnitlige af de repræsentative luxværdier ( $E_r$ ), der er målt i en given zone.

Hvis f.eks. den aktuelle kontrolmåling i en zone har givet et gennemsnit over et nærmere bestemt antal målepunkter på 350 lux og en mindsteværdi på 240 lux, vil uniformiteten være:

$$U_0 = E_{\min}/E_{\text{avr}} = 220/350 = 0,63$$

#### Krav til belysningsstyrke og regelmæssighed ved udvalgte arbejdspladser, jf. DS/EN 12464-1 og DS/EN 12464-1 DK NA.

Sted	Middelbelysningsstyrke på arbejdsplanet, $E_{\text{mid}}$ [lux]	Regelmæssighed, $U_0$
Gange og trapper	100	0,40
Kontorarbejde		
• Opgaveområde (på synsobjektet)	500	0,60
• I nærområdet (over ½ m fra synsobjektet)	300	0,40
Børnehaver og vuggestuer	300	0,40 0,60 (håndarbejde)
Undervisningslokaler	300	0,60

Tabel 7.1. Krav til belysningsstyrke og regelmæssighed

Den mest nøjagtige metode til vurdering af belysningsstyrken er at foretage en måling med et luxmeter (se figur 7.11). Denne måling kan så sammenlignes med anbefalingerne i DS/EN 12464-1.



Figur 7.24. Luxmeter

Når belysningsstyrken måles, skal eventuelt dagslysindfald undgås. Målingerne foretages om aftenen/natten, dvs. mellem ca. kl. 23:00 og 03:30 om sommeren, og mellem ca. kl. 16:35 og 8:00 om vinteren. Kunstlys fra tilstødende rum og udefra afblændes med materialer, som ikke påvirker reflektansforholdene.

Hvis der ikke kan måles om natten, så skal der måles uden direkte sollys og skiftende vejrlig. Målingen foretages med og uden kunstlyset tændt, hvorefter de to målinger subtraheres.

Det er vigtigt, at der ikke skygges for målingen. Derfor skal luxmeteret være remote-betjent eller have en lang ledning. Et professionelt og egnet stativ til support af luxmeter under måling kan med fordel anvendes.

### **Målegrid/-net til måling af belysningsstyrke og regelmæssighed**

Udlægning af målenettet er en meget vigtig del af en korrekt opmåling. Som udgangspunkt bør målenettet være identisk med det beregningsnet, som blev brugt under dimensioneringen af belysningen under forudsætning af, at dette net er korrekt udlagt efter afsnit 4.4 i DS/EN 12464-1:2011.

Inden for dette målenet udvælges en række målepunkter til bestemmelse af belysningsstyrken. Forslag til målepunkter ses i tabel 7.3.

Målenettet må ikke være sammenfaldende med det grid, som armaturerne er ophængt i. Målenettet skal sikre, at man ikke placerer de udvalgte målepunkter, der hvor armaturerne er ophængt. På den måde sikrer man sig, at man ikke måler lige under et armatur.



Målenettet kan også benyttes, hvis bygherre ønsker en præcis opmåling jf. DS/EN 12464-1:2011.

Længde [m]	Maksimal afstand mellem punkter i målenettet [m]	Minimum antal af punkter i måleplanet
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Tabel 7.2. Målenet

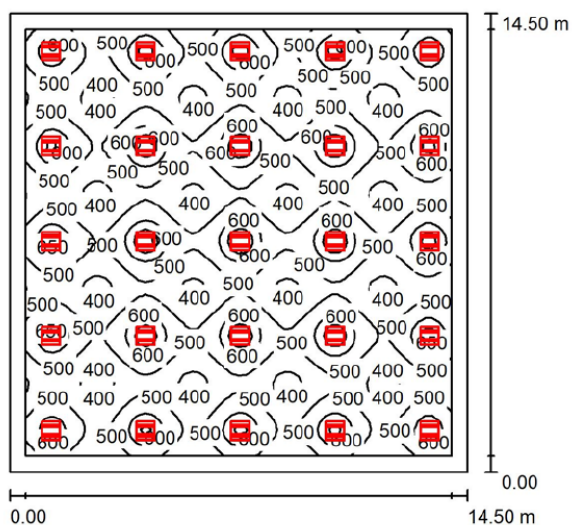
### Eksempel 1

I et lokale der er 10 meter langt og 10 meter bredt må den maksimale afstand mellem punkter i målenettet være 1,0 m og det minimale antal punkter i måleplanet må være 10. Det minimale antal punkter i målenettet er dermed 100 (10 · 10).

Målenettet skal iflg. standarden ligge 0,5 meter fra væggene medmindre arbejdsplanet ligger tættere på væggene. Målnettet lægges i kvadrater, så det passer bedst muligt med rummet længde og bredde og kravet til den maksimale afstand mellem punkterne i måleplanet.

Hvis der foreligger en lysberegning, vil beregningsnettet kunne hentes fra denne.

I figur 7.12 ses et eksempel på en lysberegning. Målenettet ses på figuren angivet ved en række belysningsstyrker (Lux-værdier). I dette tilfælde mellem 400 og 600 Lux.



Rumhøjde: 2.700 m, Montagehøjde: 2.722 m, Vedligeholdelsesfaktor: 0.93

Værdier i Lux, Målestok 1:187

Flade	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Belysningsstyrke	/	511	361	697	0.707
Gulv	20	468	278	530	0.593
Loft	70	96	75	106	0.774
Vægge (4)	50	215	98	348	/

Figur 7.25. Eksempel på anlæg (storrums kontor) hvor der er foretaget en lysberegning

## Forslag til målepunkter

### Målepunkter på arbejdsplads

Denne type målinger kun skal foretages, hvis arbejdspladserne er etableret.

Er der ingen skriveborde opstillet, skal der som tidligere nævnt kun måles alment belysningsniveau og angives hvilket krav der skal opfyldes når arbejdspladsen etableres.

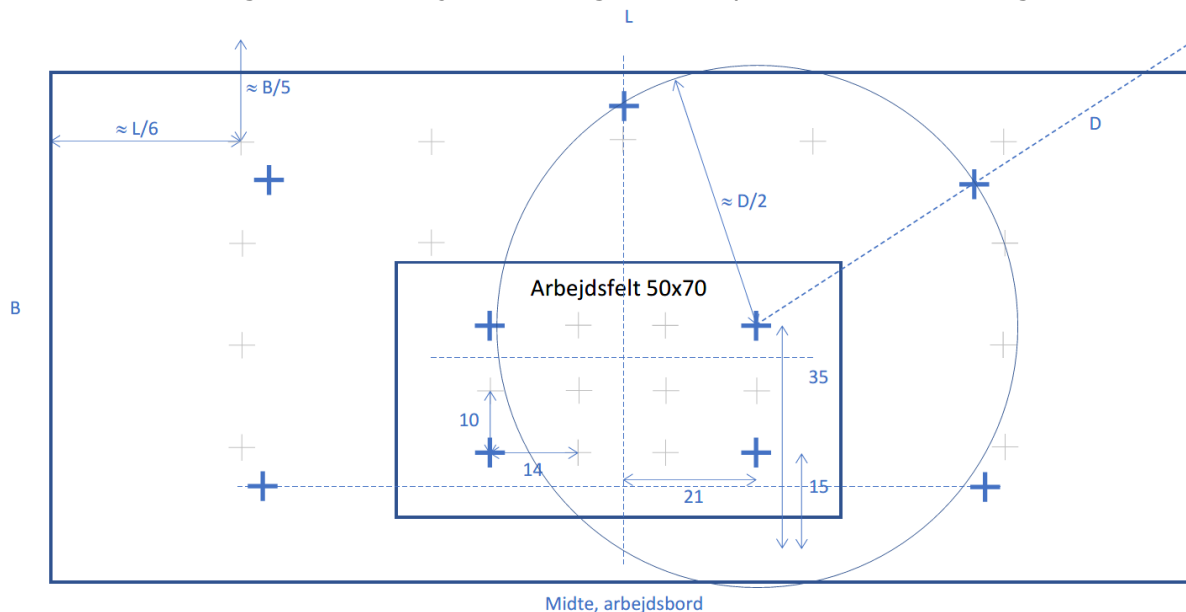


Figur 7.26. Belysning på arbejdsplads

Et repræsentativt punkt (midt i arbejdsfeltet) skal måles på 25 % af zonen arbejdsplaner. Ved fejl, udvides til 100% kontrol, som kan være måling af ét punkt eller evt. de 9 punkter på alle arbejdsplaner i zonen jf. standarden. Se figur 7.19.

Størrelsen på arbejdspladsen svarer til størrelsen på et typisk skrivebord (100 x 200 cm). Arbejdsfeltet er 50 x 70 cm.

Middelbelysningsstyrke beregnes som gennemsnit af de 4 hhv. 5 målepunkter. Regelmæssigheden beregnes som  $E_{\min}/E_{\text{mid}}$  for de 4 hhv. 5 målepunkter. Hvis hele bordet regnes som arbejdsfelt beregnes de 9 punkter samlet. Se figur 7.19.



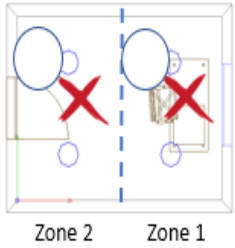
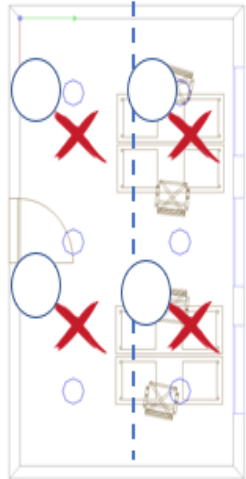
Figur 7.27. Målepunkter på arbejdsplads (arbejdsbord)

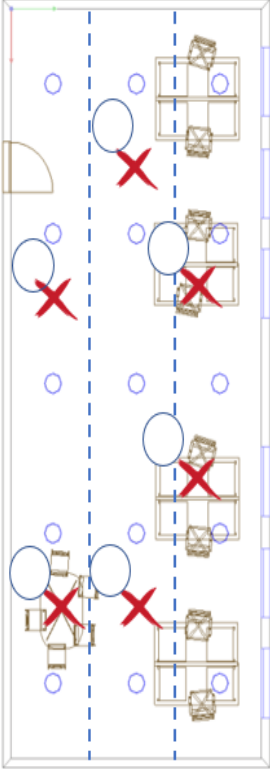
### Målepunkter på almenbelysning

Typisk udlægning af målepunkter i forskellige typiske lokaliteter ses i tabel 7.3:

- Gangareal (måling mellem hvert armatur)
- Kontor inkl. arbejdspladser (lille, stor og middel)
- Toilet (2 - 4 målinger, afhængig af arealet)
- Birum (2 - 4 målinger, afhængig af arealet)

Forslag til målepunkter ved målinger af belysningsstyrker:

Størrelse på rum	Antal målinger	Skitse
Lille rum: $\leq 15 \text{ m}^2$	2 målinger	<p data-bbox="1123 456 1342 492">Lille rum <math>\leq 15 \text{ m}^2</math></p>  <p data-bbox="1155 734 1326 763">Zone 2      Zone 1</p>
Middel rum: $\leq 30 \text{ m}^2$	4 målinger	<p data-bbox="1091 913 1358 949">Middel rum <math>\leq 30 \text{ m}^2</math></p>  <p data-bbox="1129 1487 1315 1516">Zone 2      Zone 1</p>

<p>Stort rum: <math>\geq 30 \text{ m}^2</math></p>	<p>Min. 6 målinger</p>	<p>Stort rum <math>\geq 30 \text{ m}^2</math></p>  <p>Zone 3    Zone 2    Zone 1</p>
--	------------------------	--

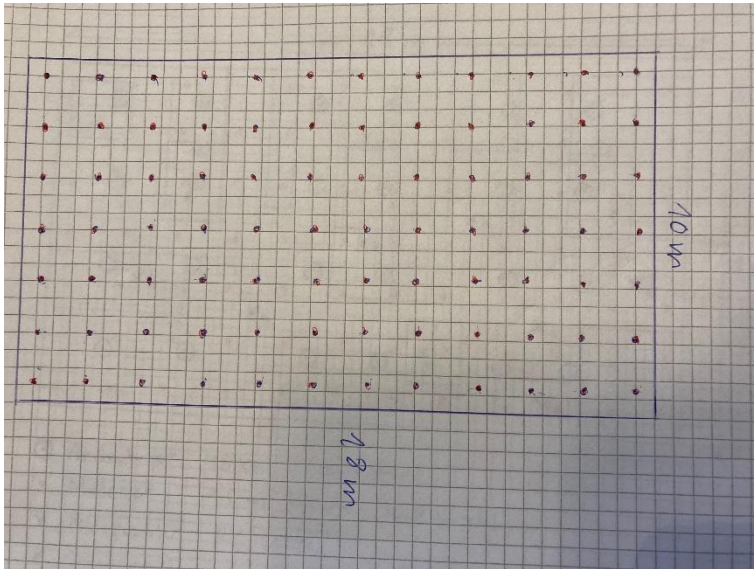
Tabel 7.3. Forslag til lysmålinger i afhængighed af rummets størrelse

Med hensyn til måling af belysningsstyrke henvises endvidere til nedenstående dokumenter fra Dansk Center for Lys:

## Eksempel

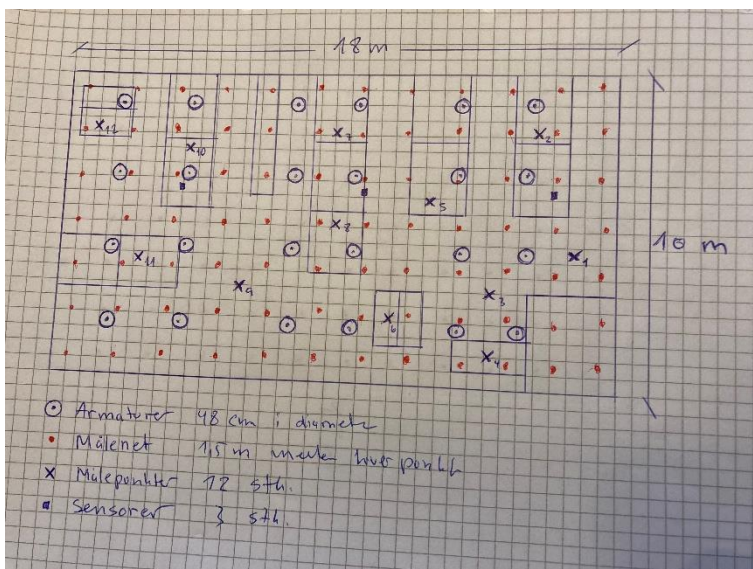
Nedenfor ses et eksempel på bestemmelse af målenet og målepunkter.

Lokalet er 18 meter langt og 10 meter bredt. Det kan bestemmes, at der skal være 12 målepunkter i længderetningen og at afstanden skal være ca. 1,5 m. Derved er det muligt at danne 6 kvadrater i bredden. Samtidig er der 0,5 m til væggene.



Figur 7.28. Målenet i lokale

I figur 7.22 ses lokalet med armaturer, målenet, målepunkter og sensorer. Der er valgt 12 målepunkter spredt ud over hele arealet.



Figur 7.29. Lokalet med armaturer, målenet, målepunkter og sensorer

- Måling af belysningsstyrker indendørs (<http://www.lysviden.dk/beregning,-maaling-og-vurdering/emne/feltmaaling-af-indendoers-belysning/artikler/maaling-af-belysningsstyrker-indendoers/>)
- Håndholdte lysmålere (<http://www.lysviden.dk/beregning,-maaling-og-vurdering/emne/maaleudstyr/artikler/haandholdte-lysmaalere/>)

## 7.5 Elevatorer

Det er et krav i BR18 at der udføres en funktionsafprøvning af elevatorers energiforbrug inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal udføres efter DS/EN25745-2 *Elevatoreer, rulletrapper og rullefortoves energieffektivitet – Del 2: Beregning af energi for og klassifikation af elevatorer*. Funktionsafprøvningen skal afgøre om elevatoren opfylder kravet til energiklasse B for den aktuelle anvendelsesklasse. Hvis der ikke er muligt at udføre funktionsafprøvningen efter DS/EN25745-2 skal den udføres efter VDI4707 *Aufzüge Energieeffizienz*, hvor elevatoren skal leve op til kravene i energiklasse B. Kravet om funktionstest gælder elevatorer på op til 2.000 kg mærkelast.

Der er udarbejdet en test for kontrol af elevatorers energiforbrug.

Test 1 – Kontrol af energiforbrug

### 7.5.1 Målinger

#### 7.5.1.1 Elmålinger

Til elmålinger kan der benyttes et måleudstyr forsynet med åbne strømtransformere, måleværdiomformer og datalogger på belastningen. Nedenfor ses et måleudstyr koblet på tre tre-fasede belastninger med nulleleder.



Figur 7.30 Elmåling på elevator

Dette måleudstyr er mere kompliceret i opbygningen end et håndholdt wattmeter. Måleudstyret kræver en måleværdiomformer, en datalogger og computer. Fordelen ved dette udstyr er, at det er muligt at logge måleværdier med en tidsopløsning helt ned til et sekund.



## 7.6 Bygningsautomatik

I henhold til Bygningsreglementet kap 11 § 298 b skal der gennemføres en funktionsafprøvning af bygningsautomatik inden ibrugtagning.

Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikken er korrekt installeret og indreguleret, virker efter hensigten og giver bygningen den forudsatte energimæssige effektivitet. For nyopførte bygninger skal dokumentation af funktionsafprøvningen indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.

Funktionsafprøvningens formål er at dokumentere, at bygningsautomatikken fungerer korrekt, overholder bygningsreglementets krav og de forudsætninger, der benyttes i energibehovsberegningen, som byggetilladelsen er baseret på.

Ved bygningsautomatik forstås de automatiksystemer, der styrer, regulerer og overvåger en bygnings tekniske installationer ud fra målte ude- og indeklimaparametre, anlægsparametre, tidsstyring, behov mv. Bygningsautomatikken skal være i stand til at:

1. løbende at overvåge og analysere energiforbruget
2. kommunikere med de tekniske anlæg og regulere disse anlægs energieffektivt efter behovet i bygningen
3. kunne udtrykke den energimæssige effektivitet af bygningen og dens tekniske anlæg
4. detektere fejl i anlæggene og underrette driftspersonalet om fejlene

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

De nedenstående funktionstests skal kontrollere om bygningens anlæg driftes, så de ønskede komfortkriterier opfyldes og om den fastsatte driftsstrategi er korrekt implementeret i bygningsautomatikken.

Der er udarbejdet nedenstående tests for bygningsautomatik. I testbeskrivelserne er der input til, hvilke krav der bør stilles. Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.

Test 1 - Funktionsafprøvning af signaler til og fra automatikkomponenter

Test 2 - Funktionsafprøvning af automatikfunktioner og alarmer

Test 3 - Funktionsafprøvning af reguleringsløjfer

Test 4 - Kontrol af driftsstrategi

Test 5 - Prøvedrift (det ikke er et krav i henhold til BR18, men blot en anbefaling til bygherre at få udført)

De to sidste funktionsafprøvninger vil man typisk udføre i større bygninger med mere komplekse anlæg som CTS- eller BMS-anlæg.

## 8 Måleudstyr

I tabel 8.1 ses krav til måleudstyr der anvendes i forbindelse med udførelse af funktionsafprøvninger.

	Parameter	Måleområde	Maks. tilladt tolerance
Ventilationsanlæg	Lufthastighed	0,3 – 15 m/s	±3 % af målt værdi, dog mindst ±0,1 m/s
	Statisk tryk (tryk i forhold til omgivende lufts tryk)	-1.200 – 1.500 Pa	±3 % af målt værdi, dog mindst ±3 Pa
	Temperaturmålinger	-12 - 40°C	±1°C
	Elmålinger målt som aktiv effekt og "sand RMS"	Ved måling skal der anvendes kalibrerede effektmålere, hvor det sikres, at den aktuelle måling falder indenfor instrumentets kalibrerede måleområde	±5 % af måleværdi (kravet gælder måleværdier på 1 kW og større)
Belysningsanlæg	Lux	0 – 100.000 lux	±3 lux eller ±3%
Fjernvarmeanlæg	Vandtemperaturer	10–100 °C	± 0,5 °C
	Trykdifferenser	0– 100 kPa	± 2 kPa
	Lufttemperatur	-12 - 40°C	±1°C
	Ydelse/effekt	20–1.000 kW	± 3 % af måleværdi (kravet gælder måleværdier på 20 kW og større)
Gaskedel	Iltprocent	0 – 21%	± 0,2%
	Røggastemperatur	0 – 400°C	± 0,5°C (0 til 100 °C) ± 0,5 % of aflæst værdi (>100 °C)
	Vandtemperaturer	10 – 100°C	± 0,5°C
	Lufttemperatur i rum (termometer)	0 – 100°C	± 1°C
	Lufttemperatur i kanal	-12 - 40°C	± 1°C
	Gasforbrug	0 – 1.000 m <sup>3</sup>	± 3% af aflæst værdi/forbrug (kravet gælder måleværdier på 1 m <sup>3</sup> og større).

			Normalt har installerede energi- og gasmålere en tilstrækkelig nøjagtighed.
--	--	--	---

Tabel 8.8.1 Krav til måleudstyr i forbindelse med udførelse af funktionsafprøvning.

Ved "tolerance" forstås summen af kalibreringsusikkerhed og instrumentfejl.

Kravene gælder for instrumentet inkl. følere. Et måleområde kan dækkes af et eller flere instrumenter.

Negative tryk kan om ønsket måles som den omgivende lufts (positive) tryk i forhold til målestedet. Det er en forudsætning, at instrumentet er kalibreret på samme måde, og at den maks. tilladte tolerance overholdes.

Måleudstyret skal være kalibreret inden for det seneste år. Dersom virksomheden ved to foregående akkrediterede kalibreringer kan dokumentere at måleinstrumentet har holdt sig inden for toleranceområdet uden justering af instrumentet, kan intervallet sættes op til 18 måneder.


Instrumenter skal enten være akkrediteret kalibrerede, eller internt kalibrerede mod en akkrediteret kalibreret referencenormal, som anført i DS/EN ISO/IEC 17020:2012, afsnit 9.7 og 9.8. Ved begge typer kalibrering skal det kunne dokumenteres, at kalibreringen overholder de i "krav til måleudstyr" anførte maksimale tilladte tolerancer. Hvis der anvendes en referencenormal, må denne ikke anvendes til daglige målinger.

## 9 Bilag

### 9.1 Èn-familiehuse

#### 9.1.1 Fjernvarmeanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af fjernvarmeunits energimæssige effektivitet. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

Test nr. 1	Kontrol af fjernvarmeunits energimæssige effektivitet
Lovkrav	Bygningsreglement BR18 kap. 12 § 327 B: " Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet".
Definition	<p>Fjernvarmeanlæg leveres som færdige units. Der er i BR18 ikke krav om at en fjernvarmeunit skal overholde nogen energikrav. Der skal dog tages stilling til fjernvarmeunits energimæssige effektivitet, som nævnt ovenfor.</p> <p>For fjernvarmeanlæg betyder en høj afkøling af fjernvarmevandet en god udnyttelse af varmen i boligen og dermed en høj energimæssig effektivitet. En måde at opnå dette på, er ved altid at følge det lokale fjernvarmeverks bestemmelser for dimensionering og montage.</p> <p>Forskellen mellem de to returtemperaturer på primær- og sekundærsiden bør være 1 – 2 °C ved normal vinterdrift og aldrig over 5 °C.</p>
Målepunkter og målemetode	I denne funktionsafprøvning skal der ikke foretages in-situ-målinger. Der foretages dog test af varmesystemet som beskrevet under "Omfang af test".
Principskitse	

Forudsætninger	Se under "Omfang af test".
Omfang af test	<p>Der udføres følgende for alle nye fjernvarmeunits. Det kontrolleres, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• varmesystemet er dimensioneret som angivet i DS469. Det vil sige 60°C frem og 40°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg</li> <li>• vejrkompenseringsanlægget er indstillet til en fremløbstemperatur på 60°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469</li> <li>• radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a>)</li> </ul> <p>Ovenstående tests beskrives nærmere i afsnit 9.1.8 "Varmesystem".</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det samlede resultat</li> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvnings resultat med hensyn til den energimæssige effektivitet kan accepteres, hvis de tre punkter under "Omfang af test" er overholdt.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• For små radiatorer og for lille gulvvarmeanlæg</li> <li>• Manglende indregulering af varmeanlægget</li> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmesystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpe</li> <li>• Varmeanlægget mangler vand</li> <li>• Forkert kabling mellem ventil for gulvvarmekreds og rumtermostat</li> </ul>

### 9.1.2 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

##### Kontrol af fjernvarmeunittens energimæssige effektivitet

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er varmesystemet er dimensioneret som angivet i DS469. Det vil sige 60°C frem og 40°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg?		
Er vejrkompenseringsanlægget indstillet til en fremløbs-temperatur på 60°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469?		
Kan radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a> )?		

<b>Det samlede resultat</b>


	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### 9.1.3 Kedelanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af kedlens energimæssige effektivitet. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

Test nr. 1	Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 12 § 327 B: "Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet".</p> <p>Kommissionens forordning (EU) 813/2013 af 2. august 2013:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I forordningens bilag 2 står der, at brændselsfyrede kedelanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med en nominal nytteeffekt <math>\leq 70</math> kW ikke må have en årsvirkningsgraden ved rumopvarmning som er under 86% (målt ved øvre brændværdi)</li> </ul>
Definition	<p>En kedel skal overholde EU's Ecodesignkrav og den testes i et laboratorium efter fastsatte kriterier. Derfor giver det ikke umiddelbart mening af forsøge at måle en virkningsgrad for kedlen, da det er gjort i forbindelse med Ecodesign-afprøvningen. Det vil også være forbundet med en stor usikkerhed at omsætte in-situ-målinger til en årsvirkningsgrad.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>I denne funktionsafprøvning skal der ikke foretages in-situ-målinger. Der foretages dog test af varmesystemet som beskrevet under "Omfang af test".</p>
Principskitse	
Forudsætninger	<p>Se under "Omfang af test".</p>
Omfang af test	<p>Der udføres følgende for alle nye kedler. Det kontrolleres, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>varmesystemet er dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg</li> <li>vejrkompenseringsanlægget er indstillet til en fremløbstemperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a>)</li> </ul> <p>Ovenstående tests beskrives nærmere i afsnit 9.1.8 "Varmesystem".</p> <p>Det kontrolleres endvidere, at brænderen er indreguleret til en iltprocent (O<sub>2</sub>-%) som angivet i kedelproducentens specifikationer. Dette skal fremgå af installatørens indreguleringsrapport. Dette sikrer, at røggastabet ikke er højere end det skal være.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det samlede resultat</li> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til den energimæssige effektivitet kan accepteres, hvis kedlen overholder Ecodesignkravene. Endvidere hvis de tre punkter under "Omfang af test" er overholdt.
Årsager til afvigelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• For små radiatorer og for lille gulvvarmeanlæg</li> <li>• Manglende indregulering af varmeanlægget</li> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmesystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpe</li> <li>• Varmeanlægget mangler vand</li> <li>• Forkert kabling mellem ventil for gulvvarmekreds og rumtermostat</li> </ul>



### 9.1.4 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

##### Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er varmesystemet dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg?		
Er vejrkompenseringsanlægget indstillet til en fremløbs-temperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469?		
Kan radiator- eller gulvvarmeanlægget yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a> )?		
Er brænderen er indreguleret til en iltprocent (O <sub>2</sub> -%) som angivet i kedelproducentens specifikationer?		

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		


<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

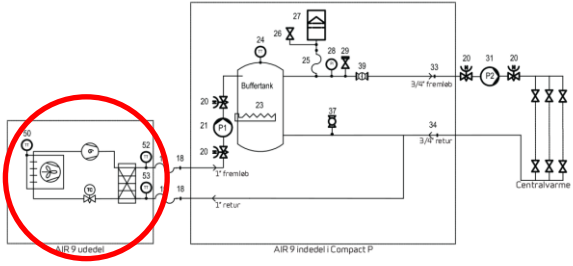


### 9.1.5 Varmepumper

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af varmepumpens energimæssige effektivitet og kontrol af afrimningsfunktion for luft-vandvarmepumpe. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

Test nr. 1	Kontrol af varmepumpes energimæssige effektivitet
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 12 § 327 A: "Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg baseret på vedvarende energi i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvnin-gen skal påvise, at anlægget er korrekt installeret og har den forudsatte energimæssige effektivitet".</p> <p>Kommissionens forordning (EU) 813/2013 af 2. august 2013:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmepumpeanlæg til rumopvarmning og varmepumpeanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med undtagelse af lavtemperaturvarmepumper skal have en årsvirkningsgrad på mindst 110 % svarende til en SCOP-værdi på 2,83</li> <li>• Lavtemperaturvarmepumper skal have en årsvirkningsgrad på mindst 125 % svarende til en SCOP-værdi på 3,33.</li> </ul>
Definition	<p>En varmepumpe skal overholde Ecodesignkrav (årsvirkningsgrad) og den testes i et laboratorie ved forskellige temperaturer. Derfor giver det ikke umiddelbart mening af forsøge at måle en virkningsgrad for varmepum-pen, da det er gjort i forbindelse med Ecodesign-afprøvningen. Det vil også være forbundet med en stor usikkerhed at omsætte in-situ-målin-ger til en årsvirkningsgrad.</p>
Målepunkter og måleme-tode	<p>I denne funktionsafprøvning skal der ikke foretages in-situ-målinger. Der foretages dog test af varmesystemet som beskrevet under "Omfang af test".</p>
Principskitse	
Forudsætnin-ger	<p>Se under "Omfang af test".</p>
Omfang af test	<p>Der udføres følgende for alle nye varmepumper. Det kontrolleres, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• varmesystemet er dimensioneret som angivet i DS469 for varmepum-per. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38 °C retur for gulvvarmeanlæg</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vejrkompen-seringsanlægget er indstillet til en fremløbstemperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469</li> <li>• radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a>)</li> </ul> <p>Ovenstående tests beskrives nærmere i afsnit 9.1.8 "Varmesystem".</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det samlede resultat</li> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til den energimæssige effektivitet kan accepteres, hvis varmepumpen overholder Ecodesignkravene. Endvidere skal de tre punkter under "Omfang af test" være overholdt.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• For små radiatorer og for lille gulvvarmeanlæg</li> <li>• Manglende indregulering af varmeanlægget</li> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmesystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpe</li> <li>• Varmeanlægget mangler vand</li> <li>• Forkert kabling mellem ventil for gulvvarmekreds og rumtermostat</li> </ul>

<b>Test nr. 2</b>	<b>Kontrol af afrimningsfunktion for luft-vandvarmepumpe</b>
Lovkrav	Der findes ikke egentlige lovkrav vedrørende afrimningsfunktionen for luft-vandvarmepumper.
Definition	Rim på varmepumpens udedel er uundgåelig ved visse udetemperaturer. Det skyldes, at udedelen bliver underafkølet i forhold til omgivelserne. Fugt sætter sig på de dele, som er køligere end omgivelserne, og når disse dele er under frysepunktet ses fugten som rim. Rimen forsvinder ved afrimning, som typisk foregår ved, at kølekredsen vender, så udedelen bliver varmeafgiver.
Målepunkter og målemetode	I varmepumpens styring er det muligt at indstille varmepumpen til tvangsafrimning. Man kan konstatere, om afrimningsfunktionen fungerer ved at mærke på udedelen om den bliver varm, når den er indstillet til tvangsafrimning. Man kan endvidere høre det, når der afrimes. Der er derfor ingen egentlige målepunkter i denne funktionsafprøvning.
Principskitse	
Forudsætninger	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af afrimningsfunktionen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er indhentet dokumentation for varmepumpeanlægget. Dokumentationen skal indeholde en anvisning af en metode til manuel afprøvning af afrimningsfunktionen fra leverandøren</li> <li>• Det er vigtigt at sikre, at der er flow på varmeanlægget (over kondensatoren), når afrimningen afprøves.</li> </ul>
Omfang af test	Afrimningsfunktionens funktionsduelighed eftervises for alle nye luft-vand varmepumper.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til afrimningsfunktionen kan

	accepteres, hvis udedelen bliver varm, når den er indstillet til tvangsafrimning.
Årsager til afvigelser	Fejl i varmepumpens styring.

### 9.1.6 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

#### Kontrol af varmepumpens energimæssige effektivitet

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er varmesystemet dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38 °C retur for gulvvarmeanlæg?		
Er vejrkompenseringsanlægget er indstillet til en fremløbs-temperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469?		
Er radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a> )?		

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### 9.1.7 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 2

#### Funktionsafprøvning af afrimningsfunktionen for en luft-vandvarmepumpe

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

#### Efter indstilling til tvangsafrimning

<b>Driftsparameter</b>	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
Bliver udedelen varm?		

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		



**Hvis nej – beskriv hvorfor**

--

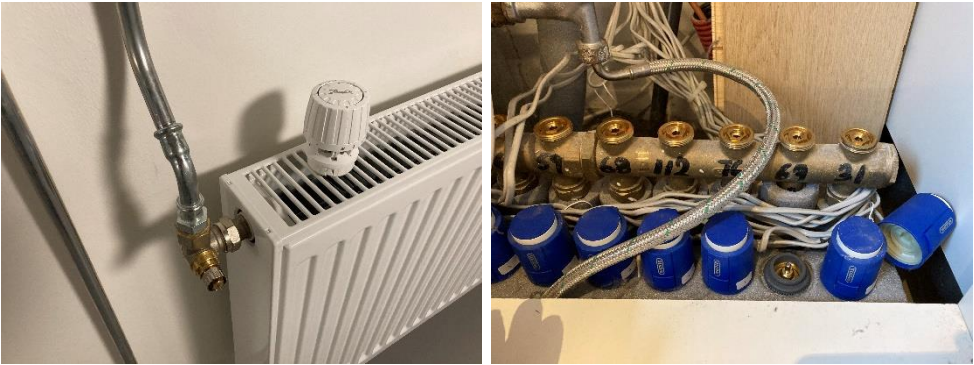
**Kommentarer**

--

### 9.1.8 Varmesystem

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af indregulering, kontrol af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) af radiator- og gulvvarmeanlæg, kontrol af bygningsautomatik, kontrol af radiatortermostat- og gulvvarmeventiler samt varmtvandsprioritering. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier. Nogle af de beskrevne forskellige tests kan med fordel udføres i én arbejdsgang og ikke som separate tests.

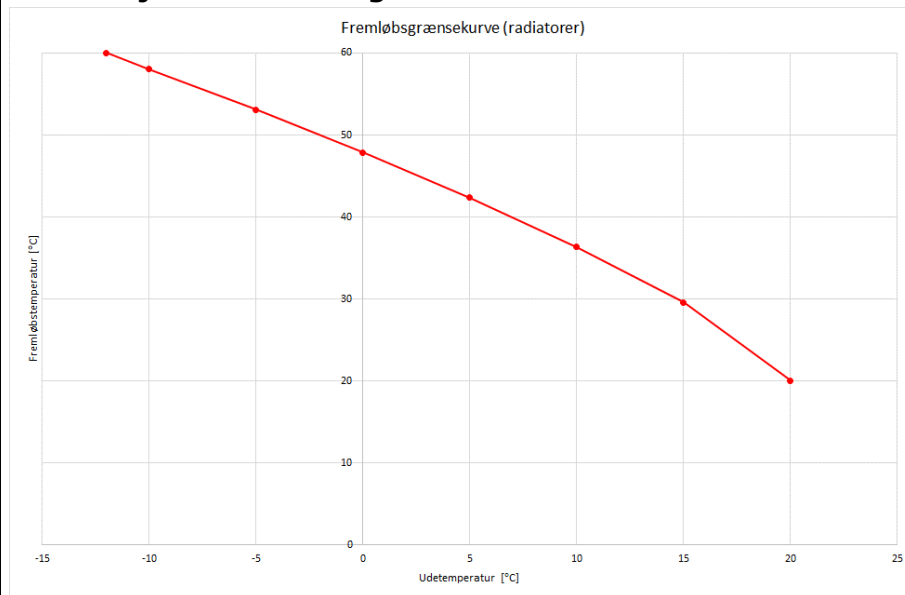
Test nr. 1	Kontrol af indregulering
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>I henhold til DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" skal varmestrømmen til de enkelte varmegivere kunne afpasses, så den ønskede varmeafgivelse opnås.</p>
Definition	<p>Formålet med en indregulering er at få vandet fordelt, så de enkelte radiatorer og/eller gulvvarmekredse tilføres netop de beregnede mængder og tilsvarende beregnede temperatursæt for at opnå en energieffektiv drift. Kontrol af indregulering af varmeanlægget baseres på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beregninger af vandmængder efter f.eks. rumvarmebehov, radiatorstørrelser eller slangelængder</li> <li>• Beregninger af alle forindstillinger på radiatorer og/eller gulvvarmekredse (evt. ved hjælp af diagrammer, IT-programmer eller andre produktoplysninger)</li> <li>• Indstilling af alle ventiler</li> </ul>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved radiatoranlæg afprøves det, om der kommer jævn varme på alle radiatorer. Afprøvningen foregår ved at afmontere alle følerelementer (ventilhoveder) og derefter indstille fremløbstemperaturen til f.eks. 55°C (manuelt). Radiatoren skal være varm i toppen og godt afkølet i bunden, f.eks. 35°C for fjernvarmeanlæg og en kondenserende gaskedel eller 45°C for en luft-vandvarmepumpe.</p> <p>Ved gulvvarmeanlæg afprøves det, om der kommer jævn varme på alle gulvene. Afprøvningen foregår ved at afmontere alle følerelementer (ventilhoveder) eller rumtermostaterne stilles på en høj rumtemperatur, f.eks. 30 °C. Derefter indstilles fremløbstemperaturen til f.eks. 45°C (manuelt). <u>Denne test vil ofte blive udført sammen med test nr. 6 "Kontrol af reguleringsventiler til gulvvarme"</u>.</p> <p>Det kan anbefales at benytte en overfladetemperaturmåler eller et termografikamera til målingerne. Se endvidere afsnittet "Sådan udføres målinger på varmeanlæg".</p>

Principskitse	
Forudsætninger	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af indreguleringen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle radiatortermostatventiler eller gulvvarmeventiler skal være fuldt åbne (følerelementer skal være taget af ventilerne eller rumtermostaterne stilles på en høj rumtemperatur, f.eks. 30 °C, når der er tale om gulvvarme)</li> <li>• Det tjekkes, at radiatortermostatventilerne eller gulvvarmeventilerne er forindstillede til de beregnede værdier</li> <li>• Grundlaget for de beregnede værdier vurderes (rumvarmebehov eller radiatorstørrelser)</li> <li>• Når funktionsafprøvningen skal gennemføres, gøres det nemmest fra et koldt hus. Det vil sige at alle radiatorer eller gulvvarmeslanger har stået slukket i ca. et døgn</li> <li>• Cirkulationspumpen stilles i konstanttryk</li> </ul>
Omfang af test	<p>Indreguleringen eftervises for alle nye varmeanlæg.</p> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis afvigelserne mellem målingerne af vandmængderne og de projekterede vandmængder er mindre end 15%.</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Funktionsafprøvningens resultat med hensyn til indreguleringen kan accepteres, hvis der kommer jævn varme på alle radiatorerne og/eller gulvene.</p>

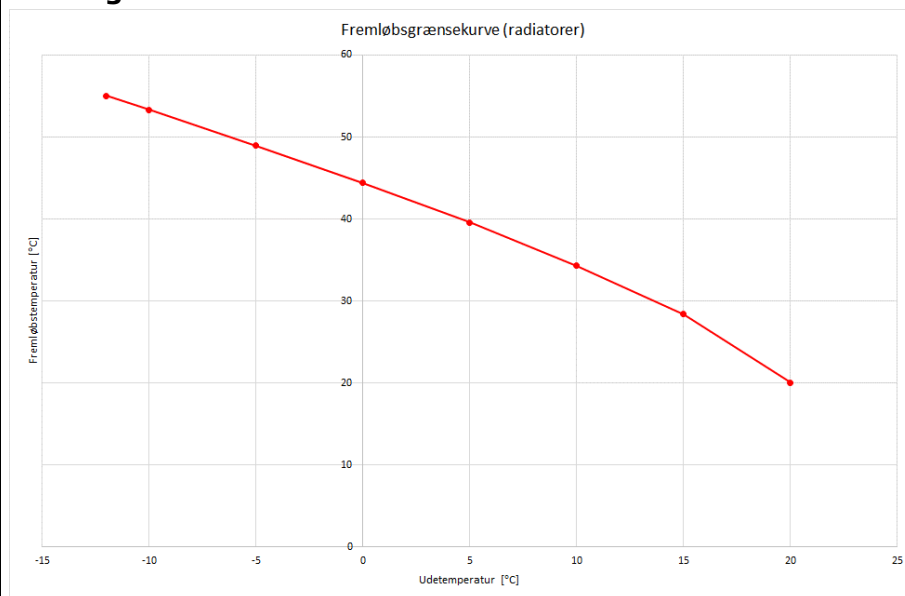
<p>Årsager til afvigelser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmesystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpe</li> <li>• Varmeanlægget mangler vand</li> <li>• Forkert kabling mellem ventil for gulvvarmekreds og rumtermostat</li> </ul>
-------------------------------	--

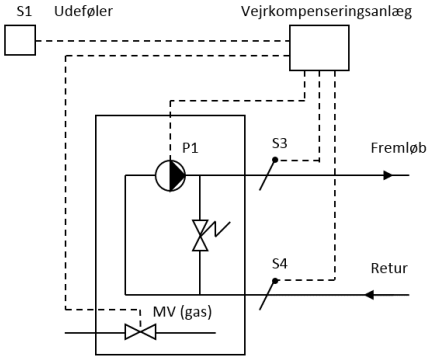
Test nr. 2	Kontrol af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) af radiatoranlæg
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>I henhold til DS 469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" skal centralvarmeanlæg forsynes med kontinuert, automatisk styring af fremløbstemperaturen efter varmebehovet.</p>
Definition	<p>For at et radiatoranlæg er velegnet til drift med fjernvarme eller en kondenserende kedel skal det være egnet til lave fremløbstemperaturer. Ifølge DS469 gælder følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den dimensionerende fremløbstemperatur for direkte fjernvarmeanlæg skal være på højst 60°C for radiatoranlæg. Returtemperaturen skal være på højst 40°C</li> <li>• For indirekte fjernvarmeanlæg er den dimensionerende fremløbstemperatur 55°C mens returtemperaturen er 35°C</li> <li>• For luft-vandvarmepumper er den dimensionerende fremløbstemperatur 55°C mens returtemperaturen er 45°C</li> <li>• Den dimensionerende fremløbstemperatur for kondenserende kedler skal være på højst 55°C for radiatoranlæg. For radiatoranlæg anbefales en dimensionerende afkøling på mindst 15°C</li> </ul> <p>Formålet med fremløbsstyringen (vejrkompenseringen) er at regulere fremløbstemperaturen i afhængighed af udetemperaturen. Returtemperaturen reguleres ikke, men reduceres også i takt med at udetemperaturen stiger.</p> <p>I nedenstående figurer ses fremløbsgrænsekurverne for radiatoranlæg, der forsynes fra henholdsvis direkte og indirekte fjernvarme samt kondenserende gaskedler med modulerende brænder. Kurverne viser hvad fremløbstemperaturen bør være ved en given udetemperatur. Ved en udetemperatur på ca. 20°C er fremløbstemperaturen 20°C.</p> <p>Hvis fremløbstemperaturen ved en given udetemperatur afviger væsentligt (er højere) fra den der kan aflæses i figurerne, skal årsagen til dette søges.</p>

### Direkte fjernvarmeanlæg



### Indirekte fjernvarmeanlæg, luft-vandvarmepumpe og kondenserende gaskedel med modulerende brændere



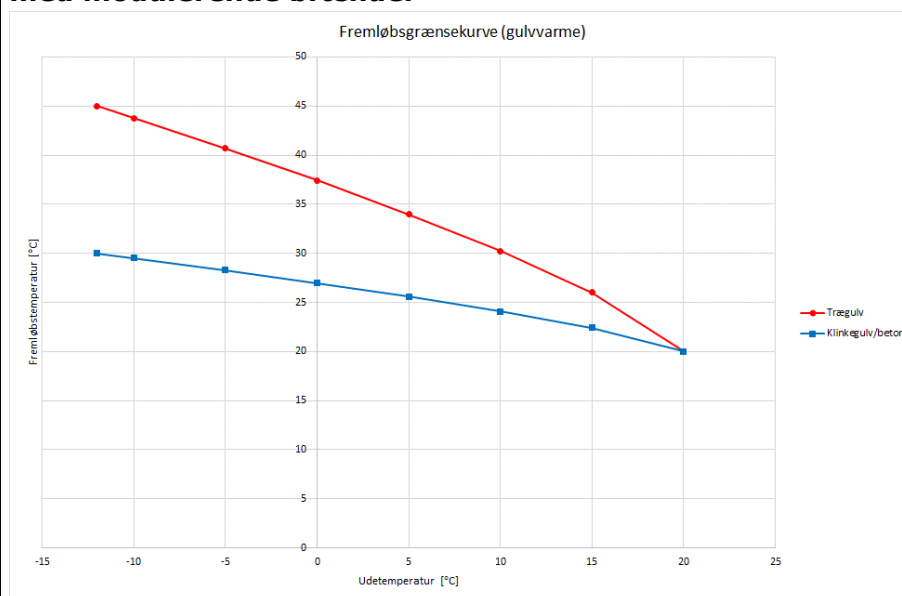
<p>Målepunkter og målemetode</p>	<p>For at vurdere om fremløbstemperaturstyringen fungerer skal der foretages samhoørende målinger af følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbstemperatur</li> <li>• Udetemperatur</li> </ul> <p>Til måling af fremløbstemperaturen fra varmeanlægget benyttes en kalibreret temperaturføler, som monteres i en dykrørslomme i fremløbsledningen. Hvis der ikke er monteret en dykrørslomme i fremløbsledningen, kan temperaturen måles på overfladen af ledningen med en termoføler, som forsynes med kontaktpasta og som isoleres.</p> <p>Målingen af udetemperaturen foretages med en temperaturføler, der placeres et egnet sted. Uønskede påvirkninger af temperaturføleren fra omgivelserne såsom direkte solskin skal undgås.</p>
<p>Principskitse</p>	 <p>Principskitsen viser udeføleren i et varmeanlæg der forsynes fra en gasdel.</p>
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af fremløbstemperaturstyringen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbstemperaturstyringen skal som udgangspunkt vurderes ved en udetemperatur, der er lavere end 5°C. Hvis dette ikke er muligt, placeres udetemperaturføleren i et medie med en kendt temperatur, eksempelvis en køleboks</li> <li>• Afprøvningen foretages en dag hvor uønskede påvirkninger fra omgivelserne såsom solvarme gennem vinduerne og stærk vind er minimale</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for projekteringen af varmeanlægget (gælder kun for nye anlæg)</li> <li>• Det forudsættes, at radiatortermostatventilerne er forindstillet til de beregnede værdier.</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Fremløbstemperaturstyringens funktionsduelighed eftervises for alle nye varmeanlæg.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>

Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til fremløbsstyringen (vejr-kompenseringen) kan accepteres hvis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbstemperaturen ved en given udetemperatur afviger mindre end 5°C fra den ønskede værdi jf. fremløbsgrænsekurven</li> </ul>
Årsager til afvigelser	<p><b>For høj fremløbstemperatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiatoranlæggets kapacitet er ikke stor nok til at dække varmetabet ved den temperatur, der kan aflæses på fremløbskurven. Radiatorkapaciteten (radiatorydelsen) bør derfor forøges</li> <li>• Det er ikke alle radiatorer der er i drift, hvorfor det er nødvendigt med en højere fremløbstemperatur for at dække varmebehovet. Alle radiatorer sættes i drift og forsøgsvis reduceres fremløbstemperaturen. At alle radiatorer ikke er i drift, kan skyldes, at de bevidst er slukkede eller på grund af defekte ventiler der ikke kan åbne for vandgennemstrømning</li> </ul>



Test nr. 3	Kontrol af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) af gulvvarmeanlæg
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>I henhold til DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" skal centralvarmeanlæg forsynes med kontinuert, automatisk styring af fremløbstemperaturen efter varmebehovet.</p>
Definition	<p>For at varmeanlægget er velegnet til drift med fjernvarme og kondenserende kedel, skal det være dimensioneret til lave fremløbs- og returtemperaturer. Ifølge DS469 skal den dimensionerende fremløbstemperatur for fjernvarmeanlæg og kondenserende kedler være på højst 45°C for gulvvarmeanlæg. Dette gælder for gulvvarmeanlæg med trægulv. For gulvvarmeanlæg med klinkegulv/beton skal fremløbstemperaturen højst være 30°C.</p> <p>Formålet med fremløbsstyringen (vejrkompenseringen) er at regulere fremløbstemperaturen i afhængighed af udetemperaturen.</p> <p>I nedenstående figurer ses fremløbsgrænsekurver for gulvvarmeanlæg med trægulv og klinkegulv/beton, der forsynes fra henholdsvis fjernvarme og kondenserende gaskedel med modulerende brænder. Kurverne viser hvad fremløbstemperaturen bør være ved en given udetemperatur. Ved en udetemperatur på ca. 20°C er fremløbstemperaturen begge 20°C.</p> <p>Hvis fremløbstemperaturen ved en given udetemperatur afviger væsentligt (er højere) fra den der kan aflæses i figurerne, skal årsagen til dette søges.</p>

## Fjernvarme, luft-vandvarmepumpe og kondenserende gaskedel med modulerende brænder



### Målepunkter og målemetode

For at vurdere om fremløbstemperaturstyringen fungerer skal der foretages samhörrende målinger af følgende:

- Fremløbstemperatur
- Udetemperatur

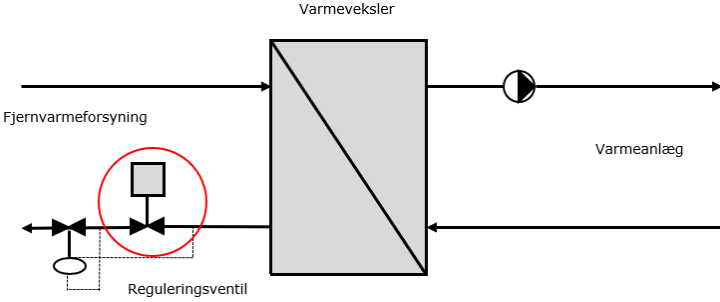
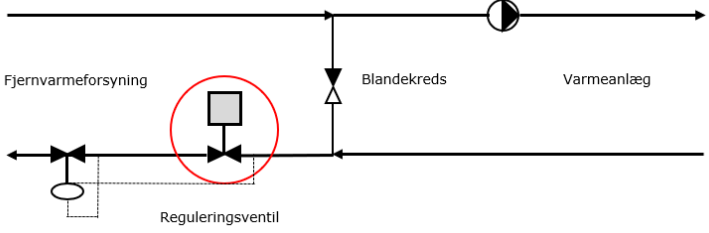
Til måling af fremløbstemperaturen fra varmeanlægget benyttes en kalibreret temperaturføler, som monteres i en dykrørslomme i fremløbsledningen. Hvis der ikke er monteret en dykrørslomme i fremløbsledningen, kan temperaturerne måles på overfladen af ledningen med en termoføler som forsynes med kontaktpasta og som isoleres.

Målingen af udetemperaturen foretages med en temperaturføler, der placeres på nordsiden og i skygge under udhæng. Uønskede påvirkninger af temperaturføleren fra omgivelserne såsom direkte solskin skal undgås.


<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af fremløbstemperaturstyringen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbstemperaturstyringen skal som udgangspunkt vurderes ved en udetemperatur, der er lavere end 5°C. Hvis dette ikke er muligt, placeres udetemperaturføleren i et medie med en kendt temperatur, eksempelvis en køleboks</li> <li>• Afprøvningen foretages en dag hvor uønskede påvirkninger fra omgivelserne såsom solvarme gennem vinduerne og stærk vind er minimale</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for projekteringen af varmeanlægget (gælder kun for nye anlæg)</li> <li>• Det forudsættes, at gulvvarmeventilerne er forindstillet til de beregnede værdier</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Fremløbstemperaturstyringens funktionsduelighed eftervises for alle nye varmeanlæg.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Funktionsafprøvningens resultat med hensyn til fremløbsstyringen (vejrkompenseringen) kan accepteres hvis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbstemperaturen ved en given udetemperatur afviger mindre end 5°C fra den ønskede værdi jf. fremløbsgrænsekurven</li> </ul>

<p>Årsager til afvigelser</p>	<p><b>For høj fremløbstemperatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gulvarmeanlæggets kapacitet er ikke stor nok til at dække varmetabet ved den ønskede rumtemperatur</li> <li>• Dimensionerings-, konstruktions- eller udførelsesfejl. Eksempler på dette kan være fejl ved udførelse af kontakt mellem varmfordeler og træoverflade eller fejl ved udførelse af kontakt mellem rør og varmfordeler. Endvidere kan der være afvigende rørafstand i forhold til den dimensionerede rørafstand</li> </ul>
-------------------------------	---

Test nr. 4	Kontrol af bygningsautomatik (reguleringsventiler) i fjernvarmeanlæg
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>I henhold til DS 469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" skal centralvarmeanlæg forsynes med kontinuert, automatisk styring af fremløbstemperaturen efter varmebehovet.</p>
Definition	<p>Automatikken (reguleringsventilen) skal være i stand til at styre og regulere varmeanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.</p> <p>Kontrol af varmeanlæggets automatik er baseret på vurdering og målinger på reguleringsventilen i varmeanlægget. Her menes ventilen til regulering af vandflowet i direkte eller indirekte fjernvarmeanlæg (veksler).</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere varmeanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter/procedurer:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulatoren sættes i manuel indstilling med fast fremløbstemperatur</li> <li>2. Der foretages to setpunktsændringer. En hvor setpunkt hæves og en hvor setpunkt sættes tilbage til udgangspunktet. Som udgangspunkt ændres setpunkter med +/- 5 grader</li> <li>3. Indsvingningstiden til ønsket temperatur registreres</li> </ol> <p>Bemærk: Selve ændringen af setpunktet vurderes i forhold til reguleringsområdet, dvs. afhængigt af de forudsætninger der ligger til grund for projekteringen med hensyn til setpunktsområde (min/maks. temperaturer). Reguleringspunkter der som minimum skal registreres i forbindelse med test:</p> <p><u>Temperaturregulering i indirekte fjernvarmeanlæg:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setpunkt</li> <li>• Temperatur, fremløb</li> </ul>

	<p><u>Temperaturregulering i direkte fjernvarmeanlæg:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setpunkter</li> <li>• Temperatur, fremløb</li> <li>• Temperatur, retur</li> </ul> <p>Undersøgelse af om kontraventilen virker, så vandet ikke løber den forkerte vej. Dette tjekkes ved at slukke cirkulationspumpen og åbne reguleringsventilen. Hvis returtemperaturen svarer til fremløbs-temperaturen er kontraventilen defekt.</p>
Principskitse	<p><b>Reguleringsventil i indirekte fjernvarmeanlæg (veksler)</b></p>  <p><b>Reguleringsventil i direkte fjernvarmeanlæg (blandekreds)</b></p> 
Forudsætninger	<p>For at testen kan gennemføres, skal følgende arbejder være gennemført:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlægget er indreguleret, det vil sige at termostatventilerne er forindstillet til de beregnede værdier</li> <li>• Trykdifferensregulatoren er indstillet korrekt</li> <li>• Hvis der benyttes en dynamisk reguleringsventil (med indbygget trykdifferensregulator) indstilles den på maks. flow ved fuld åben ventil</li> <li>• Anlægget har været i drift i minimum fire sammenhængende døgn</li> <li>• Reguleringsventilen skal som udgangspunkt vurderes ved en udetemperatur, der er lavere end 5°C, så der er et forbrug. Hvis dette ikke er muligt, indstilles fremløbstemperaturen som udgangspunkt til f.eks. 55°C (manuelt)</li> </ul>

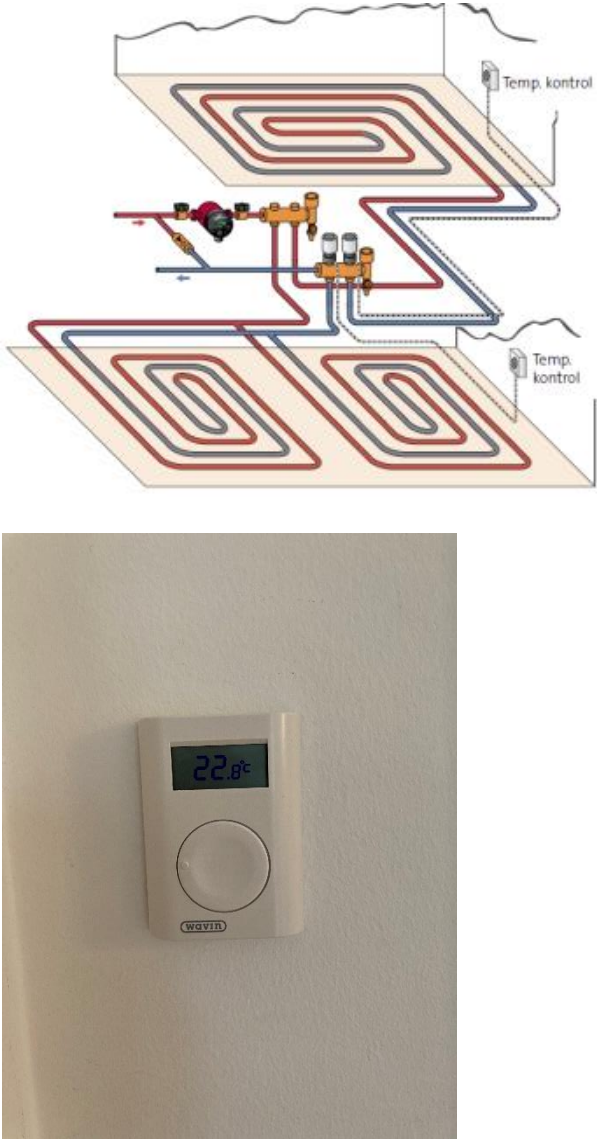
Omfang af test	Bygningsautomatikkens (reguleringsventilen) funktionsduelighed eftervises for alle nye varme anlæg.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, hvis testene viser, at reguleringskredsen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er stabil inden testen begynder</li> <li>• Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt højere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt lavere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• Ved en god regulering må der normalt ikke forekomme mere end tre til fire registrerbare svingninger</li> <li>• Ikke pendler</li> </ul>
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemer med pendling og dårlig regulering kan skyldes, at reguleringsventilen ikke er dimensioneret korrekt i forhold til belastning og differenstryk</li> <li>• Problemer med langsom indsvingning til stabil værdi skyldes forkert indstilling af regulatoren (forstærkningen, integrationstiden eller differentialtiden)</li> </ul>

Test nr. 5	Kontrol af radiatortermostatventiler
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>I henhold til DS 469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" skal varmegivere være forsynede med udstyr for automatisk regulering af varmeafgivelsen efter rumtemperaturen i det enkelte rum, således at det forudsatte termiske indeklima opnås, og unødvendigt energiforbrug undgås, samtidig med at betjeningen er enkel for brugeren.</p>
Definition	<p>Radiatoranlægget er forsynet med termostatventiler, der skal sørge for at opretholde ønskede rumtemperaturer. Radiatortermostatventilerne regulerer rumtemperaturen ved at ændre vandstrømmen i radiatoren. Hvis der f.eks. tilføres solvarme i et rum, lukker de automatisk ned.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved radiatoranlæg afprøves det, om radiatorerne reagerer ved ændring af termostatventilens indstilling.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ved først at skrue helt op skal radiatoren efter en time være varm (eller tit meget hurtigere).</li> <li>• Herefter skrues helt ned for at afprøve om radiatoren bliver kold efter endnu en time</li> <li>• For radiatorer med elektronisk styrede aktuatorer afprøves disse ved en tilsvarende ændring af ventilen til henholdsvis maksimal åben og helt lukket ved brug af anlægsstyringen</li> </ul> <p>Ovenstående procedure foretages samtidig for alle husets radiatorer.</p>
Principskitse	

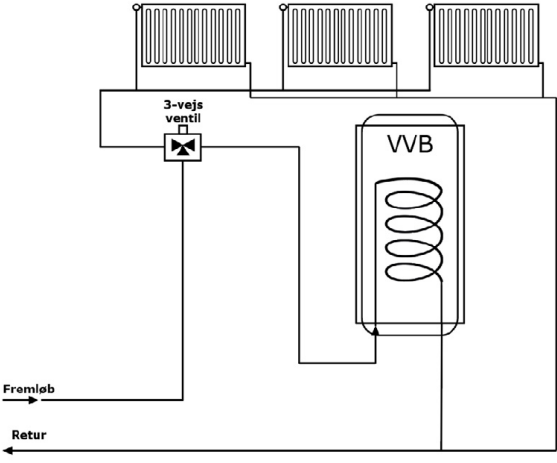


Forudsætninger	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af radiatortermostatventilerne skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiatortermostatventilerne skal som udgangspunkt vurderes ved en udetemperatur, der er lavere end 5°C. Hvis dette ikke er muligt, indstilles fremløbstemperaturen til f.eks. 55°C (manuelt) og fastholdes</li> <li>• Afprøvningen foretages en dag hvor uønskede påvirkninger fra omgivelserne såsom solvarme gennem vinduerne og stærk vind er minimale</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for projekteringen af varmeanlægget (gælder kun for nye anlæg)</li> <li>• Det forudsættes, at radiatortermostatventilerne er forindstillet til de beregnede værdier.</li> </ul>
Omfang af test	Radiatortermostatventilernes funktionsduelighed eftervises for alle nye varmeanlæg.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningens resultat med hensyn til radiatortermostatventilerne kan accepteres, hvis alle radiatorernes termostatventiler eller aktuatorer er testet og reagerer ved ændring af termostatindstilling eller setpunktsindstilling.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmesystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpen</li> <li>• Varme anlægget mangler vand</li> <li>• En eller flere af ventilerne er defekte</li> </ul>

Test nr. 6	Kontrol af reguleringsventiler til gulvvarme
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>I henhold til DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" skal varmegivere være forsynede med udstyr for automatisk regulering af varmeafgivelsen efter rumtemperaturen i det enkelte rum, således at det forudsatte termiske indeklima opnås, og unødvendigt energiforbrug undgås, samtidig med at betjeningen er enkel for brugeren.</p>
Definition	<p>Gulvvarmeanlægget er forsynet med reguleringsventiler, der åbnes og lukkes af regulatorer med rumfølere. Systemet skal sørge for at opretholde de ønskede rumtemperaturer. Systemet skal sikre at ventilerne lukker, hvis der f.eks. er varme nok fra solindfald eller anden gratisvarme. Normalt forsynes gulvvarmeanlægget fra manifold i henholdsvis fremløb- og returløb. Der er monteret motorventiler (thermoaktuatorer) og forindstillingsindstillingsventiler til hver kreds.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved gulvvarmeanlæg afprøves det, om gulvvarmekredsene reagerer ved ændring af rumtermostatens indstilling.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle rumtermostater stilles på 10°C. Herved lukker alle ventilerne. Huset henstår uopvarmet i minimum 24 timer</li> <li>• Herefter skrues rumtermostaterne en ad gangen op til maks. rumtemperatur f.eks. 30 °C</li> <li>• For hvert rum kontrolleres at den rigtige slange aktiveres, for at være helt sikker filmes rummet med et termografikamera og så snart det kan anes at der kommer varme så er rummet, slangen og reguleringsventilen kontrolleret</li> <li>• Det er også muligt at kontrollere reguleringsventilen ved at foretage vurderinger af fremløbs- og returtemperaturen til hver gulvvarmekreds ved berøring af rørene</li> </ul> <p>Fremløbsledningen skal blive varm i løbet af højst 3 - 5 minutter og returen skal blive mærkbart varmere efter maks. 10 minutter</p> <p>Ovenstående procedure foretages samtidig for alle husets gulvvarmekredse.</p>

<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvningen af reguleringsventilerne skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reguleringsventilerne skal som udgangspunkt vurderes ved en udetemperatur, der er lavere end 5°C. Hvis dette ikke er muligt, indstilles fremløbstemperaturen til f.eks. 45°C (manuelt) og fastholdes</li> <li>• Afprøvningen foretages en dag hvor uønskede påvirkninger fra omgivelserne såsom direkte solskin og stærk vind er minimale</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for projekteringen af varmeanlægget (gælder kun for nye anlæg)</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Reguleringsventilernes funktionsduelighed eftervises for alle nye varmeanlæg.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningens resultat med hensyn til reguleringsventiler til gulvvarme kan accepteres, hvis alle gulvvarmekredse er afprøvet og vurderingerne af frem- og returtemperaturer har eftervist, at der er sammenhæng mellem hver enkelt gulvvarmekreds og rumtermostat.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forkert kabling mellem ventil for gulvvarmekreds og rumtermostat</li> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmsystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpe</li> <li>• Varmeanlægget mangler vand</li> <li>• En eller flere af ventilerne er defekte</li> </ul>

Test nr. 7	Kontrol af varmtvandsprioritering (naturgaskedler)
Lovkrav	Bygningsreglement BR18 kap. 19 § 387 stk. 2: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS469 "Varme- og køleanlæg i bygninger".
Definition	<p>Nye kedler kan skifte mellem rumopvarmning, hvor kedelvandstemperaturen tilpasses efter udetemperaturen og varmtvandsprioritering, hvor rumopvarmning kortvarigt udkobles og brændereffekten reguleres op til maksimum for hurtigt at kunne hæve temperaturen på brugsvandet.</p> <p>Varmtvandsprioritering sikrer en konstant temperatur på det varme vand uanset temperaturen i centralvarmeanlægget.</p> <p>Termostaten i varmtvandsbeholderen styrer en 3-vejs ventil, der kobler om fra opvarmning af huset til varmtvandsproduktion (varmtvandsprioritering), når temperaturen er blevet for lav på det varme vand.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Varmtvandsprioriteringen afprøves således:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Først at tømme varmtvandsbeholderen for varmt vand</li> <li>• Efter tømningen observeres det (hvis muligt), at trevejsventilen indstiller sig således at beholderen tilføres varme fra kedlen</li> <li>• Der foretages en vurdering af fremløbstemperaturen til nærmeste radiator eller gulvvarmekreds ved håndberøring af røret, som skal blive koldt</li> <li>• Efter 10 – 15 minutter skal brugsvandet begynde at blive varmt. Dette observeres ved at tappe noget varmt brugsvand</li> <li>• Efter ca. en halv time uden forbrug af varmt brugsvand foretages en vurdering af fremløbstemperaturen til nærmeste radiator eller gulvvarmekreds ved håndberøring af røret, som skal være varmt.</li> </ul>
Principskitse	 <p>Diagrammet illustrerer en 3-vejs ventil, der styrer vandets flow mellem radiatorer og en varmtvandsbeholder (VVB). Røret til radiatorerne er mærket 'Fremløb' og 'Retur'.</p>
Forudsætninger	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af varmtvandsprioriteringen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmtvandsprioriteringen skal som udgangspunkt vurderes ved en udetemperatur, der er lavere end 5°C</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for projekteringen af varmeanlægget.</li> </ul>

Omfang af test	Varmtvandsprioriteringens funktionsduelighed eftervises for alle nye varmeanlæg.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til varmtvandsprioriteringen kan accepteres, hvis fremløbstemperaturen til varmfordelingssystemet falder efter tømning af varmtvandsbeholderen samtidig med at temperaturen i beholderen begynder at stige. Efter ca. en halv time, skal fremløbstemperaturen til varmfordelingssystemet være steget igen.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defekt temperaturføler i beholder</li> <li>• Defekt reguleringsventil</li> </ul>

### 9.1.9 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

##### Indregulering

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

##### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur (radia- toranlæg)		°C
Fremløbstemperatur (gulv- varmeanlæg)		°C

<b>Radiatorer</b>	<b>Placering</b>	<b>Bliver radiatoren jævnt varm?</b>	
		<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
Radiator 1			
Radiator 2			
Radiator 3			
Radiator 4			
Radiator 5			
Radiator 6			
Radiator 7			
Radiator 8			
Radiator 9			

Radiator 10			
-------------	--	--	--

Gulvvarme	Placering	Bliver gulvet jævnt varmt?	
		Ja	Nej
Gulvvarmekreds 1			
Gulvvarmekreds 2			
Gulvvarmekreds 3			
Gulvvarmekreds 4			
Gulvvarmekreds 5			
Gulvvarmekreds 6			
Gulvvarmekreds 7			
Gulvvarmekreds 8			
Gulvvarmekreds 9			
Gulvvarmekreds 10			

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>



## Registreringsskema til test 2

### Funktionsafprøvning af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) for radiatoranlæg

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

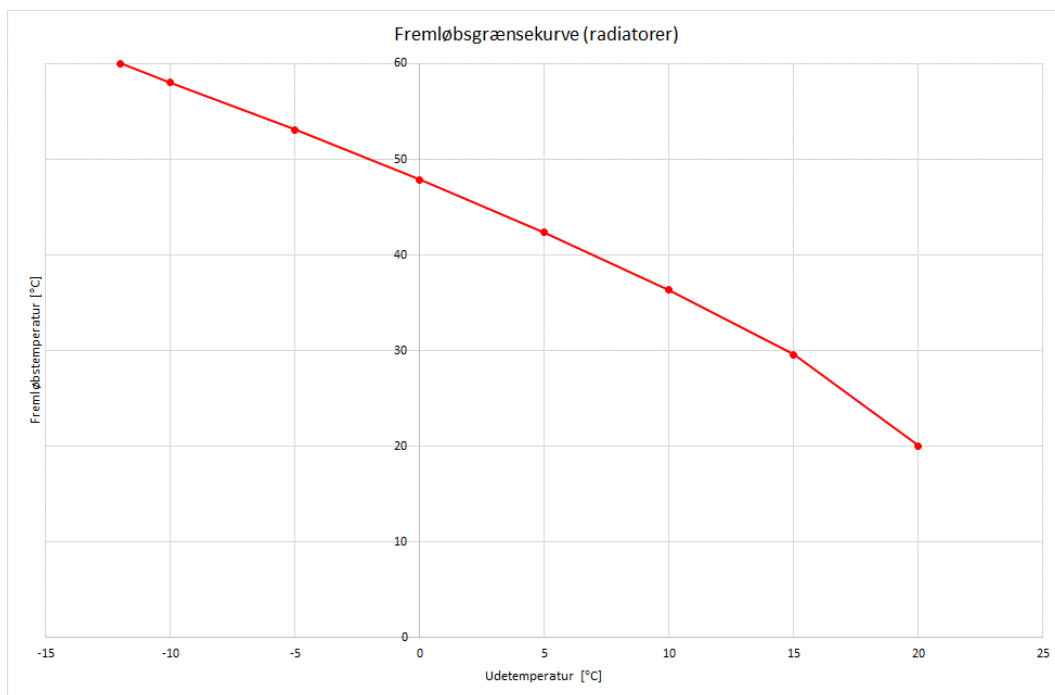
<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

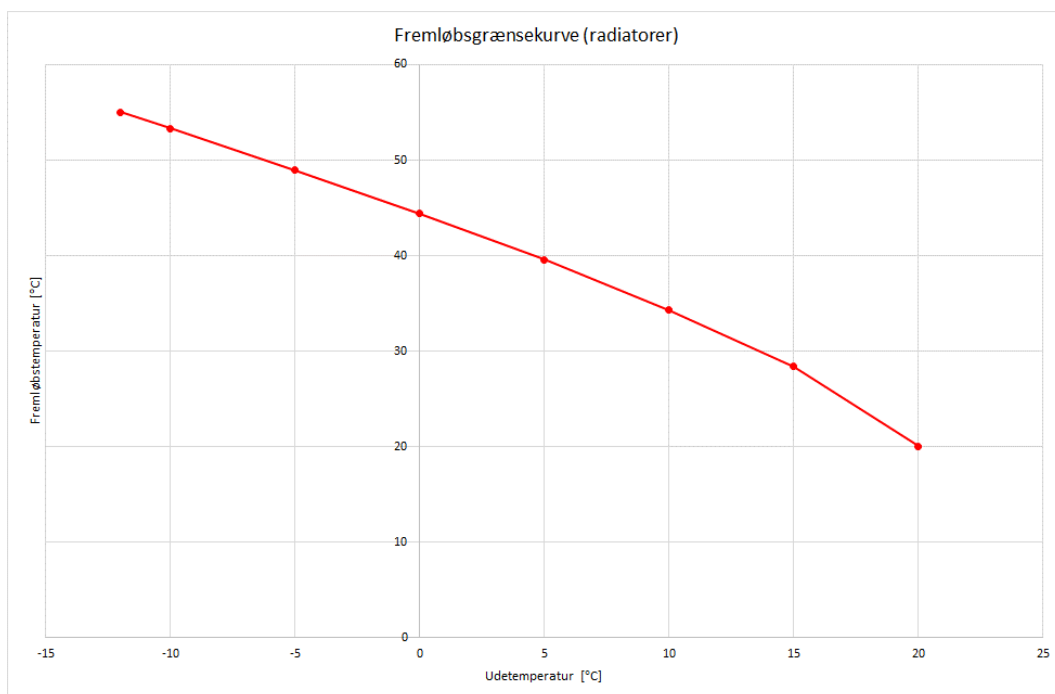
### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur		°C
Udetemperatur		°C

## Direkte fjernvarmeanlæg



## Indirekte fjernvarmeanlæg, luft-vandvarmepumpe og kondenserende gaskedel med modulerende brændere



Målt fremløbstemperatur [°C]	Aflæst fremløbstemperatur [°C]	Afvigelse [°C]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

### Registreringsskema til test 3

#### Funktionsafprøvning af fremløbstemperaturstyring (vejrkompensering) for gulvvarmeanlæg

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

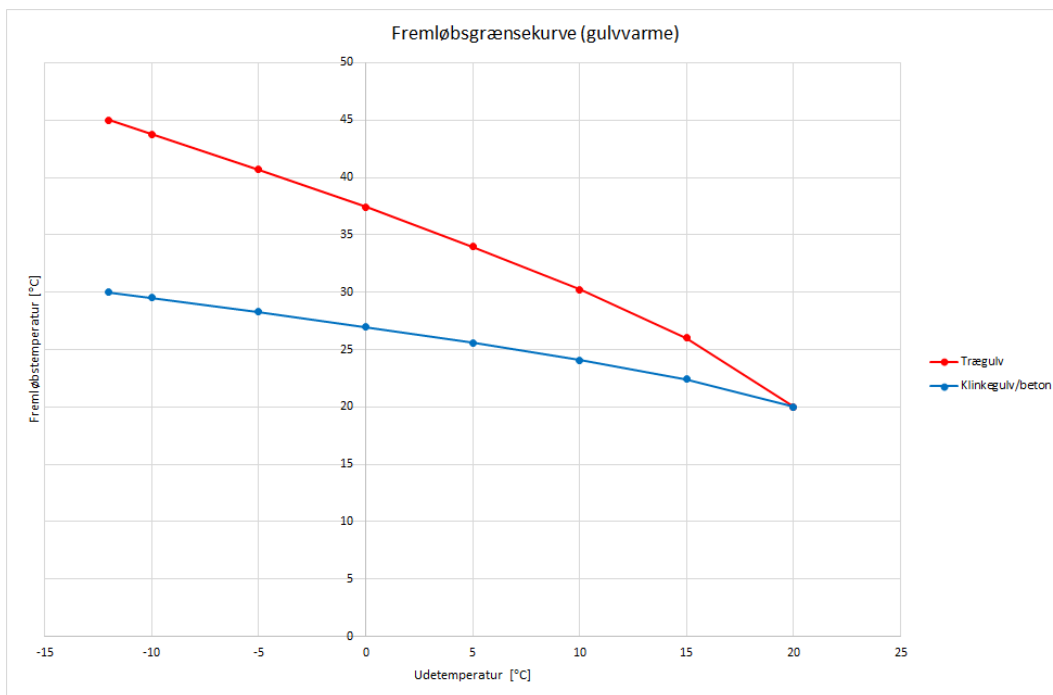
<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur		°C
Udetemperatur		°C

## Fjernvarme, luft-vandvarmepumpe og kondenserende gaskedel med modulerende brænder



Målt fremløbstemperatur [°C]	Aflæst fremløbstemperatur [°C]	Afvigelse [°C]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

## Registreringsskema til test 4

### Funktionsafprøvning af reguleringsventil

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur (udgangspunkt)		°C
Fremløbstemperatur (højere setpunkt)		°C
Fremløbstemperatur (lavere setpunkt)		°C

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Indsvingningstid (højere setpunkt)		min
Indsvingningstid (lavere setpunkt)		min

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>



## Registreringsskema til test 5

### Funktionsafprøvning af radiatorer

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

Radiatorer	Placering	Varm ved maks. indstilling efter en time		Kold efter en time ved afbrydelse	
		Ja	Nej	Ja	Nej
Radiator 1					
Radiator 2					
Radiator 3					
Radiator 4					
Radiator 5					
Radiator 6					
Radiator 7					
Radiator 8					
Radiator 9					
Radiator 10					

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 6

### Funktionsafprøvning af reguleringsventiler til gulvvarme

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

Radiatorer	Placering	Fremløbsledning varm 3 - 5 minutter efter at rumtermostaten skrues op til 24 °C		Returledning mærkbart varm 10 minutter efter at rumtermostaten er skruet op	
		Ja	Nej	Ja	Nej
Gulvvarmekreds 1					
Gulvvarmekreds 2					
Gulvvarmekreds 3					
Gulvvarmekreds 4					
Gulvvarmekreds 5					
Gulvvarmekreds 6					
Gulvvarmekreds 7					
Gulvvarmekreds 8					
Gulvvarmekreds 9					
Gulvvarmekreds 10					

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 7

### Funktionsafprøvning af varmtvandsprioritering

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

#### Efter tømning af beholder (10 – 15 minutter efter)

<b>Driftsparameter</b>	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
Rør til nærmeste radiator- eller gulvarmekreds bliver koldt?		
Brugsvand begynder at blive varmt efter 10 – 15 minutter?		

#### En halv time efter tømning af beholder

<b>Driftsparameter</b>	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
Rør til nærmeste radiator- eller gulvarmekreds bliver varmt?		
Brugsvand er varmt?		

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### 9.1.10 Ventilationsanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af luftmængder, SFP-faktor, automatik og temperaturvirkningsgrad. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier. De tre første tests kan med fordel udføres i én arbejdsgang og ikke som separate tests.

Test nr. 1	Ventilation, luftmængder
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 § 443 stk. 1 står der:</p> <p>”I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation”.</p> <p>I stk. 2 står der:</p> <p>”Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Uden for opvarmningssæsonen kan indblæsning erstattes af udelufttilførsel gennem vinduer, udeluftventiler og lignende”.</p> <p>I stk. 3 står der:</p> <p>” Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepaladerne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftfornigede forureninger fra madlavning. Udsugningen skal kunne forøges til mindst 20 l/s”.</p> <p>I stk. 4 står der:</p> <p>”Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s”.</p>
Definition	<p>Boligenhedens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften, indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedluftmængder (grundluftsskifte) opgjort via traversmålinger i hovedkanaler, målt på måleudtag på ventilatorerne, hvis disse forefindes eller målinger på armaturer med håndholdt måletragt</li> <li>• Delluftmængder (forcerede luftmængder) opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på armaturer med håndholdt måletragt</li> </ul>

<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne måle luftmængder i ventilationsanlæg skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2</li> <li>• Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2</li> <li>• Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS447 6.3.3</li> <li>• Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Luftmængderne eftervises for nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motorernes frekvensomformere indstilles således at ventilatorerne leverer den krævede luftmængde jf. BR18</li> <li>• Der foretages målinger af hovedluftmængderne fra ventilationsanlægget (grundluftskifte)</li> <li>• Der foretages målinger af udsugede luftmængder fra køkken, badeværelse og eventuelt toilet (forcederede luftmængder)</li> </ul> <p>Med hensyn til de forcederede luftmængder er det væsentligt at finde ud af, hvorledes de kan forceres, hvis der er installeret behovsstyret ventilation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I køkken sker det typisk når emhætten tændes</li> <li>• I bade- og wc-rum sker det typisk via en fugtføler eller når lyset tændes</li> <li>• I wc-rum uden bad og i bryggers sker det typisk når lyset tændes</li> </ul> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis den målte hovedluftmængde maksimalt ligger <math>\pm 5\%</math> fra den projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p>



	<p>Endvidere kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte forcerede luftmængder maksimalt ligger indenfor <math>\pm 10\%</math> fra de projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger <math>\pm 8\%</math> fra kravet i BR18.</p> <p>Endvidere hvis den målte luftmængde fra/til et rum maksimalt ligger <math>\pm 10\%</math> fra kravet i BR18.</p> <p>Endelig hvis den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger <math>\pm 15\%</math> fra kravet i BR18.</p>
Årsager til afvigelser	Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlægget, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger

Test nr. 2	Ventilation, SFP-faktor
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §. 438 står der:            "For ventilationsanlæg med konstant eller variabel luftydelse og varmegenvinding, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.000 J/m<sup>3</sup> ved maksimalt tryktab."</p>
Definition	<p>Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (<math>P_i</math> og <math>P_u</math>)</li> <li>• Den indblæste og udsugede luftmængde, der svarer til et grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> (<math>q_{grund}</math>)</li> </ul> <p>Beregningsen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \left[ \frac{W}{m^3/s} \right]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftmængder opgjort via traversmålinger i hovedkanaler, målt på måleudtag på ventilatorerne, hvis disse forefindes eller via delmålinger på armaturer med måletragt</li> <li>• Effektoptag foretaget på motorernes hovedrelæer i styreskabet eller på motorernes klemkasser</li> </ul>
Principskitse	

Forudsætninger	<p>For at kunne eftervise ventilationsanlæggets SEL-værdi skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2</li> <li>• Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2</li> <li>• Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS447 6.3.3</li> <li>• Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold</li> </ul>
Omfang af test	<p>SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <p>Målingen af SFP-faktoren foretages med fuld varmegenvinding, dvs. eventuelle bypass spjæld skal være lukkede eller rotoren (roterende veksler) køre med 100% omdrejningstal</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5%.</p>
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyd-dæmpere, indtags-og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen</li> <li>• Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeflade m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen</li> <li>• Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat</li> <li>• Luftmængderne afviger fra dem der var forudsat ved den oprindelig opgørelse af SFP-faktoren</li> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>• Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag</li> <li>• Defekte komponenter</li> </ul>

<b>Test nr. 3</b>	<b>Ventilation, automatik</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 stk. 421 står der: "Ventilationssystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS447 Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationsystemer".
Definition	Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperatur</li> <li>• Fugtighedsføler</li> <li>• Hastighedsregulering (VAV), som typisk sker i trin</li> </ul>
Principskitse	
Forudsætninger	For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets behovsstyring skal følgende normalt være opfyldt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2</li> <li>• Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2</li> <li>• Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS447 6.3.3</li> <li>• Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold</li> </ul>
Omfang af test	Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indstilling af setpunkt for ønsket indblæsningstemperatur som sammenholdes med en måling af indblæsningstemperaturen</li> <li>• Ændringer af udsugningsventilatorens hastighed som samtidig skal give anledning til ændring af indblæsningsventilatorens hastighed</li> </ul>
Tidspunkt for testens	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.

gennemførelse	
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 5% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen</li> </ul>
Årsager til afvigelser	<p>Forskellen mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter)</li> <li>• Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)</li> </ul>

<b>Test nr. 4</b>	<b>Ventilation, temperaturvirkningsgrad</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 stk. 435 står der: " Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80 pct."
Definition	<p>Beregning af temperaturvirkningsgraden <math>\eta_t</math> for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udeluftens temperatur (<math>T_1</math>)</li> <li>• Udeluftens temperatur ved afgangen fra varmegenvindingsenheden (<math>T_2</math>). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes 0,5 °C for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sidder der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil.</li> <li>• Temperatur af udsugningsluften (<math>T_3</math>)</li> </ul> <p>Beregningsformelen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} [\%]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af varmegenvindingsens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturer registreret via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet.</li> </ul>
Principskitse	

Forudsætninger	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets varmegenvindingsenhed skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2</li> <li>• Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2</li> <li>• Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS447 6.3.3</li> <li>• Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold</li> </ul>
Omfang af test	<p>Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding. Det kan være en udfordring at opnå den ønskede ude-temperaturer for måling og beregning af temperaturvirkningsgraden. Temperaturvirkningsgraden skal som udgangspunkt eftervises ved en temperaturdifferens mellem udeluft før veksler (<math>T_1</math>) og udsuget luft fra rummene (<math>T_3</math>) på ca. 10 - 15°C.</p> <p>Når temperaturvirkningsgraden eftervises, skal der være en rimelig balance imellem indblæst og udsuget luftmængde. Der må maksimalt være en ubalance på 3%.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Krav i BR18.</p>
Testens resultat	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 5% under kravet i BR18.</p>

### 9.1.11 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

#### Funktionsafprøvning af luftmængder

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

#### Hovedluftmængder (grundluftskifte)

Måling i kanal eller trykudtag på ventilator

	<b>Målt luftmængde</b> [m <sup>3</sup> /h]	<b>Projekteret luft- mængde</b> [m <sup>3</sup> /h]	<b>Afvigelse</b> [%]
Indblæsning			
Udsugning			



Måling på indblæsnings-og udsugningsarmaturer

Armatur	Placering	Målt luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Projekteret luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Afvigelse [%]
Indblæsning				
<b>I alt</b>				
Udsugning				
<b>I alt</b>				

Delluftmængder (forcerede luftmængder)

Udsugning	Målt luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Projekteret luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Afvigelse [%]
Køkken			
Badeværelse			
WC 1			
WC 2			
<b>I alt</b>			

Det samlede resultat

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 2

### Funktionsafprøvning af SFP-faktor

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Luftmængde ( $q_{grund}$ )		$m^3/s$
Optagen effekt for motoren til indblæsningsventilatoren ( $P_i$ )		W
Optagen effekt for motoren til udsugningsventilatoren ( $P_u$ )		W

<b>Beregning</b>	<b>SFP-faktor [W/m<sup>3</sup>/s]</b>
$SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}}$	

Beregnet SFP-faktor, SFP (beregnet) [W/m <sup>3</sup> /s]	Projekteret SFP-faktor, SFP (proj.) [W/m <sup>3</sup> /s]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

### Registreringsskema til test 3

#### Funktionsafprøvning af automatik

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

	<b>Enhed</b>	<b>Målt</b>	<b>Projekteret</b>	<b>Afvigelse [%]</b>
Indblæsningstemperatur	[°C]			

<b>Trin</b>	<b>Indblæst luftmængde [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Udsuget luftmængde [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Afvigelse [%]</b>
1			
2			
3			
4			

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 4

### Funktionsafprøvning af temperaturvirkningsgrad

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftstemperatur</b>	<b>Temperatur [°C]</b>
Udeluftens temperatur ( $T_1$ )	
Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden ( $T_2$ )	
Temperatur af udsugningsluften ( $T_3$ )	

<b>Beregning</b>	<b>Temperaturvirkningsgrad, <math>\eta_t</math> [%]</b>
$\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1}$	

Beregnet temperaturvirkningsgrad, $\eta_t$ (beregnet) [%]	Projekteret temperaturvirkningsgrad, $\eta_t$ (proj.) [%]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

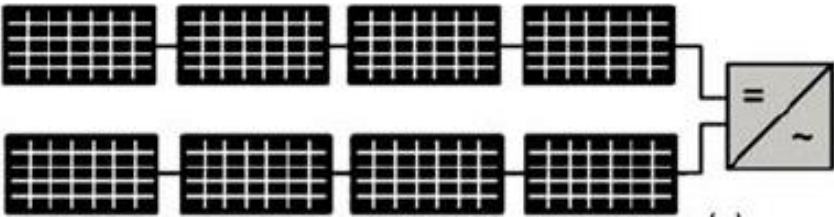
Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer



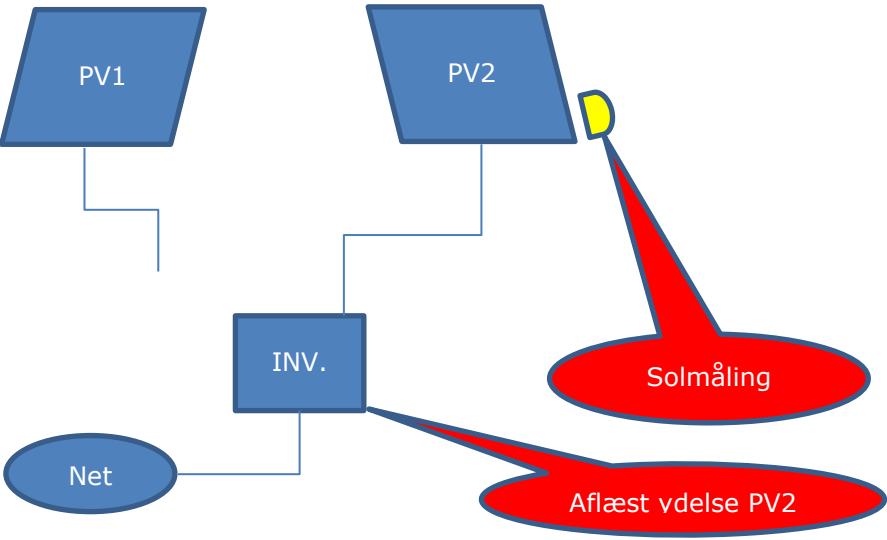
### 9.1.12 Solcelleanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for kontrol af elinstallation og kontrol af virkningsgrad og I-V for solcelleanlæg. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier.

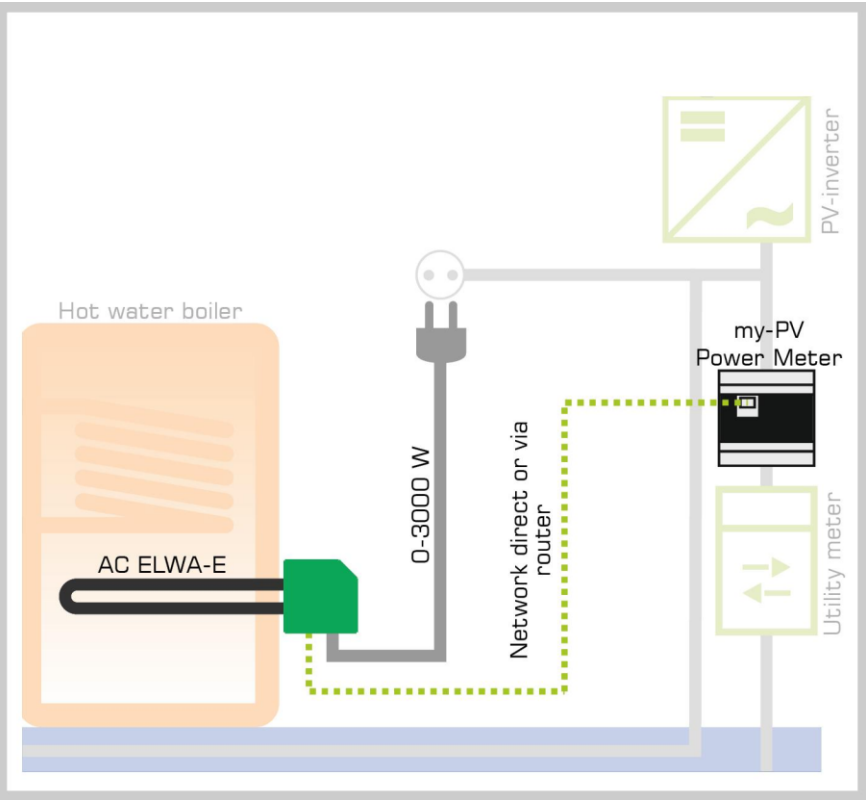
Test nr. 1	Basiskontrol af solcelleanlæg
Lovkrav	<p>Produktionsanlæg skal overholde de tekniske betingelser, som netselskaberne og Energinet har fastsat efter EU-forordningen 2016/631 – Requirements for Generators (RfG) og Elforsyningsloven.</p> <p>Hvis inverteren er på positivlisten fra Dansk Energi kan dette anses for opfyldt, men installatøren kan vælge at ændre de tekniske indstillinger som derfor bør kontrolleres.</p>
Definition	<p>En nettilsluttet solcelleinverter er bl.a. karakteriseret ved:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den kan kun køre når et elektriske net er indkoblet og frekvens og spænding ligger indenfor nærmere definerede grænser</li> <li>• Den har et begrænset arbejdsområde for hver DC-indgang hvad angår strøm og spænding</li> </ul>
Målepunkter og målemetode	<p>a) Gennemsyn af inverterens/inverterernes opsætning som kontrol af at den/de er indstillet i henhold til kravene i der konkrete forsyningsområde (DK1 eller DK2)</p> <p>b) Måling af polaritet, tomgangsspænding og driftsspænding på hver af anlæggets strenge</p>
Principskitse	 <p>Eksempel på anlæg med to strenge koblet til samme inverter</p>
Forudsætninger	<p>Spændingsmålinger forudsætter at der er lys nok på anlægget for en retvisende måling. Det vil i praksis sige at moderat dagslys er nok, da spændingen er næsten den samme når man er over 20% af fuldt sollys.</p>
Omfang af test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tjek af at inverterne enten er korrekt indstillet fra fabrikken til dansk forsyningsområde DK1/DK2, eller at dette er gjort i forbindelse med installation</li> <li>• Tjek af at DC-tilslutninger til inverterne er udført korrekt inden anlægget sættes i drift.</li> <li>• Tjek af grundlæggende inverterdrift</li> </ul>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden og vil normalt være en integreret del af elektrikerens kvalitetssikring af arbejdet.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis korrekt inverterindstilling er påvist og hvis DC tomgangsspændingen for hver streng ligger indenfor +/- 10% af det teoretiske
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forkert sammenkobling af moduler</li> <li>• Defekte moduler eller samlinger</li> <li>• Forkert polaritet</li> <li>• Forkert opmærkning af kabler</li> </ul>

<p><b>Test nr. 2</b></p>	<p><b>Kontrol af ydelse for solcelleanlæg</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektmåling på hver af anlæggets strenge (DC)</li> <li>• Effektmåling på det samlede anlæg (AC)</li> <li>• Beregning af korrigeret ydelse</li> </ul>
<p>Lovkrav</p>	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 12 § 327b står der:          ”Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet.”</p> <p>Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvning af solcelleanlæg er:          DS/IEC TS 61724-3 Fotovoltaiske systemers ydeevne – Del 3: Energievalueringmetode</p>
<p>Definition</p>	<p>Et antal solcellemodulers øjeblikkelige ydelse under standard testbetingelser (STC) er defineret som DC-effekten (W) ved en solcelletemperatur på 25°C, en indstråling vinkelret på modulerne på 1000 W/m<sup>2</sup> og en bestemt spektralfordeling (AM 1,5).</p> <p>Da disse forhold aldrig er til stede i praksis, kan man i stedet omregne målte data til STC-betingelser ved at bruge producentens datablad eller figuren i afsnit 6.3.1.2</p> <p>Systemvirkningsgraden (PR) for anlægget på årsbasis er defineret som:</p> $PR = AC \text{ energi produceret} / \text{Beregnet DC energi ved STC}$ <p>I sagens natur kræver den et år at verificere ved måling, så den kan kun måles som stikprøve og må da betragtes som vejledende.</p>
<p>Målepunkter og målemetode</p>	<p>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 inklusive systemvirkningsgraden.</p> <p>Hvis metoden i DS/IEC TS 61724-3 følges, så vil ovenstående normalt være opfyldt. <i>Det vil dog være ganske tidskrævende at følge standarden til punkt og prikke, derfor anbefales i stedet en forenklet øjebliksmåling (særligt ved små solcelleanlæg).</i></p>

<p>Principskitse</p>	 <p>Her er vist et system med to solcelleflader som måles hver for sig. PV1 er her afbrudt mens der måles på PV2</p>
<p>Forudsætninger</p>	<p>Installationen af solcelleanlægget er afsluttet og anlægget er tilsluttet el-nettet.</p> <p>Effektmålinger forudsætter at der er lys nok på anlægget for en retvisende måling som kan omregnes til STC med en rimelig nøjagtighed. Det vil i praksis sige at indstrålingen skal være over 400 W/m<sup>2</sup> målt vinkelret på fladen.</p>
<p>Omfang af test</p>	<p>Testen med solmåling i samme plan som solcellerne og så mens der er stabil indstråling på anlægget. Der måles på hver delstreng for sig. Hvis der er for lidt lys til at måling kan gennemføres, noteres dette og i stedet kontrolleres anlægget på et senere tidspunkt.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testen er acceptabel, hvis den samlede målte og STC korrigerede effekt ligger indenfor 10% af den beregnede. Alternativt kan det påvises at anlæggets maksimalydelse bliver opnået i perioder med gunstige betingelser.</p>
<p>Årsager til afvigelser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skygge på moduler</li> <li>• Defekte moduler eller samlinger</li> <li>• Seriekobling af moduler med forskellig orientering/hældning</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Forkert indstilling eller dimensionering af inverter så den begrænser ydel- sen mere end beregnet.</li></ul>
--	--

<p><b>Test nr. 3</b></p>	<p><b>Kontrol af styring for solcelleanlæg hvis relevant</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation mellem anlæggets dele og energistyring</li> <li>• Kommunikation med LAN/WIFI</li> <li>• Kontrol af www brugerpanel</li> </ul>
<p>Lovkrav</p>	<p>Sikring af at forbruger har fået det lovede produkt og at afregning sker som forventet</p>
<p>Definition</p>	<p>En energistyring i forbindelse med solcelleanlæg, har til formål at optimere anvendelsen af el, således at forbruget skrues op når der er overskud af solcellestrøm og reduceres når der er underskud.</p> <p>Styringen består af en fysisk enhed i form af måleudstyr i eltavle, styreprint, relæer og WIFI-tilslutning samt af software i form af en brugerflade hvor forskellige parametre kan indstilles.</p> <p>I mange tilfælde er der indbygget alarmer og dataopsamling, så man i detaljer kan følge anlæggets produktion.</p> <p>Som minimum er der installeret en tovejs elmåler i hovedtavlen til visning af importeret og eksporteret el, samt en elmåler i selve inverteren til visning af produktion.</p>
<p>Målepunkter og målemetode</p>	<p>1) Kontrol af at hovedmåler viser korrekt import/eksport</p> <p>2) Kontrol af energistyringsrelæer m.m.</p>
<p>Principskitse</p>	 <p>Kilde: <a href="http://my-pv.com">my-PV Power Meter - my-PV GmbH (my-pv.com)</a></p>

Forudsætninger	Der skal kunne måles i en periode med overproduktion, det vil sige solcelleanlægget skal producere mere end der forbruges. I så fald skal den eksporterede effekt aflæst på hovedmåleren være lige med den øjeblikkelige produktion minus forbruget.
Omfang af test	Målingen omfatter aflæsning af elmålere der er installeret i forvejen.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis aflæst effekt til net er lig med produceret effekt minus forbrug (indenfor 10%) Test af automatik er acceptabel, når alle styresignaler er gennemgået og systemet har reageret korrekt på stigende eller faldende produktion.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedmåleren er en såkaldt fasemåler og ikke en summationsmåler. Kunden har i så fald ret til at få den skiftet hos netselskabet.</li> <li>• Fejl på anlægstilslutning i hovedtavle</li> <li>• Fejlagtig opsætning af styreprogram/brugerflade</li> </ul>

### 9.1.13 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

##### Kontrol af solcelleinverter

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er solcelleinverter(e) korrekt indstillet m.h.t. net-område		
Er polaritet korrekt på alle DC-indgange?		
Tomgangsspænding korrekt (jf. nedenstående)		
Driftsspænding korrekt (jf. nedenstående)		

Parameter	Streng 1	Streng 2		Streng n
<i>Strengens beregnede tomgangsspænding</i>				
<i>Målt tomgangsspænding</i>				
<i>Afvigelse under 10%<sup>1)</sup></i>				
<i>Målt driftsspænding</i>				
<i>75-90% Relativ driftsspænding<sup>2)</sup></i>				

1. Afvigelser som alene skyldes temperatur og solintensitet vil i Danmark normalt være under 10% når solen rammer anlægget.
2. Værdien afhænger noget af solcelletype og kan evt. beregnes fra databladsoplysninger som  $V_{mpp}/V_{oc}$

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>



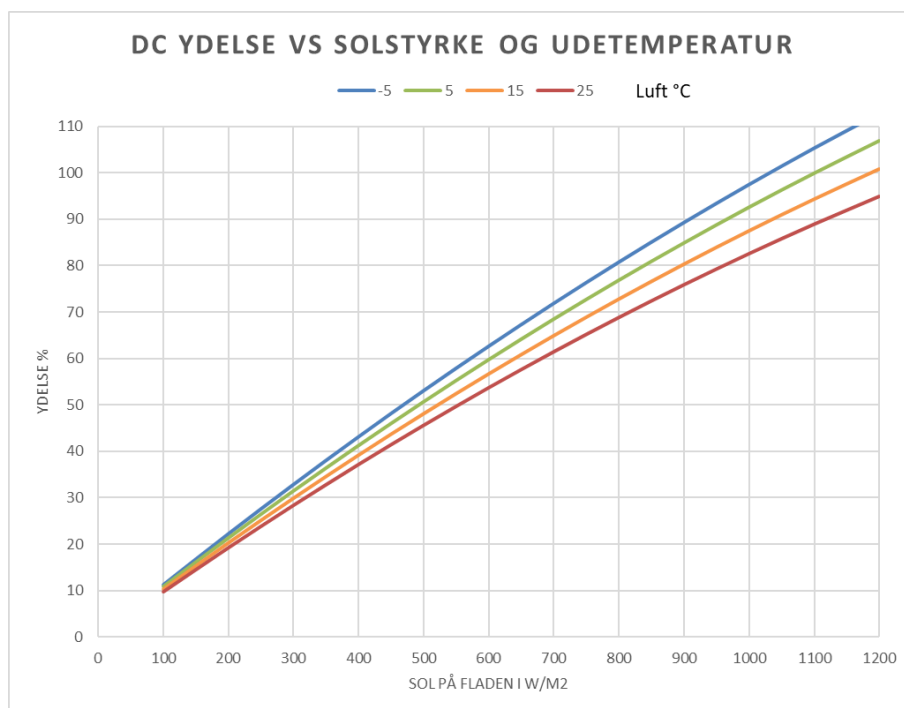
<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 2

### Kontrol af ydelse for solcelleanlæg

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er ydelsen som forventet under de givne forhold for alle solcellestreng?		
Er den nominelle effekt i overensstemmelse med BR18 ind-data?		
Er anlæggets placering i overensstemmelse med BR18 ind-data?		



	Kun streng 1	Kun streng 2	.....	Alle strenge
Modul effekt				
Målt AC effekt				
Korrigeret effekt				
Inverter begrænsning nået?				

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### Registreringsskema til test 3

#### Kontrol af automatik for solcelleanlæg

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
Overensstemmelse mellem hovedmåler og bimåler?		
Korrekt funktion af automatik?		

	Hovedmåler	Bimåler (smart meter)	Reaktion korrekt? (Specificer type af styring)
	Wh ind/ud	Wh ind/ud	
Måleperiode 1 (underskud)			
Måleperiode 2 (overskud)			

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

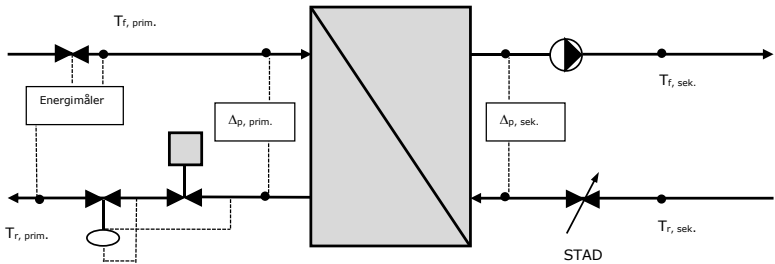
<b>Kommentarer</b>

## 9.2 Etageejendomme, kontorbygninger og andre større bygninger

### 9.2.1 Fjernvarmeanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af fjernvarmeanlæggets energimæssige effektivitet. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

Test nr. 1	Kontrol af fjernvarmeanlæggets energimæssige effektivitet - fjernvarmeveksler
Lovkrav	<p>Der findes ikke egentlige lovkrav vedrørende vekslerens effektivitet og trykdifferensen over den.</p> <p>I DS469 kap. 6.9.2 "Forsyningsanlæggets driftsforhold" står der:  <i>"Varmeanlægget udformes og dimensioneres i øvrigt ud fra de driftsparametre, der er givet af den eller de valgte forsyningsformer".</i></p> <p>Det er ofte det lokale fjernvarmeværk, der stiller krav til veksleren. Hvis det ikke er tilfældet, kan DS469 benyttes, og der testes ved et primærtemperatursæt på 60/40°C. Endelig kan der være specificeret i krav i udbuddet, der skal testes for.</p>
Definition	<p>Vekslerens effektivitet er, om den er i stand til at overføre den specificerede effekt med den ønskede afkøling. Desuden om tryktabet i veksleren overstiger det dimensionerende pumpetryk. Vurderingen af vekslerens effektivitet baseres på målinger af følgende parametre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbs- og returtemperatur på primærsiden (<math>T_{\text{primær, frem}}</math> og <math>T_{\text{primær, retur}}</math>)</li> <li>• Fremløbs- og returtemperatur på sekundærsiden (<math>T_{\text{sekundær, frem}}</math> og <math>T_{\text{sekundær, retur}}</math>)</li> <li>• Trykdifferens primærside (<math>\Delta p_{\text{primær}}</math>)</li> <li>• Trykdifferens sekundærside, (<math>\Delta p_{\text{sekundær}}</math>)</li> <li>• Ydelse/effekt (<math>P_{\text{veksler}}</math>)</li> </ul> <p>Effektiviteten beregnes efter <math>\varepsilon = \frac{T_{p, \text{frem}} - T_{p, \text{retur}}}{T_{p, \text{frem}} - T_{s, \text{retur}}}</math></p> <p>Trykdifferensen beregnes efter <math>\Delta p = \Delta p_{\text{dellast}} \cdot \left( \frac{\text{flow}_{\text{nominel}}}{\text{flow}_{\text{dellast}}} \right)^2</math></p>
Målepunkter og målemetode	<p>Til at vurdere, om veksleren er i stand til at overføre den specificerede effekt med den ønskede afkøling, og om tryktabet i veksleren overstiger det dimensionerende pumpetryk, indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbs- og returtemperaturer på primærsiden via energimåler, hvis en sådan er etableret. Ellers måles temperaturerne via temperaturfølere monteret i rørledningerne</li> <li>• Sekundærsiden via temperaturfølere monteret i rørledningerne</li> <li>• Trykdifferens på primær- og sekundærside via trykdifferensmålere/-udtag monteret i rørledningerne</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ydelse/effekt via energimåler, hvis en sådan er etableret. Ellers kan der bruges en måleventil, hvorfra vandmængden kan bestemmes.</li> </ul> <p>Vekslerydelsen/effekten beregnes ud fra vandmængden samt temperaturmålinger i frem- og returløbene.</p> <p>Under testen skal der være et vist varmeeffektaftag. Hvis det ikke er muligt at udføre testen med nominelt varmekonsum – det vil sige med de driftskonditioner, som fremgår af vekslerens datablad – kontrolleres vekslerens ydelse med det tilhørende beregningsprogram, som findes her:</p> <p><a href="http://www.byggeriogenergi.dk/etageejendomme/installationer/varmeinstallation/funktionsafproevning-af-varmeanlaeg/">www.byggeriogenergi.dk/etageejendomme/installationer/varmeinstallation/funktionsafproevning-af-varmeanlaeg/</a></p> <p>Ved delbelastning kan tryktabet omregnes til nominal drift ved at skalere i 2. potens.</p> <p>Der skal være afspærret til andre dele af bygningens installationer.</p>
Principskitse	 <p>Skitse af varmesystemets primære og sekundære kredsløb. Skitserne viser primære og sekundære temperaturer (<math>T_{r, \text{prim.}}</math> og <math>T_{r, \text{sek.}}</math>), trykløb (<math>\Delta_{p, \text{prim.}}</math> og <math>\Delta_{p, \text{sek.}}</math>), energimåler og STAD (Styrt og Automatisk Drift) komponenter.</p>
Forudsætninger	<p>Det er en forudsætning for testen, at der enten er etableret en energimåler med udlæsning af temperaturer og flow, eller at der er etableret de trykudtag, termometre og måleventil, som er vist på ovenstående skitse.</p> <p>Målingerne af temperaturer og tryk foretages med kalibrerede instrumenter.</p>
Omfang af test	<p>Der skal driftes over en periode på 10-15 min. og der skal måles sammenhørende værdier for temperaturer og tryk.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>

Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vekslerens effektivitet er bedre end 95% af det specificerede</li> <li>• Vekslerens differenstryktab på såvel primær- som sekundærside er under 10% højere end det specificerede ved det aktuelle flow</li> </ul>
Typiske årsager til afvigelser	<p>Tryktabene og virkningsgraden måles og analyseres, herunder sammenholdes de med de specificerede værdier fra databladet for den installerede veksler.</p> <p>Typiske årsager til afvigelser er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veksleren er ikke den korrekte i forhold til det specificerede</li> <li>• Veksleren er skæv</li> <li>• Veksleren har ikke den kapacitet, som er specificeret på databladet</li> </ul>

<b>Test nr. 2</b>	<b>Kontrol af fjernvarmeanlæggets energimæssige effektivitet - kontraventil i blandekreds ved direkte fjernvarmesystem</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 19 §387 stk. 2 står der: " Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS469 Varme- og køleanlæg i bygninger."
Definition	Den primære opgave for kontraventilen i blandekredsen er, at sikre den rigtige flowretning. Det betyder, at returvandet fra varmeanlægget skal kunne løbe til fremløbsledningen og blive opblandet med fremløbsvandet. Derimod må fjernvarmevandet ikke kunne løbe direkte til returledningen. Vurderingen af om kontraventilen i blandekredsen fungerer/er dimensioneret korrekt er baseret på målinger af følgende parametre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenstryk over kontraventil</li> <li>• Trykstigning over cirkulationspumpe</li> </ul>
Målepunkter og målemetode	Ved vurderingen af om kontraventilen i blandekredsen fungerer/er dimensioneret korrekt indgår følgende målepunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trykdifferensen over kontraventilen</li> <li>• Trykstigning over cirkulationspumpen</li> </ul> Målinger: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reguleringsventilen tvangslukkes, således at alt det cirkulerende vand løber gennem kontraventilen</li> <li>2. Differenstrykket måles over kontraventilen</li> <li>3. Trykstigningen over cirkulationspumpen aflæses f.eks. på pumpens display</li> </ol>
Principskitse	<p>Diagrammet illustrerer et fjernvarmesystem med blandekreds. Det består af en cirkulation med en cirkulationspumpe (ΔP<sub>pumpe</sub>) og en kontraventil (ΔP<sub>kontraventil</sub>). Målepunkter er markeret for tryk (P<sub>prim</sub>, P<sub>sek</sub>) og temperatur (T<sub>r, prim</sub>, T<sub>r, sek</sub>) på både primær- og sekundærledningen.</p>
Forudsætninger	Det er en forudsætning for testen, at cirkulationspumpen indstilles således at den yder sit dimensionerende maksimale flow.
Omfang af test	Tryktabet over kontraventilen i blandekredsen eftervises for alle nye direkte fjernvarmesystemer med blandekreds.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenstrykket maksimalt udgør 20% af trykstigningen over cirkulationspumpen</li> </ul>
Årsager til afvigelser	<p>Årsager til afvigelser kan være:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er monteret en kontraventil med for lille <math>K_v</math>-værdi og trykdifferensen er derfor for stor. Dette vil påvirke reguleringsevnen/autoriteten for reguleringsventilen. Fremløbstemperatur reguleringen vil dermed ikke fungere tilfredsstillende, da den vil pendle.</li> </ul>

## 9.2.2 Registreringsskemaer

### Registreringsskema til test 1

#### Registreringsark for fjernvarmeveksler: Vekslereffektivitet ( $\epsilon$ ) og tryktab $\Delta p$

Registrer målinger, og benyt herefter separat Excel-ark til Veksleberegning fra Videncenter for Energibesparelser i Bygninger.

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Ydelse/effekt		kW
$T_{\text{primær, frem}}$ (fjernvarme)		°C
$T_{\text{primær, retur}}$ (fjernvarme)		°C
$T_{\text{sekundær, frem}}$ (varmeanlæg)		°C
$T_{\text{sekundær, frem}}$ (varmeanlæg)		°C
Trykdifferens primærside, $\Delta p_{\text{primær}}$		kPa
Trykdifferens sekundærside, $\Delta p_{\text{sekundær}}$		kPa

Beregnet effektivitet ( $\epsilon$ ) ved delast til nominal via program [%]	Effektivitet ( $\epsilon$ ) jf. data- blad ved nominal drift [%]	Afvigelse [%]

Beregnet trykdifferens ( $\Delta p$ ) [kPa]	Nominal trykdifferens ( $\Delta p$ ) [kPa]	Afvigelse [kPa]

Det samlede resultat

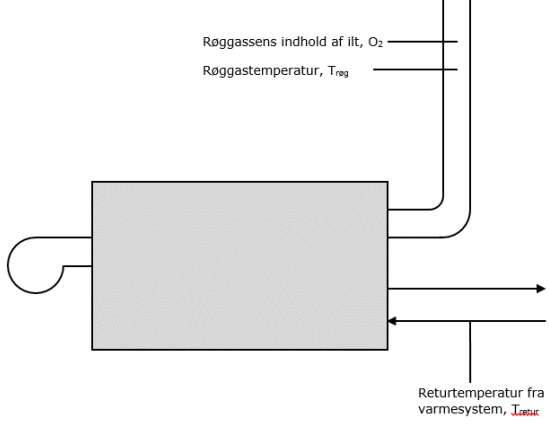
	Ja	Nej
Stemmer det samlede re- sultat overens med kra- vene i BR18 (hvis rele- vant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

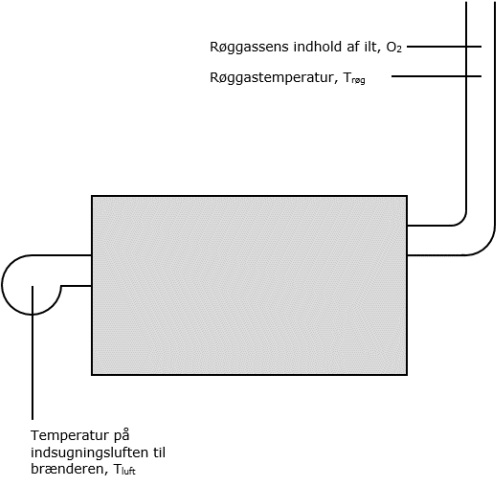
Kommentarer

### 9.2.3 Kedelanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af kedelanlæggets energimæssige effektivitet. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

<b>Test nr. 1/2</b>	<b>Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet - virkningsgrad for naturgaskedel med ydelse mindre end 70 kW og kontrol af virkningsgrad naturgaskedel med ydelse større end 70 kW og mindre end 400 kW</b>
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 12 § 327 B: "Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet".</p> <p>Kommissionens forordning (EU) 813/2013 af 2. august 2013:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I forordningens bilag 2 står der, at brændselsfyrede kedelanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med en nominel nytteeffekt <math>\leq 70</math> kW ikke må have en årvirkningsgraden ved rumopvarmning som er under 86% (målt ved øvre brændværdi).</li> <li>• I forordningens bilag 2 står der endvidere, at brændselsfyrede kedelanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med en nominel nytteeffekt <math>&gt;70</math> kW og <math>\leq 400</math> kW ikke må have en virkningsgraden ved 100% af den nominelle nytteeffekt der under 86% samt at virkningsgraden ved 30% af den nominelle nytteeffekt ikke må være under 94% (målt ved øvre brændværdi).</li> </ul>
Definition	<p>Kedler skal overholde Ecodesignkravene og de testes i et laboratorium ved fastsatte kriterier. Derfor giver det ikke umiddelbart mening af forsøge at måle en virkningsgrad for kedlen, da det er gjort i forbindelse med Ecodesign-afprøvningen. Det vil også være forbundet med en stor usikkerhed at omsætte in-situ-målinger til en årvirkningsgrad.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>I denne funktionsafprøvning skal der ikke foretages in-situ-målinger.</p>
Principskitse	
Forudsætninger	<p>Se under "Omfang af test".</p>

<p>Omfang af test</p>	<p>Der udføres følgende for alle nye kedler. Det kontrolleres, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• varmesystemet er dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg</li> <li>• vejrkompenseringsanlægget er indstillet til en fremløbstemperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469</li> <li>• radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggerioenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a>)</li> </ul> <p>Ovenstående tests beskrives nærmere i afsnit 9.2.7 "Varmesystem".</p> <p>Det kontrolleres endvidere, at brænderen er indreguleret til en iltprocent (O<sub>2</sub>-%) som angivet i kedelproducentens specifikationer. Dette skal fremgå af installatørens indreguleringsrapport. Dette sikrer, at røggastabet ikke er højere end det skal være.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det samlede resultat</li> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Funktionsafprøvningsens resultat kan accepteres, hvis de tre punkter under "Omfang af test" er overholdt.</p>
<p>Årsager til afvigelser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmeanlæggets radiatorer eller gulvvarmeanlæg har for lille kapacitet. Det undersøges om det er muligt at øge kapaciteten</li> </ul>

<b>Test nr. 3</b>	<b>Kontrol af kedlens energimæssige effektivitet - røggastab for ikke kondenserende naturgaskedler med en ydelse større end 400 kW</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 12 §308 står der: "Store olie- og gasfyrede centralvarmekedler med en nominel ydelse på mere end 400 kW, må højst have et røggastab på 7 pct. ved fuldlast og skal være forsynet med røggaskøler, hvis temperaturforholdene i det tilsluttede varmeanlæg er egnet til dette".
Definition	I beregningen af virkningsgraden indgår røggastabet fra kedlen. I røggastabet indgår følgende parametre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iltprocenten (<math>O_2</math> %)</li> <li>• Røggastemperaturen (<math>T_{røg}</math>)</li> <li>• Frisklufttemperaturen (<math>T_{luft}</math>)</li> </ul> <p>Beregningen af røggastabet ved fyring med naturgas foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $Røggastab = \left( \frac{66}{21 - O_2} + 1 \right) \cdot \left( \frac{T_{røg} - T_{friskluft}}{100} \right) [\%]$
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af kedlens virkningsgrad indgår følgende målepunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iltprocent via måling i skorsten</li> <li>• Røggastemperatur via måling i skorsten</li> <li>• Frisklufttemperatur via måling i opstillingsrum eller kanaltilslutning til brænder</li> </ul>
Principskitse	
Forudsætninger	Det kan være en udfordring at opnå den ønskede ydelse af kedlen for måling af virkningsgraden medmindre det er koldt udendørs. For at sikre at kedlen yder den maksimale ydelse lukkes der for varmen i ejendommen i 4 timer inden testen påbegyndes. Beboerne adviseres skriftligt om denne nedlukning af varmen. Hvis kedlen er kondenserende, benyttes metoden beskrevet for kedler med en ydelse mindre end 400 kW.

	Målingerne af iltprocenten, røggastemperaturen og frisklufttemperaturen ved maksimum ydelse indtastes i Excel værktøjet "Gaskedler" ( <a href="http://www.byggeriogenergi.dk/etageejendomme/installationer/varmeinstallation/funktionsafproevning-af-varmeanlaeg/">www.byggeriogenergi.dk/etageejendomme/installationer/varmeinstallation/funktionsafproevning-af-varmeanlaeg/</a> ) og røggastabet beregnes. Røggastabet sammenholdes med kravet i BR18.
Omfang af test	Røggastabet eftervises for alle nye naturgaskedler.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis røggastabet maksimalt er på 7 pct. ved fuldlast.
Årsager til afvigelser	Den indfyrede effekt er for stor. Størrelsen af den indfyrede effekt skal svare til bygningen varmebehov. En for høj indfyret effekt vil resultere i en høj røggastemperatur. Hvis denne er højere end ca. 180°C ved maksimal belastning, skal det undersøges om det er muligt at reducere den maksimale indfyrede effekt.

<b>Test nr. 4</b>	<b>Kontrol af styring og regulering for naturgaskedler i kaskadeinstallationer</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 19 §387 stk. 2 står der: " Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger."
Definition	<p>Automatikken skal være i stand til at styre og regulere kedelanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og termisk indeklima er opfyldt.</p> <p>Blandepotter eller blanderør installeres i kaskadekoblede kedelanlæg for at sikre, at temperaturforskellen mellem frem- og returløbstemperatur (<math>\Delta T</math>) på anlægssiden ikke bliver højere end kedlerne termisk kan klare. Dette sikres ved at der opblandes varmt fremløbsvand i returen til kedlerne, så kedlerne ikke udsættes for større <math>\Delta T</math> end de kan klare. Opblandingen vil dog medføre ringere brændselsudnyttelse, da kedlerne ikke til fulde kan udnytte kondensationsvarmen i røggassen.</p> <p>Ved at styre efter nogle få graders temperaturforskel mellem kedelfremløbet og temperaturen øverst i blandepotten tæt ved fremløbet mod varmeanlægget kan det sikres, at der ikke er for stort flow i kedelkredsen med deraf følgende opblanding af varmt vand fra kedelfremløbet i returen.</p> <p>En korrekt indstilling af varmekurven (fremløbstemperaturen som funktion af udetemperaturen) er nødvendig. Fremløbstemperaturen bør generelt være så lav som det komfortmæssigt er muligt. Herved sikres det, at der ikke er for stor afkøling på anlægssiden.</p> <p>Styring og kontinuert tilpasning af flowet over blandepotten sker typisk ved omdrejningstalsregulering af pumperne i kedelkredsen.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere kedelanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremløbs- og returtemperatur fra kedel til blandepotte samt temperatur øverst i blandepotte</li> <li>• Fremløbs- og returtemperatur fra varmesystem til blandepotte via temperaturføler monteret i rørledningerne</li> <li>• Flow for kedelpumper ved fuldlast og dellast via display på pumpe</li> </ul> <p>Det kan være en udfordring at opnå den ønskede udetemperaturer for test af automatikken. Automatikkens funktionsduelighed skal som udgangspunkt eftervises ved en udetemperatur der er lavere end 5°C.</p> <p>For at sikre at kedlen yder den maksimale ydelse lukkes der for varmen i ejendommen i 4 timer inden testen påbegyndes. Beboerne adviseres skriftligt om denne nedlukning af varmen.</p>



<p>Principskitse</p>	<p>Diagrammet viser et kedelanlæg med fire kedler (KEDEL 1, 2, 3, 4) og en styring (STYRING). Der er en varmekreds med trykudløb F1, F2 og F3, og en cirkulationspumpe (M). Rørene er farvekodet: røde for varmt vand og blå for koldt vand.</p>
<p>Forudsætninger</p>	<p>I henhold til Bygningsreglement 2018 kap. 12 reguleres gas- og elinstallationer i bygninger af Sikkerhedsstyrelsen. Med hensyn til indregulering af gasblæseluftbrændere henvises til Gasreglementets afsnit A kap. 4.8 (kedler mindre end 135 kW) og afsnit B-4 kap. 6.7 (kedler større end 135 kW).</p>
<p>Omfang af test</p>	<p>Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye kedelanlæg.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testen er acceptabel, hvis temperaturforskellen mellem kedelfremløbet og temperaturen øverst i blandepotten tæt ved fremløbet mod varmeanlægget er 2–3°C. Endvidere må forskellen mellem fremløbs- og returtemperaturen på kedelsiden maksimalt være 25°C. Fremløbstemperaturen til varmesystemet som funktion af udetemperaturen skal svare til den dimensionerende.</p>
<p>Årsager til afvigelser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vandflowet på kedelsiden er større end flowet i den sekundære kreds og der sker opblanding af varmt kedelfremløbsvand i kedelreturen</li> <li>• Vandflowet på sekundærsiden er større end flowet på kedelsiden og der sker opblanding med returvand til anlægfremløbet, der så vil få lavere temperatur end kedelfremløbet</li> <li>• Fremløbstemperaturen som funktion af udetemperaturen er indstillet forkert/for højt</li> <li>• Cirkulationspumperne i kedelkredsen varierer ikke flowet således at temperaturen øverst i blandepotten tæt ved fremløbet mod varmeanlægget er 2–3°C.</li> </ul>

## 9.2.4 Registreringsskemaer

### Registreringsskema til test 1

#### Naturngaskedel (ydelse mindre end 400 kW), virkningsgrad

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er varmesystemet dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg?		
Er vejrkompenseringsanlægget indstillet til en fremløbs-temperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469?		
Kan radiator- eller gulvvarmeanlægget yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a> )?		
Er brænderen er indreguleret til en iltprocent (O <sub>2</sub> -%) som angivet i kedelproducentens specifikationer?		

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 2

### Naturgaskedel – kondenserende (ydelse større end 400 kW), virkningsgrad

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er varmesystemet dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg?		
Er vejrkompenseringsanlægget indstillet til en fremløbs-temperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469?		
Kan radiator- eller gulvvarmeanlægget yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a> )?		
Er brænderen er indreguleret til en iltprocent (O <sub>2</sub> -%) som angivet i kedelproducentens specifikationer?		

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### Registreringsskema til test 3

Naturgaskedel – ikke kondenserende (ydelse større end 400 kW), virkningsgrad

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

#### Røggastab

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Iltprocent ( $O_2\%$ )		%
Røggastemperatur ( $T_{røg}$ )		°C
Frisklufttemperaturen ( $T_{luft}$ )		°C

<b>Beregning</b>	<b>Røggastab [%]</b>
$Røggastab = \left( \frac{66}{21 - O_2} + 1 \right) \cdot \left( \frac{T_{røg} - T_{friskluft}}{100} \right) [\%]$	

Beregnet røggastab [%]	Projekteret røggastab [%]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

## Registreringsskema til test 4

### Naturgaskedel (kaskadeinstallation) – styring og regulering

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

## Måleresultater

### Kedel

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur fra kedel ( $T_{\text{kedel, frem}}$ )		°C
Temperatur øverst i blandepotte ( $T_{\text{blandepotte}}$ )		°C
Returtemperaturen til kedel ( $T_{\text{kedel, retur}}$ )		°C

## Varmesystem

Driftsparameter		Enhed
Fremløbstemperatur til varmesystem ( $T_{\text{varmesystem, frem}}$ )		°C
Returtemperatur fra varmesystem ( $T_{\text{varmesystem, retur}}$ )		°C
Udetemperatur ( $T_{\text{ude}}$ )		°C

## Kedelpumper

Driftsparameter		Enhed
Flow ved fuldlast		m <sup>3</sup> /h
Flow ved dellast		m <sup>3</sup> /h

Beregning	Målt [°C]	Projekteret/ønsket [°C]	Afvigelse [°C]
$T_{\text{kedel, frem}} - T_{\text{blandepotte}}$		2 - 3	
$T_{\text{kedel, frem}} - T_{\text{kedel, retur}}$		25	

Beregning	Målt [°C]	Projekteret/ønsket [°C]	Afvigelse [°C]
$T_{\text{varmesystem, frem}}$			
$T_{\text{ude}}$			

Beregning	Målt [m <sup>3</sup> /h]	Projekteret/ønsket [m <sup>3</sup> /h]	Afvigelse [%]
Flow, maks.			
Flow, min.			

Det samlede resultat



	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		


<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### 9.2.5 Varmepumper

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af varmepumpens energimæssige effektivitet. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

Test nr. 1	Kontrol af varmepumpes energimæssige effektivitet
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 12 § 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"</p> <p>Kommissionens forordning (EU) 813/2013 af 2. august 2013:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmepumpeanlæg til rumopvarmning og varmepumpeanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med undtagelse af lavtemperaturvarmepumper skal have en årsvirkningsgrad på mindst 110%, svarende til en SCOP-værdi på 2,83</li> <li>• Lavtemperaturvarmepumper skal have en årsvirkningsgrad på mindst 125%, svarende til en SCOP-værdi på 3,33</li> </ul>
Definition	<p>En varmepumpe skal overholde Ecodesignkravene og den testes i et laboratorium ved fastsatte kriterier. Derfor giver det ikke umiddelbart mening af forsøge at måle en virkningsgrad for varmepumpen, da det er gjort i forbindelse med Ecodesign-afprøvningen. Det vil også være forbundet med en stor usikkerhed at omsætte in-situ-målinger til en årsvirkningsgrad.</p> <p>Hvis varmepumpen er opbygget til kundespecifik anvendelse, skal der være foretaget en Factory Acceptance Test (FAT-test), se under "Målepunkter og målemetoder".</p>
Målepunkter og målemetode	<p>I denne funktionsafprøvning skal der ikke foretages in-situ-målinger.</p> <p>Hvis ikke varmepumpen har været underkastet en Ecodesign-afprøvning, skal der i stedet foretages en Factory Acceptance Test (FAT-test).</p> <p>FAT-testen skal verificere, at varmepumpen og dens komponenter, herunder styring- og reguleringskomponenter, fungerer korrekt i henhold til kravspecifikationen.</p> <p>Der foretages følgende test:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der foretages en test der skal vise, at varmepumpen kan yde den foreskrevne varmeydelse ved den dimensionerende fremløbs- og returtemperatur og ved det specificerede effektoptag, der beskrevet i kravspecifikationen.</li> <li>2. I langt de fleste driftstimer vil belastningen ligge på 50% af kapaciteten eller derunder. Der foretages derfor test ved 50% og 25% af kapaciteten. Testen skal vise, at varmepumpens virkningsgrad er mindst lige så høj som ved fuldlast og gerne højere.</li> </ol>

	Som navnet antyder udføres denne test på fabrikken.
Principskitse	
Forudsætninger	Se under "Omfang af test".
Omfang af test	<p>Der udføres følgende for alle nye varmepumper. Det kontrolleres, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• varmesystemet er dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38°C retur for gulvvarmeanlæg</li> <li>• vejrkompenseringsanlægget er indstillet til en fremløbstemperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469</li> <li>• radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a>)</li> </ul> <p>Ovenstående tests beskrives nærmere i afsnit 9.2.7 "Varmesystem".</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det samlede resultat</li> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til den energimæssige effektivitet kan accepteres, hvis varmepumpen overholder Ecodesignkravene eller hvis en Factory Acceptance Test (FAT-test) verificerer, at varmepumpen og dens komponenter, herunder styring- og reguleringskomponenter, fungerer korrekt i henhold til kravspecifikationen. Endvidere skal de tre punkter under "Omfang af test" være overholdt.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• For små radiatorer og for lille gulvvarmeanlæg</li> <li>• Manglende indregulering af varmeanlægget</li> <li>• Manglende eller forkert forindstilling</li> <li>• Luft i varmesystemet</li> <li>• For lidt flow, - typisk på grund af fejlindstilling af cirkulationspumpe</li> <li>• Varmeanlægget mangler vand</li> <li>• Forkert kabling mellem ventil for gulvvarmekreds og rumtermostat</li> </ul>

## 9.2.6 Registreringsskemaer

### Registreringsskema til test 1

#### Kontrol af varmepumpens energimæssige effektivitet

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

	Ja	Nej
Er varmesystemet dimensioneret som angivet i DS469 for varmepumper. Det vil sige 55°C frem og 45°C retur for radiatoranlæg og 45°C frem og 38 °C retur for gulvvarmeanlæg?		
Er vejrkompenseringsanlægget er indstillet til en fremløbs-temperatur på 55°C for radiatoranlæg og 45°C for gulvvarmeanlæg ved en udetemperatur på -12°C som angivet i DS469?		
Er radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det det skal ved de dimensionerende temperaturer (VEB-regneark, <a href="https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm">https://www.byggeriogenergi.dk/media/2377/beregning-af-varmeafgivere_ver2019.xlsm</a> )?		


<b>Det samlede resultat</b>


	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Kommentarer</b>

### 9.2.7 Varmesystem

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af indregulering og kontrol af bygningsautomatik. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier.

Test nr. 1	Kontrol af indregulering af varmeanlæg
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 19 §387 stk. 2 står der: " Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS469 Varme- og køleanlæg i bygninger."</p> <p>I henhold til DS 469 "Varme- og køleanlæg i bygninger" har bygherren ansvaret for, at standardens krav til indregulering inkl. kontrol og dokumentation er overholdt.</p>
Definition	<p>Formålet med en indregulering er at få vandet fordelt, så de enkelte forbrugssteder tilføres netop de beregnede mængder og tilsvarende beregnede temperatursæt for at opnå en energieffektiv drift.</p> <p>Kontrol af indregulering af varmeanlægget baseres på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beregninger af vandmængder efter rumvarmebehov eller radiatorstørrelser</li> <li>• Beregninger af alle forindstillinger på radiatorer og strengreguleringsventiler (evt. ved hjælp af edb-program)</li> <li>• Indstilling af alle ventiler</li> <li>• Indreguleringsrapport medmindre bygherren ønsker vandmængderne kontrolmålt</li> </ul>
Målepunkter og målemetode	<p>Til at vurdere indreguleringen af varmeanlægget indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flowene måles via de strengreguleringsventiler, der er monteret i anlægget. Der benyttes et instrument til måling af trykdifferensen over ventilen. Denne trykdifferens omsættes i apparatet til et flow.</li> </ul>
Principskitse	 <p>The image shows a white radiator with a white control knob on top. To the left, a metal pipe is connected to the radiator with a brass fitting. A small, clear plastic or glass component is attached to the pipe, likely used for measuring pressure or flow as described in the text.</p>

	
<p>Forudsætninger for test</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af indreguleringen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle termostatventiler skal være fuldt åbne (følerelementer skal være taget af ventilerne)</li> <li>• Det tjekkes at termostatventilerne er forindstillede til de beregnede værdier</li> <li>• Grundlaget for de beregnede værdier vurderes</li> <li>• Flowet i de enkelte strenge/vandkredse måles på strengreguleringsventilerne, som typisk er placeret i kælderen</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis afvigelserne mellem målingerne af vandmængderne og de projekterede vandmængder er mindre end 15%. Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af vandmængderne og de projekterede vandmængder er større end 15% på flere af varmekredsene eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve. Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte 25% af vandkredsene (returledningerne).</p> <p>Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>

<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testens resultat accepteres, hvis vandmængderne i de enkelte strenge/vandkredse afviger <math>\pm 15\%</math> fra de beregnede. Dette gælder både hvis der foreligger en indreguleringsrapport, som bygherrer har godkendt eller hvis der foretages kontrolmålinger. Endvidere hvis fremløbs- og returtemperaturen afviger <math>\pm 5\%</math> i forhold til de dimensionerede.</p>
<p>Typiske årsager til afvigelser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• For høje returtemperaturer på de strenge, som er tættest ved varmecentralen, der er faldende returtemperaturer hen mod anlæggets yderender</li> <li>• En for høj fremløbstemperatur i forhold til det projekterede</li> <li>• En cirkulationspumpe, der er for stor</li> <li>• Klager fra brugerne over dårlig komfort og udsving i rumtemperaturen)</li> <li>• For lille afkøling</li> </ul>

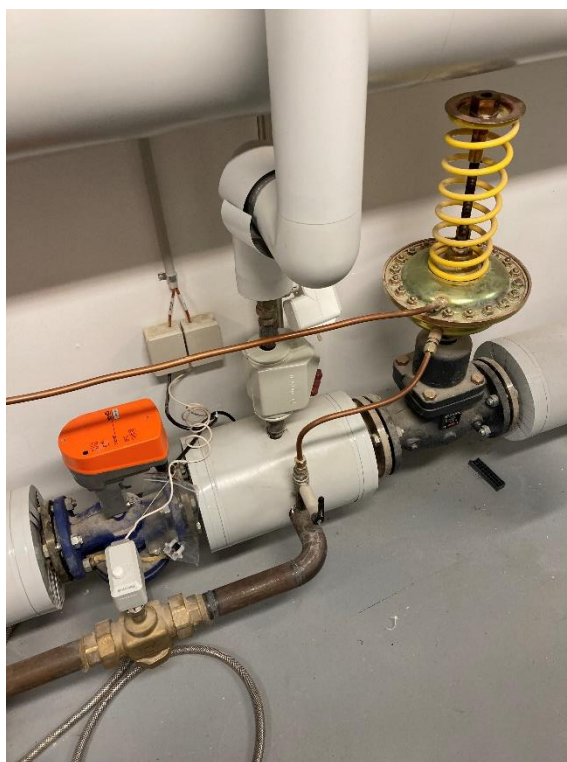
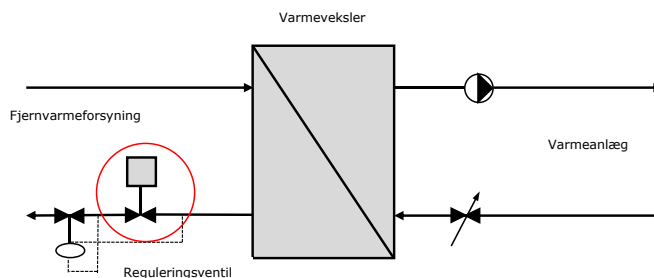
Test nr. 2	Kontrol af bygningsautomatik (reguleringsventiler)
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav til funktionskontrol af varmeanlæg- og køleanlæg iht. DS469:2013.</p> <p>DS 469:2013</p> <p><i>"Varme- og køleanlæg i bygninger"</i></p> <p>Testen skal eftervise, at entreprenørernes ydelser vedrørende DS469 lever op til kravene i udbudsmaterialet således, at bygherren kan acceptere entreprenørernes ydelser.</p>
Definition	<p>Automatikken skal være i stand til at styre og regulere varmeanlægget effektivt og energioptimalt, samtidig med at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.</p> <p>Kontrol af varmeanlæggets automatik er baseret på vurdering og målinger på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reguleringsventiler i varmeanlæg, dvs. ventiler til regulering af vandflow i direkte eller indirekte fjernvarmeanlæg (veksler) med shuntventiler</li> <li>• Reguleringsventiler i blandekredse</li> </ul>
Målepunkter og målemetode	<p>Til at eftervise automatikkens evne til at styre og regulere varmeanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Måling af reguleringsevne for reguleringsventiler i varmeanlæg</li> <li>• Måling af reguleringsevne for reguleringsventiler i blandekredse</li> </ul> <p>Målinger:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulatoren sættes i manuel indstilling.</li> <li>2. Der foretages to setpunkts ændringer. En hvor setpunktet hæves, og en hvor setpunktet sættes tilbage til udgangspunktet. Som udgangspunkt ændres setpunkter med +/- 5°C i tilfælde af temperaturreguleringer</li> <li>3. Testdata skal registreres med passende interval, dvs. med et interval på ½-1 min.</li> </ol> <p>Bemærk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selve ændringen af setpunkter vurderes i forhold til reguleringsområdet, afhængigt af de forudsætninger, der ligger til grund for projekteringen med hensyn til setpunktsområde (min./maks. temperaturer).</li> <li>• Registrering af data skal derfor ske så tilpas hurtigt, at eventuelle pendlinger vil blive afsløret.</li> </ul> <p>Reguleringspunkter, der som minimum skal registreres i forbindelse med test:</p> <p><u>Temperaturreguleringer i varmeanlæg:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setpunkt</li> <li>• Temperatur, fremløb</li> </ul> <p><u>Blandekredse i varmeanlæg:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setpunkter</li> <li>• Temperatur, fremløb</li> </ul>



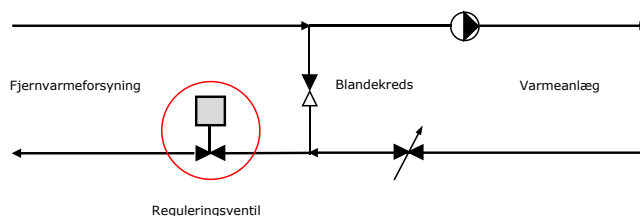
- Temperatur, retur (undersøger om kontraventil virker, så vandet ikke løber den forkerte vej)

Principskitse

### Reguleringsventil i varmeanlæg

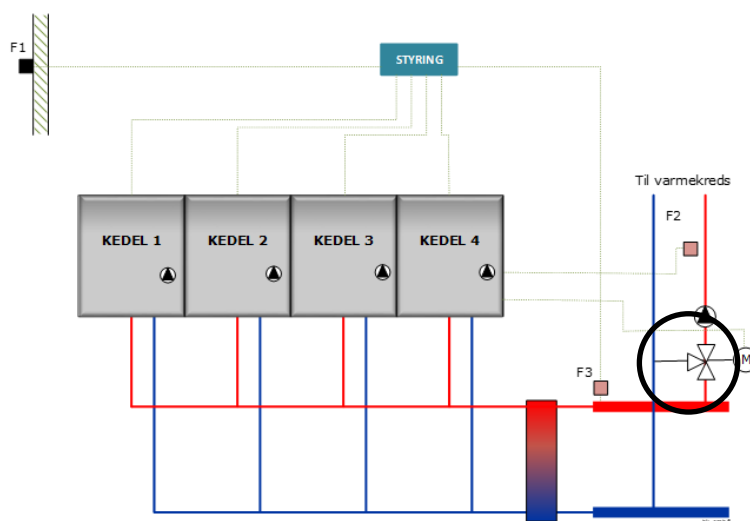


### Reguleringsventil i blandekreds





### Reguleringsventil i blandekreds



Forudsætninger for test:

Før testen gennemføres skal:

- Alle vandkredse i varmeanlægget skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.
- Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS447:2013 og DS469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedning)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpene krav i udbudsmaterialet.</li> </ul>
Omfang af test	<p>Stikprøveomfanget vil som minimum være reguleringssløjfen i forsyningskredsen samt 25% af ventilerne i blandekredsene.</p> <p>Bygherren og dennes tilsyn udpeger umiddelbart før opstart på funktionsafprøvningen de blandekredse, der udtages til stikprøvekontrol.</p> <p>Såfremt der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol for denne type anlæg til det dobbelte.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis step-respons-testene viser, at den enkelte reguleringsskreds:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er stabil, inden testen begynder.</li> <li>• Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt højere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt lavere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• Ved en god regulering må der normalt ikke forekomme mere end tre til fire registrerbare svingninger</li> <li>• Ikke pendler</li> </ul>
Typiske årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reguleringsventilerne ikke er dimensioneret korrekt i forhold til belastning og differenstryk, hvilket giver problemer med pendling og dårlig regulering</li> <li>• Forkert indstilling af regulatoren (enten forstærkningen, integrations-tiden eller differentialtiden), - det giver problemer med langsom indsvingning til stabil værdi.</li> </ul>

## 9.2.8 Registreringsskemaer

### Registreringsskema til test 1

#### Indregulering

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

Måleresultater

Radiatorer						
Placering	Streng	Indstilling (K <sub>v</sub> -værdi)	Tryk [kPa]	Målt flow [L/h]	Projekteret flow [L/h]	Afvigelse [%]

Radiatorer				
Placering	Streng	Fremløbstemperatur (målt) [°C]	Fremløbstemperatur (projekteret) [°C]	Afvigelse [%]

Radiatorer				
Placering	Streng	Returtemperatur (målt) [°C]	Returtemperatur (projekteret) [°C]	Afvigelse [%]

Gulvvarme						
Placering	Streng	Indstilling (K <sub>v</sub> -værdi)	Tryk [kPa]	Målt flow [L/h]	Projekteret flow [L/h]	Afvigelse [%]

Gulvvarme				
Placering	Streng	Fremløbstemperatur (målt) [°C]	Fremløbstemperatur (projekteret) [°C]	Afvigelse [%]

Gulvvarme				
Placering	Streng	Returtemperatur (målt) [°C]	Returtemperatur (projekteret) [°C]	Afvigelse [%]

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test nr. 2

### Reguleringsløjfer

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur (udgangspunkt)		°C
Fremløbstemperatur (højere setpunkt)		°C
Fremløbstemperatur (lavere setpunkt)		°C

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Indsvingningstid (højere setpunkt)		min
Indsvingningstid (lavere setpunkt)		min



<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## 9.3 Funktionsafprøvning for ventilationsanlæg

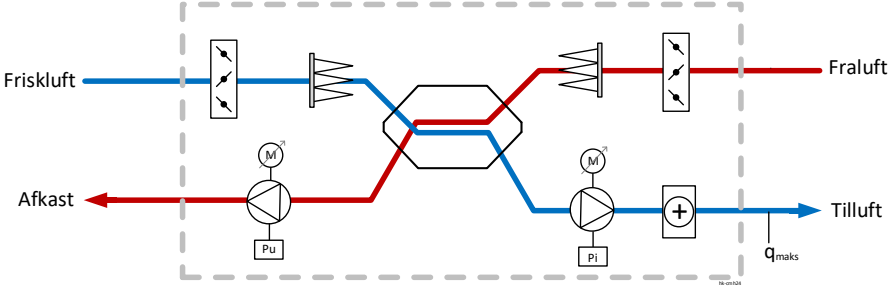
### 9.3.1 Centrale ventilationsanlæg til boliger

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af luftmængder, SFP-faktor, automatik og temperaturvirkningsgrad. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier. De tre første tests kan med fordel udføres i én arbejdsgang og ikke som separate tests.

Test nr. 1	Ventilation, luftfordeling (hovedluftmængder og delluftmængder, herunder forskellige typer lejligheder)
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §443 står der:            "I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation".</p> <p>I stk. 2 står der:            "Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Uden for opvarmningssæsonen kan indblæsning erstattes af udelufttilførsel gennem vinduer, udeluftventiler og lignende.</p> <p>I stk. 3 står der:            " Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepolderne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftfornigede forureninger fra madlavning. Udsugningen skal kunne forøges til mindst 20 l/s".</p> <p>I stk. 4 står der:            " Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s.</p>
Definition	Boligenhedens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften, indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedluftmængder opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på trykudtag monteret på ventilatorerne</li> <li>• Delluftmængder opgjort via målinger på armaturer med håndholdt måletragt</li> <li>• Motorernes frekvensomformere indstilles således at ventilatorerne leverer det krævede grundluftskifte jf. BR18</li> <li>• Der foretages målinger af hovedluftmængderne fra samtlige ventilationsanlæg samt måling af delluftmængderne i 10% af lejlighederne til</li> </ul>

	<p>eftervisning af, at der er tilføres 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Hvis størrelsen af lejlighederne varierer, fordeles målingerne ligeligt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Målingen foretages ved de armaturtryktab, som brandnormen (DS 428) kræver</li> </ul>
<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I henhold til DS447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul> </li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Luftmængderne eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis den målte hovedluftmængde maksimalt ligger <math>\pm 8\%</math> fra den projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Endvidere kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte delluftmængder målt på armaturerne maksimalt ligger indenfor <math>\pm 15\%</math> fra de projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af hovedluftmængderne og de projekterede hovedluftmængder er større end 8% eller afvigelserne mellem delluftmængderne målt på armaturerne og de projekterede delluftmængder er større end 15% eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve.</p>

	Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte 25% af kanalstrækningerne. Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger $\pm 8\%$ fra kravet i BR18.  Endelig hvis den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger $\pm 15\%$ fra kravet i BR18.
Årsager til afvigelser	Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger</li> <li>• Fejlagtig indstilling af brand- og røgspjæld (for høje tryktab)</li> </ul>

Test nr. 2	Ventilation, SFP-faktor
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §436 står der: "Det specifikke elforbrug til lufttransport må ikke overstige 1.500 J/m <sup>3</sup> udeluft ved grundluftsskiftet for ventilationsanlæg til etageboliger"
Definition	<p>Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (<math>P_i</math> og <math>P_u</math>)</li> <li>• Den indblæste og udsugede luftmængde, der svarer til et grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> (<math>q_{grund}</math>)</li> </ul> <p>Beregningsformelen ved at benytte nedenstående formel:</p> $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \left[ \frac{W}{m^3/s} \right]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftmængder opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på trykudtag monteret på ventilatorerne</li> <li>• Effektoptag foretaget på motorernes hovedrelæer i styreskabet eller på motorernes klemkasser</li> <li>• Målingen af SFP-faktoren foretages med fuld varmegenvinding, dvs. eventuelle bypass spjæld skal være lukkede eller rotoren (roterende veksler) kører med 100 % omdrejningstal</li> <li>• Målingen foretages ved de armaturtryktab, som brandnormen (DS 428) kræver</li> </ul>
Principskitse	 <p>Principskitse af et ventilationsanlæg. Diagrammet viser luftstrømmen mellem Friskluft, Afkast, Fraluft og Tilluft. To motorer (M) er monteret på ventilatorerne, og deres effekter (<math>P_u</math> og <math>P_i</math>) måles. Trykudtag er monteret på ventilatorerne. Luftmængden <math>q_{maks}</math> er angivet ved Tilluft.</p>

Forudsætninger	<ul style="list-style-type: none"> <li>I henhold til DS447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentligt at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er: <ul style="list-style-type: none"> <li>Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul> </li> </ul>
Omfang af test	SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>Hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</li> <li>Målepunkter</li> <li>Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>De opnåede måleresultater</li> <li>Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5%.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyd-dæmpere, indtags- og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen Tryktabene måles og analyseres, herunder sammenholdes med forudsatte værdier</li> <li>Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeplade m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen. Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat. Tryktabene samt virkningsgrader for ventilator og motor måles og analyseres</li> <li>Luftmængderne afviger fra dem der var forudsat ved den oprindelig opgørelse af SFP-faktoren</li> <li>Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag</li> <li>Defekte komponenter</li> </ul>

<b>Test nr. 3</b>	<b>Ventilation, automatik</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §421 står der: "Ventilationsystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS447 Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationsystemer".
Definition	Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og indeklime er opfyldt.
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperatur</li> <li>• Statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalerne</li> <li>• Hastighedsregulering (VAV)</li> </ul> Indstillinger af setpunkter for indblæsningstemperatur og statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalen sammenholdes med målinger med kalibreret måleudstyr.
Principskitse	
Forudsætninger	I henhold til DS447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedrørende funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat.
Omfang af test	Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Det statiske tryk i udsugningskanalen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen</li> </ul>
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter)</li> <li>• Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)</li> </ul>



Test nr. 4	Ventilation, temperaturvirkningsgrad
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. §432 står der:</p> <p>”Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning skal udføres med varmegenvinding”</p> <p>Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning skal opfylde kravene til varmegenvinding i EU-forordning nr. 1253/2014. I forordningen ses blandt andet følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle aggregater skal have en varmegenvindingsenhed, som skal have et termisk bypass</li> <li>• Temperaturvirkningsgraden for varmegenvindingsenheden skal minimum være 73%</li> </ul>
Definition	<p>Beregning af temperaturvirkningsgraden <math>\eta_t</math> for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udeluftens temperatur (<math>T_1</math>)</li> <li>• Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (<math>T_2</math>). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes 0,5°C for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sider der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil.</li> <li>• Temperatur af udsugningsluften (<math>T_3</math>)</li> </ul> <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} [\%]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturer opgjort via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet</li> </ul> <p>Det kan være en udfordring at opnå den ønskede udetemperaturer for måling og beregning af temperaturvirkningsgraden. Temperaturvirkningsgraden skal som udgangspunkt eftervises ved en temperaturdifferens mellem udeluft før veksler (<math>T_1</math>) og udsuget luft fra rummene (<math>T_3</math>) på ca. 10-15°C.</p> <p>Når temperaturvirkningsgraden eftervises, skal der være en rimelig balance imellem indblæst og udsuget luftmængde. Der må maksimalt være en ubalance 3%.</p>

Principskitse	
Forudsætninger	<p>I henhold til DS447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem den målte og beregnede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>• Fejlagtig projektering af ventilationsanlæg</li> <li>• Fejlagtig udførelse af ventilationsanlæg</li> <li>• Defekte komponenter</li> <li>• Unøjagtige målinger af temperaturer</li> </ul>

### 9.3.2 Decentrale ventilationsanlæg til boliger

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af luftmængder, SFP-faktor, automatik og temperaturvirkningsgrad. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier. De tre første tests kan med fordel udføres i én arbejdsgang og ikke som separate tests.

Test nr. 1	Ventilation, luftfordeling
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §443 står der:</p> <p>"I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation".</p> <p>I stk. 2 står der:</p> <p>"Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Uden for opvarmningssæsonen kan indblæsning erstattes af udelufttilførsel gennem vinduer, udeluftventiler og lignende.</p> <p>I stk. 3 står der:</p> <p>" Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepaladerne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning. Udsugningen skal kunne forøges til mindst 20 l/s".</p> <p>I stk. 4 står der:</p> <p>" Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s.</p>
Definition	Boligenhedens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften, indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delluftmængder opgjort via målinger på armaturer med håndholdt måletragt</li> <li>• Motorernes frekvensomformere indstilles således at ventilatorerne leverer det krævede grundluftskifte jf. BR18</li> <li>• Der foretages målinger af delluftmængder i 10% af lejlighederne til eftervisning af, at der er tilføres 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Hvis størrelsen af lejligheder varierer, fordeles målingerne ligeligt</li> <li>• Målingerne foretages ved de armaturtryktab, som brandnormen (DS 428) kræver</li> </ul>

<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren.</p>
<p>Omfang af test</p>	<p>Luftmængderne eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis den målte hovedluftmængde maksimalt ligger <math>\pm 8\%</math> fra den projekterede (skal svare til kravet i BR18). Endvidere kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte delluftmængderne maksimalt ligger indenfor <math>\pm 15\%</math> fra de projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af hovedluftmængderne og de projekterede hovedluftmængder er større end 8% eller afvigelserne mellem delluftmængderne målt på armaturerne og de projekterede delluftmængder er større end 15% eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve.</p> <p>Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte 25% af kanalstrækningerne. Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger <math>\pm 8\%</math> fra kravet i BR18. % fra kravet i BR18.</p> <p>Endelig hvis den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger <math>\pm 15\%</math> fra kravet i BR18.</p>
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger</li> <li>• Fejlagtig indstilling af brand- og røgspjæld (for høje tryktab)</li> </ul>

Test nr. 2	Ventilation, SFP-faktor
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §438 står der: "For ventilationsanlæg med varmegenvinding, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.000 J/m <sup>3</sup> ved grundluftskiftet".
Definition	Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (<math>P_i</math> og <math>P_u</math>)</li> <li>• Den maksimale luftmængde, hvilket vil sige et grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> (<math>q_{grund}</math>)</li> </ul> Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel: $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \left[ \frac{W}{m^3/s} \right]$
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftmængder opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på trykudtag monteret på ventilatorerne</li> <li>• Effektoptag foretaget på motorenes hovedrelæer i styreskabet eller på motorenes klemkasser</li> <li>• Målingen af SFP-faktoren foretages med fuld varmegenvinding, dvs. eventuelle bypass spjæld skal være lukkede eller rotoren (roterende veksler) køre med 100 % omdrejningstal</li> <li>• Målingen foretages ved de armaturtryktab, som brandnormen (DS 428) kræver</li> </ul>
Principskitse	
Forudsætninger	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentligt at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul> </li> </ul>

Omfang af test	SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5%.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyd-dæmpere, indtags-og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen Tryktabene måles og analyseres, herunder sammenholdes med forudsatte værdier</li> <li>• Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeplade m.v. er højere end forudsat ved dimensioneringen. Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat. Tryktabene samt virkningsgrader for ventilator og motor måles og analyseres</li> <li>• Luftmængderne afviger fra dem der var forudsat ved den oprindelig opgørelse af SFP-faktoren</li> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>• Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag</li> <li>• Defekte komponenter</li> </ul>

<b>Test nr. 3</b>	<b>Ventilation, automatik</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §421 står der: "Ventilationssystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS 447 Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer".
Definition	Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperatur</li> <li>• Statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalerne</li> <li>• Hastighedsregulering (VAV)</li> </ul> <p>Indstillinger af setpunkter for indblæsningstemperatur og statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalen sammenholdes med målinger med kalibreret måleudstyr.</p>
Principskitse	<p>The diagram illustrates a mechanical ventilation system with automatic control. It features a central unit with four ducts: Friskluft (Fresh air) in blue, Fraluft (Exhaust air) in red, Afkast (Exhaust) in red, and Tilluft (Supply air) in blue. The system includes two fans (M), a control unit (REG), a temperature sensor (Ti), and a pressure sensor (PT). The control unit (REG) is connected to the fans and sensors via dashed lines, indicating its role in regulating the system's operation.</p>
Forudsætninger	I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.



Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Det statiske tryk i udsugningskanalen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen</li> </ul>
Årsager til afvigelser	Forskelle mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter)</li> <li>• Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)</li> </ul>

Test nr. 4	Ventilation, temperaturvirkningsgrad
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §435 står der:</p> <p>”Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80%”.</p> <p>Bestemmelsen gælder også ved installation af et anlæg i hver boligenhed i en etageejendom.</p>
Definition	<p>Beregning af temperaturvirkningsgraden <math>\eta_t</math> for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udeluftens temperatur (<math>T_1</math>)</li> <li>• Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (<math>T_2</math>). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes 0,5°C for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sider der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil.</li> <li>• Temperatur af udsugningsluften (<math>T_3</math>)</li> </ul> <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} [\%]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturer opgjort via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet (se ”Principskitse”)</li> </ul> <p>Det kan være en udfordring at opnå den ønskede udetemperaturer for måling og beregning af temperaturvirkningsgraden. Temperaturvirkningsgraden skal som udgangspunkt eftervises ved en temperaturdifferens mellem udeluft før veksler (<math>T_1</math>) og udsuget luft fra rummene (<math>T_3</math>) på ca. 10-15°C.</p> <p>Når temperaturvirkningsgraden eftervises, skal der være en rimelig balance imellem indblæst og udsuget luftmængde. Der må maksimalt være en ubalance 3%.</p>

Principskitse	
Forudsætninger	<p>I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem den målte og beregnede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>• Fejlagtig projektering af ventilationsanlæg</li> <li>• Fejlagtig udførelse af ventilationsanlæg</li> <li>• Defekte komponenter</li> <li>• Unøjagtige målinger af temperaturer</li> </ul>

### 9.3.3 Centrale ventilationsanlæg til kontorer, indkøbscentre eller andre større bygninger

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af luftmængder, SFP-faktor, automatik og temperaturvirkningsgrad. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier. De tre første tests kan med fordel udføres i én arbejdsgang og ikke som separate tests.

Test nr. 1	Ventilation, luftfordeling (hovedluftmængder og delluftmængder)
Lovkrav	Der findes ikke lovkrav vedrørende hovedluft- og delluftmængder i kontorer, indkøbscentre eller andre større bygninger.
Definition	Kontorenes, indkøbscentrets eller andre større bygningers luftskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedluftmængder opgjort via traversmålinger i kanaler, målinger på trykudtag monteret på ventilatorerne eller ved udlæsning af målinger fra anlægsovervågningen</li> <li>• Delluftmængder opgjort via målinger på armaturer med håndholdt måletragt</li> <li>• Motorernes frekvensomformere indstilles således at ventilatorerne leverer de ønskede luftmængder ved de ønskede statiske tryk i indblæsnings- og udsugningskanalerne</li> <li>• Der foretages målinger af hovedluftmængderne fra samtlige ventilationsanlæg samt måling af delluftmængderne i 10% af kontorerne til eftervisning af, om der er indblæses og udsuges de ønskede luftmængder. Hvis størrelsen af kontorer varierer, fordeles målingerne ligeligt</li> <li>• Hvis ventilationsanlægget er med VAV spjæld åbnes VAV spjældene til den dimensionerende luftmængde ved at setpunktsforskyde temperatur- og/eller CO<sub>2</sub> setpunkterne.</li> </ul>
Principskitse	
Forudsætninger	I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentre-

	<p>prenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	<p>Luftmængderne eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis den målte hovedluftmængde maksimalt ligger <math>\pm 8\%</math> fra den projekterede.</p> <p>Endvidere kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte delluftmængder til et rum maksimalt ligger indenfor <math>\pm 10\%</math> fra de projekterede.</p> <p>Endelig kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte delluftmængder til et armatur maksimalt ligger indenfor <math>\pm 15\%</math> fra de projekterede.</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af hovedluftmængderne og de projekterede hovedluftmængder er større end 8% eller afvigelserne mellem delluftmængderne målt til et rum og de projekterede delluftmængder er større end 10% eller afvigelserne mellem delluftmængderne målt på armaturerne og de projekterede delluftmængder er større end 15% eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve.</p> <p>Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte 25% af kanalstrækningerne. Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger <math>\pm 8\%</math> fra kravet i BR18.</p>

	<p>Endvidere hvis den målte luftmængde fra/til et rum maksimalt ligger <math>\pm 10\%</math> fra kravet i BR18.</p> <p>Endelig hvis den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger <math>\pm 15\%</math> fra kravet i BR18.</p>
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger</li> <li>• Fejlagtig indstilling af brand- og røgspjæld (for høje tryktab)</li> </ul>

Test nr. 2	Ventilation, SFP-faktor
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §436 står der:</p> <p>”Det specifikke elforbrug til lufttransport må ikke overstige 1.800 J/m<sup>3</sup> udeluft for ventilationsanlæg med konstant luftydelse”.</p> <p>Der står endvidere:</p> <p>”Det specifikke elforbrug til lufttransport må ikke overstige 2.100 J/m<sup>3</sup> udeluft ved maksimalt tryktab for anlæg med variabel luftydelse”.</p>
Definition	<p>Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (<math>P_i</math> og <math>P_u</math>)</li> <li>• Den indblæste eller udsugede luftmængde, dvs. den højeste af de to luftmængder (<math>q_{maks}</math>) ved et ønsket statisk tryk i indblæsnings- eller udsugningskanalen</li> </ul> <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{maks}} \left[ \frac{W}{m^3/s} \right]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftmængder opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på trykudtag monteret på ventilatorerne</li> <li>• Effektoptag foretaget på motorenes hovedrelæer i styreskabet eller på motorenes klemkasser</li> <li>• Målingen af SFP-faktoren foretages med fuld varmegenvinding, dvs. eventuelle bypass spjæld skal være lukkede eller rotoren (roterende veksler) køre med 100% omdrejningstal</li> </ul>
Principskitse	

Forudsætninger	<p>I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentligt at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5%.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyd-dæmpere, indtags-og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen Tryktabene måles og analyseres, herunder sammenholdes med forudsatte værdier</li> <li>• Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeplade m.v. er højere end forudsat ved dimensioneringen. Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat. Tryktabene samt virkningsgrader for ventilator og motor måles og analyseres</li> <li>• Luftmængderne afviger fra dem der var forudsat ved den oprindelig opgørelse af SFP-faktoren</li> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>• Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag</li> <li>• Defekte komponenter</li> </ul>



<b>Test nr. 3</b>	<b>Ventilation, automatik</b>
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §421 står der:  "Ventilationssystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS 447 Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer".
Definition	Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperatur</li> <li>• Statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanal</li> <li>• Hastighedsregulering (VAV)</li> </ul> <p>Indstillinger af setpunkter for indblæsningstemperatur og statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalen sammenholdes med målinger med kalibreret måleudstyr.</p>
Principskitse	
Forudsætninger	I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.

<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Det statiske tryk i indblæsnings- og udsugningskanalen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen)</li> <li>• Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen</li> </ul>
<p>Årsager til afvigelser</p>	<p>Forskelle mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter)</li> <li>• Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)</li> </ul>

Test nr. 4	Ventilation, temperaturvirkningsgrad
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. §432 står der:</p> <p>”Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning skal udføres med varmegenvinding”.</p> <p>Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning skal opfylde kravene til varmegenvinding i EU-forordning nr. 1253/2014. I forordningen ses blandt andet følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle aggregater skal have en varmegenvindingsenhed, som skal have et termisk bypass</li> <li>• Temperaturvirkningsgraden for varmegenvindingsenheden skal minimum være 73%</li> </ul>
Definition	<p>Beregning af temperaturvirkningsgraden <math>\eta_t</math> for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udeluftens temperatur (<math>T_1</math>)</li> <li>• Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (<math>T_2</math>). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes 0,5°C for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sider der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil</li> <li>• Temperatur af udsugningsluften (<math>T_3</math>)</li> </ul> <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} [\%]$
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturer opgjort via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet (se ”Principskitse”)</li> </ul> <p>Det kan være en udfordring at opnå den ønskede udetemperaturer for måling og beregning af temperaturvirkningsgraden. Temperaturvirkningsgraden skal som udgangspunkt eftervises ved en temperaturdifferens mellem udeluft før veksler (<math>T_1</math>) og udsuget luft fra rummene (<math>T_3</math>) på ca. 10 - 15°C.</p> <p>Når temperaturvirkningsgraden eftervises, skal der være en rimelig balance imellem indblæst og udsuget luftmængde. Der må maksimalt være en ubalance 3%.</p>

Principskitse	
Forudsætninger	<p>I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indblæst og udsuget luftmængde</li> <li>• Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter</li> <li>• Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer</li> <li>• Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed</li> </ul>
Omfang af test	Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem den målte og beregnede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg</li> <li>• Fejlagtig projektering af ventilationsanlæg</li> <li>• Fejlagtig udførelse af ventilationsanlæg</li> <li>• Defekte komponenter</li> <li>• Unøjagtige målinger af temperaturer</li> </ul>

### 9.3.4 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

##### Luftfordeling

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

##### Måleresultater

##### Hovedluftmængder

	Målt luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Projekteret luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Afvigelse [%]
Indblæsning			
Udsugning			

**Delluftmængder**

	Målt luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Projekteret luftmængde [m <sup>3</sup> /h]	Afvigelse [%]
Indblæsning			
Udsugning			

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 2

### SFP-faktor

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Luftmængde ( $q_{grund}$ )		$m^3/s$
Optagen effekt for motorer til indblæsnings-ventilatoren ( $P_i$ )		W
Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren ( $P_u$ )		W

<b>Beregning</b>	<b>SFP-faktor [W/m<sup>3</sup>/s]</b>
$SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}}$	

Beregnet SFP-faktor, SFP (beregnet) [%]	Projekteret SFP-faktor, SFP (proj.) [%]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer



### Registreringsskema til test 3

#### Automatik

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

	<b>Enhed</b>	<b>Målt</b>	<b>Projekteret</b>	<b>Afvigelse [%]</b>
Indblæsningstemperatur	[°C]			
Statisk tryk i indblæsningskanal	[Pa]			
Statisk tryk i udsugningskanal	[Pa]			

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test 4

### Temperaturvirkningsgrad

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftstemperatur</b>	<b>Temperatur [°C]</b>
Udeluftens temperatur ( $T_1$ )	
Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden ( $T_2$ )	
Temperatur af udsugningsluften ( $T_3$ )	

<b>Beregning</b>	<b>Temperaturvirkningsgrad, <math>\eta_t</math> [%]</b>
$\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 1}{T_3 - T_1}$	

Beregnet temperaturvirkningsgrad, $\eta_t$ (beregnet) [%]	Projekteret temperaturvirkningsgrad, $\eta_t$ (proj.) [%]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

## 9.4 Funktionsafprøvning for køleanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af varmepumpens energimæssige effektivitet. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation.

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af indregulering og kontrol af bygningsautomatik. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier.

Test nr. 1	Kontrol af køleanlægs/chilleres energimæssige effektivitet
Lovkrav	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bygningsreglement 2018 kap. 12 § 327 B: "Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet"</li> <li>• Kommissionens forordning (EU) 2016/2281 af 30. november 2016: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luft-vand-chiller med oplyst køleydelse &lt; 400 kW, hvis drevet af elmotor skal have en virkningsgrad <math>\eta_{s,c}</math> på mindst 149 % svarende til en SEER-værdi på 3,8</li> <li>• Luft-vand-chiller med oplyst køleydelse <math>\geq</math> 400 kW, hvis drevet af elmotor skal have en virkningsgrad <math>\eta_{s,c}</math> på mindst 161 % svarende til en SEER-værdi på 4,1</li> </ul> </li> </ul>
Definition	<p>Et køleanlæg/chiller skal overholde Ecodesignkravene (årvirkningsgrad) og de testes under laboratorieforhold ved forskellige temperaturer. Derfor giver det ikke umiddelbart mening af forsøge at måle en virkningsgrad for chilleren, da det er gjort i forbindelse med Ecodesign-afprøvningen.</p> <p>Hvis køleanlægget/chilleren er opbygget til kundespecifik anvendelse, skal der være foretaget en Factory Acceptance Test (FAT-test), se under "Målepunkter og målemetoder".</p>
Målepunkter og målemetode	<p>I denne funktionsafprøvning skal der ikke foretages in-situ-målinger.</p> <p>Hvis ikke køleanlægget/chilleren har været underkastet en Ecodesign-afprøvning, skal der i stedet foretages en Factory Acceptance Test (FAT-test).</p> <p>FAT-testen skal verificere, at chilleren og dens komponenter, herunder styring- og reguleringskomponenter, fungerer korrekt i henhold til kravspecifikationen.</p> <p>Der foretages følgende test:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der foretages en test der skal vise, at chilleren kan yde den foreskrevne køleydelse ved den dimensionerende fremløbs- og returtemperatur og ved det specificerede effektoptag, der beskrevet i kravspecifikationen.</li> </ol>

	<p>2. I langt de fleste driftstimer vil belastningen ligge på 25% af kapaciteten eller derunder. Der foretages derfor test ved 25% og 15% af kapaciteten. Testen skal vise, at chillerens virkningsgrad er mindst lige så høj som ved fuldlast og gerne højere.</p> <p>Som navnet antyder udføres denne test på fabrikken.</p>
Principskitse	
Forudsætninger for test	<p>Se under "Omfang af test".</p>
Omfang af test	<p>Der udføres følgende for alle nye køleanlæg/chillere. Det kontrolleres, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kølesystemet er dimensioneret som angivet i DS469. Det vil sige 10°C frem til køleflader og 15°C retur</li> <li>• kølefladerne kan yde det de skal ved de dimensionerende kølevandstemperaturer, dvs. at der kan indblæses ventilationsluft med en ønsket indblæsningstemperatur (tjekkes ved kontrol af datablad på køleflade og andre leverandørplysninger)</li> <li>• kølesystemet er forsynet med styring og regulering som angivet i kap. 11 i DS469 (rumtemperaturregulering, fremløbstemperaturstyring og indblæsningstemperaturstyring)</li> <li>• ind-/udkoblingen er udført som foreskrevet af rådgiveren (både sekvensen af hvilke enheder der ind-/udkobles hvornår, og setpunkterne for ind-/udkobling), hvis der er flere køleenheder</li> <li>• opstillingsstedet, dvs. at de krav som fabrikanten stiller til f.eks. afstande til bygninger, hegn eller andet er overholdt</li> <li>• kondensatortrykstyringen er udført som foreskrevet af rådgiveren. Der bør være foreskrevet flydende kondensatortrykstyring</li> <li>• cirkulationspumper og pumpestyringer (kølevandskredsen) er udført som foreskrevet af rådgiveren. Der bør være foreskrevet tidsstyring og omdrejningstalsregulerbare cirkulationspumper.</li> </ul>

Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Metode for måling og dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det samlede resultat</li> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> </ul>
Acceptkriterium	Funktionsafprøvningens resultat med hensyn til den energimæssige effektivitet kan accepteres, hvis chilleren overholder Ecodesignkravene eller hvis en Factory Acceptance Test (FAT-test) verificerer, at chilleren og dens komponenter, herunder styring- og reguleringskomponenter, fungerer korrekt i henhold til kravspecifikationen. Endvidere hvis de syv punkter under "Omfang af test" er overholdt.
Typiske årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fejldimensionering</li> <li>• Manglende overholdelse af DS469</li> <li>• Fejlbehæftet opsætning, idriftsættelse eller indregulering</li> </ul>

### 9.4.1 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

##### Kontrol af varmepumpens energimæssige effektivitet

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>


	Ja	Nej
Er kølesystemet dimensioneret som angivet i DS469. Det vil sige 10°C frem til køleflader og 15°C retur?		
Kan kølefladerne yde det de skal ved de dimensionerende kølevandstemperaturer, dvs. kan der indblæses ventilationsluft med en ønsket indblæsningstemperatur (tjekkes ved kontrol af datablad på køleflade og andre leverandør-oplysninger)?		
Er kølesystemet er forsynet med styring og regulering som angivet i kap. 11 i DS469 (rumtemperaturregulering, fremløbstemperaturstyring og indblæsningstemperaturstyring)?		
Er ind-/udkoblingen udført som foreskrevet af rådgiveren (både sekvensen af hvilke enheder der ind-/udkobles hvornår, og setpunkterne for ind-/udkobling), hvis der er flere køleenheder?		
Er opstillingsstedet, dvs. at de krav som fabrikanten stiller til f.eks. afstande til bygninger, hegn eller andet overholdt?		
Er kondensatortrykstyringen udført som foreskrevet af rådgiveren? Der bør være foreskrevet flydende kondensatortrykstyring		
Er cirkulationspumper og pumpestyringer (kølevandskredsen) udført som foreskrevet af rådgiveren. Der bør være foreskrevet tidsstyring og omdrejningstalsregulerbare cirkulationspumper?		

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

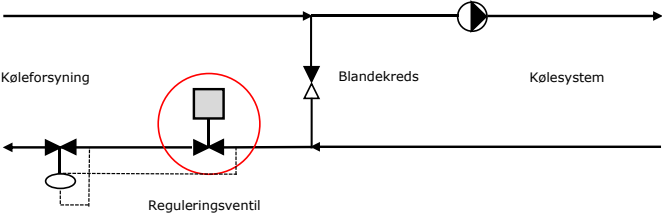


Kommentarer

<b>Test nr. 2</b>	<b>Kontrol af indregulering af køleanlæg</b>
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 19 §387 stk. 2 står der: "Varme- og køleanlæg skal projekteres og udføres som anvist i DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger."</p> <p>I henhold til DS 469:2013 "Varme- og køleanlæg i bygninger" har bygherren ansvaret for, at standardens krav til indregulering inkl. kontrol og dokumentation er overholdt.</p>
Definition	<p>Formålet med en indregulering er at få vandet fordelt, så de enkelte forbrugssteder tilføres netop de beregnede mængder. Kontrol af indregulering af køleanlægget baseres på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beregninger af vandmængder efter kølebehov i ventilationsanlæg og eventuelle kølelofter</li> <li>• Beregninger af alle forindstillinger strengreguleringsventiler (evt. ved hjælp af edb-program)</li> <li>• Indstilling af alle strengreguleringsventiler</li> <li>• Indreguleringsrapport medmindre bygherren ønsker vandmængderne kontrolmål</li> </ul>
Målepunkter og målemetode	<p>Til at vurdere indreguleringen af køleanlægget indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flowene måles via de strengreguleringsventiler, der er monteret i anlægget. Der benyttes et instrument til måling af trykdifferensen over ventilen. Denne trykdifferens omsættes i apparatet til et flow.</li> </ul>
Principskitse	
Forudsætninger for test	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af indreguleringen skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle motorventiler skal være fuldt åbne (følerelementer skal være taget af ventilerne)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flowet i de enkelte strenge/vandkredse måles på strengreguleringsventilerne</li> </ul>
Omfang af test	<p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis afvigelserne mellem målingerne af vandmængderne og de projekterede vandmængder er mindre end 15%.</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest. Se afsnit 9.8 "Attest vedrørende indregulering af anlæg".</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af vandmængderne og de projekterede vandmængder er større end 15% på flere af varmekredsene eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve. Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte 25% af vandkredsene (returledningerne).</p> <p>Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Metode for måling og dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis vandmængderne i de enkelte strenge/vandkredse afviger <math>\pm 15\%</math> fra de beregnede.</p> <p>Dette gælder både hvis der foreligger en indreguleringsrapport, som byggherrer har godkendt eller hvis der foretages kontrolmålinger.</p> <p>Endvidere hvis fremløbs- og returtemperaturen afviger <math>\pm 5\%</math> i forhold til de dimensionerede.</p>
Typiske årsager til afvigelser	-

Test nr. 3	<b>Kontrol af bygningsautomatik (reguleringsventiler)</b>
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav til funktionskontrol af varme- og køleanlæg iht. DS469:2013 "Varme- og køleanlæg i bygninger".</p> <p>Testen skal eftervise, at entreprenørernes ydelser vedrørende DS469 lever op til kravene i udbudsmaterialet således, at bygherren kan acceptere entreprenørernes ydelser.</p>
Definition	<p>Automatikken skal være i stand til at styre og regulere vandmængderne i køleanlæggets distributionssystem effektivt og energioptimalt, samtidig med at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.</p> <p>Kontrol af køleanlæggets automatik er baseret på vurdering og målinger på reguleringsventilerne i blandekredse og forsyningskredse.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Til at eftervise automatikkens evne til at styre og regulere køleanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Måling af reguleringsevne for reguleringsventiler i blandekredse</li> <li>• Måling af reguleringsevne for reguleringsventiler for køleflader i ventilationsanlæg</li> </ul> <p>Målinger:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulatoren sættes i manuel indstilling.</li> <li>2. Der foretages to setpunktsændringer. En hvor setpunktet hæves, og en hvor setpunktet sættes tilbage til udgangspunktet. Som udgangspunkt ændres setpunkter med +/- 5 °C i tilfælde af temperaturreguleringer.</li> <li>3. Testdata skal registreres med passende interval – det vil sige intervaller på ½-1 min.</li> </ol> <p>Bemærk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selve ændringen af setpunkter vurderes i forhold til reguleringsområdet, afhængigt af de forudsætninger, der ligger til grund for projekteringen med hensyn til setpunktsområde (min./maks. temperaturer)</li> <li>• Registrering af data skal derfor ske så tilpas hurtigt, at eventuelle pendlinger vil blive afsløret.</li> </ul> <p>Reguleringspunkter, der som minimum skal registreres i forbindelse med testen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setpunkter</li> <li>• Temperatur, fremløb</li> <li>• Temperatur, retur (undersøger om kontraventil virker, så vandet ikke løber den forkerte vej)</li> </ul>
Principskitse	<b>Reguleringsventil i blandekreds / forsyningskreds</b>

	
<p>Forudsætninger for test:</p>	<p>Før testen gennemføres skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle vandkredse i køleanlægget skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS 469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedring)</li> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Entreprenørens skal fremvise og gennemgå den rapport, der er godkendt af fagtilsynet i henhold til bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 11.</p> <p>Der udføres step-respons-tests i henhold til bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11. Stikprøveomfanget vil som minimum være reguleringsventilen i varmeanlægget samt 25% af ventilerne i blandekredse.</p> <p>Bygherren og dennes tilsyn udpeger umiddelbart før opstart på performancetests de blandekredse, der udtages til stikprøvekontrol.</p> <p>Såfremt der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol for denne type anlæg til det dobbelte.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis step-respons-testene viser, at den enkelte reguleringskreds:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er stabil, inden testen begyndes</li> <li>• Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt højere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt lavere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• Ved en god regulering må der normalt ikke forekomme mere end tre til fire registrerbare svingninger</li> <li>• Ikke pendler</li> </ul>
Typiske årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reguleringsventilerne ikke er dimensioneret korrekt i forhold til belastning og differenstryk – giver problemer med pendling og dårlig regulering.</li> <li>• Forkert indstilling af regulatoren (enten forstærkningen, integrationstiden eller differentialtiden) – giver problemer med langsom indsvingning til stabil værdi.</li> </ul>

## 9.4.2 Registreringsskemaer

### Registreringsskema til test 1

#### Indregulering

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

Måleresultater

Køleflader						
Placering	Streng	Indstilling (K <sub>v</sub> -værdi)	Tryk [kPa]	Målt flow [L/h]	Projekteret flow [L/h]	Afvigelse [%]

Køleflader				
Placering	Streng	Fremløbstemperatur (målt) [°C]	Fremløbstemperatur (projekteret) [°C]	Afvigelse [%]

Køleflader				
Placering	Streng	Returtemperatur (målt) [°C]	Returtemperatur (projekteret) [°C]	Afvigelse [%]



<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test nr. 2

### Reguleringsløjfer

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur (udgangspunkt)		°C
Fremløbstemperatur (højere setpunkt)		°C
Fremløbstemperatur (lavere setpunkt)		°C

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Indsvingningstid (højere setpunkt)		min
Indsvingningstid (lavere setpunkt)		min

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		


<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## 9.5 Funktionsafprøvning for belysningsanlæg

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af belysningsstyrke, regelmæssighed, dagslysstyring, bevægelsesmeldere, og zoneopdeling. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier. De beskrevne forskellige tests kan med fordel udføres i én arbejdsgang og ikke som separate tests.

Test nr. 1	Belysningsstyrke og regelmæssighed (uniformitet)
Lovkrav	Bygningsreglement BR18 kap. 18 § 382 stk. 1: "Arbejdsrum mv. og fælles adgangsveje skal have elektrisk belysning i fornødent omfang. Arbejdspladsbelysning skal udføres i overensstemmelse med DS/EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser sammen med DS/EN 12464-1 DK NA".
Definition	<p>Belysningsanlægget skal være i stand til at levere den belysningsstyrke der kræves i henhold til bygningsreglementet BR18. Belysningsstyrken er et mål for, hvor meget lys der pr. arealenhed rammer en belyst flade. Belysningsstyrken måles i lux.</p> <p>Belysningsanlægget skal endvidere være i stand til at levere/overholde den regelmæssighed, der kræves i henhold til bygningsreglementet BR18. Regelmæssigheden af belysningen <math>U_0</math> defineres som minimumsbelysningsstyrken <math>E_{min}</math>, i forhold til middelbelysningsstyrken, <math>E_{mid}</math>. Belysningsstyrken måles i lux.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ud fra det samlede antal arbejdspladser udvælges 25% repræsentativt og opmåles. De 25 % benyttes ud fra et zone-perspektiv. Eksempelvis skal en zone med 20 cellekontorer, som har ensartet belysningsløsning, omfattes med målinger i 25 % af cellerne, svarende til 5 kontorer, efter kontrol-lantens valg. De øvrige kontorer skal ikke besøges. Det gælder både belysningsniveau og test af lysensorer for dagslysstyring</p> <p>Tilsvarende, en storrumszone med ensartet belysning, - her udvælges et antal målepunkter som dækker repræsentativt for 25% af zonen. Er zonen fx 400 m<sup>2</sup> måles i et område på ca. 100 m<sup>2</sup>.</p> <p>Enkelte, typiske områder med normal færdsel skal udvælges. Det anbefales, at disse udvælges, så de dækker de forskellige belysningsformer, som måtte være anvendt, og at de udvælges med særligt fokus på sikkerhed. Trapper kontrolleres altid.</p> <p>Hvis afprøvningen påviser fejl, kontaktes bygherre med henblik på at få udbedret fejlene eller omfanget af repræsentative arbejdspladser øges til 100%, hvis bygherre har udtrykt ønske om dette.</p> <p>Der udlægges et målenettet efter anbefalingerne i afsnit 4.4 i DS/EN 12464-1:2011. Det er bl.a. vigtigt, at målenettet ikke er sammenfaldende med armaturernes ophængningsmønster.</p>

	<p>Inden for dette målenet udvælges en række målepunkter til bestemmelse af belysningsstyrken og regelmæssigheden. Forslag til målepunkter ses i tabel 9.1 i afsnit 9.5.1.</p> <p>Kontorarbejdspladsers arbejdsfelt beregnes med højden 0,75 m, hvis ikke andet er opgivet i beregningsgrundlaget.</p> <p>Alle arealer defineres som de var defineret i beregningsgrundlaget. F.eks. kan et færdselsareal ikke udvides i forbindelse med opmålingen, ligesom randzoner ikke kan ændres.</p> <p>Rummene kontrolopmåles i færdigmøbleret tilstand. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, fratrækkes 10% på de målte belysningsstyrker.</p> <p>Måling af belysningsstyrken foretages med et luxmeter som er kalibreret inden for et år og udføres, jf. DS/EN 12464-1, kap. 6.</p>
Principskitse	
Forudsætninger for test	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af belysningsstyrken skal følgende være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring</li> <li>• Midlertidig arbejdspladsbelysning anvendt under byggeriet er nedtaget eller slukket</li> <li>• Alle indvendige bygningsdele, f.eks. skillevægge, nedsænkede lofter, indvendige døre, er færdige og overfladerne er færdigbehandlede</li> <li>• Der er ikke dagslysindfald under måleperioden fra vinduer, yderdøre med glas, ovenlysvinduer eller ovenlyskupler m.m.. Målingen kan derfor med fordel udføres om natten</li> <li>• Eventuelle PC-skærme eller andre installationer der afgiver lys er slukkede under måling på kontorarbejdspladser og lignende</li> <li>• Rummene kontrolopmåles i færdigmøbleret tilstand. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, fratrækkes 10% på de målte belysningsstyrker</li> </ul>
Omfang af test	Omfanget af testen er beskrevet i afsnittet "Målepunkter og målemetode".

Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Der kan accepteres en afvigelse på 10% grundet usikkerhed ved måling af belysningsstyrken.
Typiske årsager til afvigelser	Typiske årsager til afvigelser er beskrevet i afsnittet "Forudsætninger for test".

Test nr. 2	Dagslysstyring, zoneopdeling og bevægelsesmeldere
Lovkrav	<p>Bygningsreglement BR18 kap. 18 § 382 stk. 3: "Arbejdsrum mv. og fælles adgangsveje skal forsynes med automatisk dagslysstyring, hvis der er tilstrækkeligt dagslys".</p> <p>Bygningsreglement 2018 kap. 18 § 382 stk. 5: "Arbejdsrum mv. og fælles adgangsveje skal udføres med belysningsanlæg opdelt i zoner med mulighed for benyttelse efter dagslysforhold og aktiviteter. I mindre arbejdsrum, eks. enkeltmandskontorer, kan kravet fraviges".</p> <p>Bygningsreglement BR18 kap. 18 § 382 stk. 4: "Arbejdsrum mv. og fælles adgangsvejeskal hvor der kun er lejlighedsvis benyttelse, forsynes med bevægelsesmeldere. Bestemmelsen gælder også baderum og toiletter i tilknytning til arbejdsrum mv. Anvendelse af bevægelsesmeldere kan udelades, hvor slukning af lyset kan give risiko for ulykker, eller hvor lyskilderne ikke er egnet hertil".</p>
Definition	<p>Lysstyring omfatter i denne sammenhæng automatisk dagslysstyring. Dagslysstyringen kan enten være on/off eller kontinuerlig.</p> <p>Ved zoneopdeling forstå et belysningsanlæg og en styringsform, hvor belysningen dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys.</p> <p>Lysstyring omfatter endvidere bevægelsesmeldere til automatisk tænd/sluk af belysningsanlæg.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ud fra det samlede antal arbejdspladser udvælges 25% repræsentativt og opmåles. De 25 % benyttes ud fra et zone-perspektiv. Eksempelvis skal en zone med 20 cellekontorer, som har ensartet belysningsløsning, omfattes med målinger i 25 % af cellerne, svarende til 5 kontorer, efter kontrollantens valg. De øvrige kontorer skal ikke besøges. Det gælder både belysningsniveau og test af lysensorer for dagslysstyring</p> <p>Tilsvarende, en storrumszone med ensartet belysning, - her udvælges et antal målepunkter som dækker repræsentativt for 25% af zonen. Er zonen fx 400 m<sup>2</sup> måles i et område på ca. 100 m<sup>2</sup>.</p> <p>Hvis afprøvningen påviser fejl, kontaktes bygherre med henblik på at få udbedret fejlene eller omfanget af repræsentative arbejdspladser øges til 100%, hvis bygherre har udtrykt ønske om dette.</p> <p>Der udlægges et målenet efter anbefalingerne i afsnit 4.4 i DS/EN 12464-1:2011. Det er bl.a. vigtigt, at målenettet ikke er sammenfaldende med armaturernes ophængningsmønster.</p> <p>Inden for dette målenet udvælges en række målepunkter til bestemmelse af belysningsstyrken og regelmæssigheden. Forslag til målepunkter ses i tabel 9.1 i afsnit 9.5.1.</p>

Kontorarbejdspladsers arbejdsfelt beregnes med højden 0,75 m, hvis ikke andet er opgivet i beregningsgrundlaget.

Rummene kontrolopmåles i færdigmøbleret tilstand. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, fratrækkes 10% på de målte belysningsstyrker.

Måling af belysningsstyrken foretages med et luxmeter som er kalibreret inden for et år og udføres, jf. DS/EN 12464-1, kap. 6.

### **Dagslysstyring og zoneopdeling**

Kontrol af dagslysstyringen og zoneopdelingen 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.

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

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

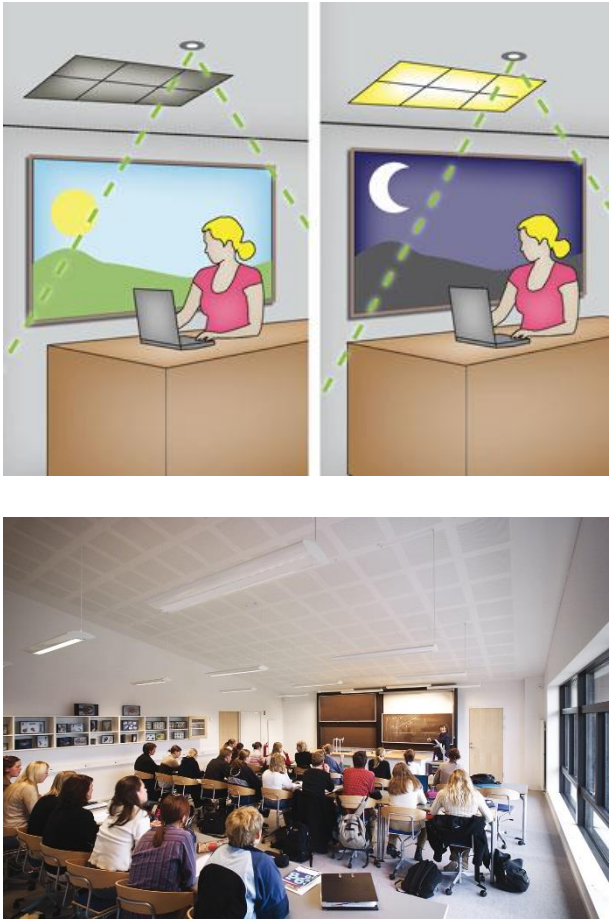
- Almenbelysning tænder automatisk, når belysningsstyrken er under  $E_{min}$  for lokale/zone
- Reguleringen fungerer jf. dokumentationen – konstateres for eksempel ved at trække gardiner for eller lukke solafskærmningen eller afblænde luxføleren
- Belysningen dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys
- Ved maksimal dæmpning opfyldes kravene til belysningsstyrke  
En hurtig måde at tjekke dette på er ved at belyse dagslyssensoren kontinueret med lys fra en kraftig lommelygte eller lignende, så man er sikker på, at lyset regulerer helt ned til minimum  $E_{min}$  i alle zoner. Det er vigtigt, at lyset fra denne lommelygte/andet lys ikke kan påvirke en luxmåling i en zone, efter at lyset er reguleret ned. Belysningen vi derved dæmpe, og skal således dæmpe mest i zonen tættest på vinduer, mindre i den næste zone og så fremdeles. Luxniveauer kontrolleres i alle berørte zoner.

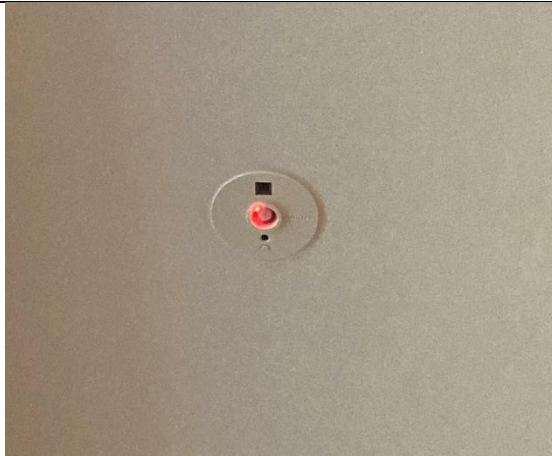
### **Bevægelsesmeldere**

Der udføres 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:



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lyset tænder umiddelbart, når en person træder ind i rummet/bevæger sig ind i sensorens detekteringsområde</li> <li>• Lyset slukkes efter <math>t_{\text{sluk}}</math> minutter eller – i tilfælde af dagslysregulering kombineret med bevægelsessensor – dæmpes til det niveau (f.eks. 10%), der enten er valgt som blivende <math>t_{\text{hold}}</math> (tærskelværdi) i den definerede arbejdstid eller som en værdi, lyset dæmper ned til i en kortere periode, inden det slukker helt</li> <li>• Målt(e) tidsforsinkelse(r) <math>t_{\text{sluk}}/t_{\text{hold}}</math> svarer til indstillingsværdi(er)</li> <li>• Sensorplacering og følsomhed er tilstrækkelig til ikke at slukke almenbelysning ved stillesiddende/arbejdende person</li> </ul>
Principskitse	

	
<p>Forudsætninger for test</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvning af dagslysstyringen skal følgende være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring</li> <li>• Den automatiske dagslysstyring er indreguleret og i drift</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets setpunkter og evt. beskrivelse af dagslysstyringen</li> <li>• Der er indhentet dokumentation i form af beskrivelser eller tegninger, der forklarer, hvor dagslyssensorer er placeret og hvilke arealer, de dækker</li> <li>• Hvis der anvendes automatisk styret solafskærmning, er der indhentet dokumentation for setpunkter og indreguleringsparametre, f.eks. solintensitet og eventuelt vindfølsomhed</li> <li>• Der måles med et luxmeter, som er kalibreret inden for et år</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Omfanget af testen er beskrevet i afsnittet " Målepunkter og målemetode".</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Funktionsafprøvningens resultat for dagslysstyring, zoneopdeling og bevægelsesmeldere 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 DS/EN 12464-1 + N.A. 2015 er overholdt.</p>

Typiske årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defekte lysfølere/sensorer</li><li>• Defekte styringsenheder</li><li>• Forkert indstilling af lysfølere/sensorer</li><li>• Forkert placering af lysfølere/sensorer</li></ul>
--------------------------------	--

### 9.5.1 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test 1

#### Funktionsafprøvning af belysningsstyrke og regelmæssighed (uniformitet)

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

<b>Lokale</b>		<b>Enhed</b>
Længde		m
Bredde		m
Maksimal afstand mellem punkter i måleplan		m
Minimum antal af punkter i måleplan		-

<b>Målepunkter</b>	<b>Belysningsstyrke [Lux]</b>


**Belysningsstyrke**

Målt middelbelysningsstyrke [Lux]	Krav til middelbelysningsstyrke [Lux]	Afvigelse [%]

**Regelmæssighed (uniformitet)**

Målt minimumsbelysningsstyrke (A) [Lux]	Målt middelbelysningsstyrke (B) [Lux]	Regelmæssighed (A/B) [-]

Beregnet regelmæssighed [-]	Krav til regelmæssighed [-]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer



## Registreringsskema til test 2

### Funktionsafprøvning af dagslysstyring, zoneopdeling og bevægelsesmeldere

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

<b>Lokale</b>		<b>Enhed</b>
Længde		m
Bredde		m
Maksimal afstand mellem punkter i måleplan		m
Minimum antal af punkter i måleplan		-

<b>Zone</b>	<b>Målepunkter</b>	<b>Belysningsstyrke [Lux]</b>


### Dagslysstyring og zoneopdeling

Zone	Målt middelbelysningsstyrke ved maksimal dæmpning [Lux]	Krav til middelbelysningsstyrke [Lux]	Afvigelse [%]

Tjek	Ja/nej
Almenbelysning tænder automatisk, når belysningsstyrken er under $E_{min}$ for lokale/zone	
Reguleringen fungerer jf. dokumentationen – konstateres for eksempel ved at trække gardiner for eller lukke solafskærmning	
Belysningen dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys	
Ved maksimal dæmpning opfyldes kravene til belysningsstyrke	



### Bevægelsesmelder

Tjek	Ja/nej
Lyset tænder umiddelbart, når person går ind i rummet	
Sensorplacering og følsomhed er tilstrækkelig til ikke at slukke almenbelysning ved stillesiddende/arbejdende person	

Tjek	Tid [min]
Lyset slukkes efter $t_{\text{sluk}}$ minutter	
Målt tidsforsinkelse (holdetid) $t_{\text{sluk}}$ svarer til indstillingsværdi	

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

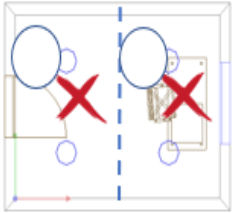
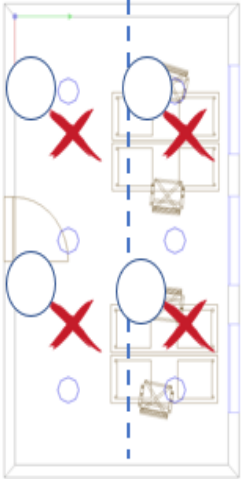
Kommentarer

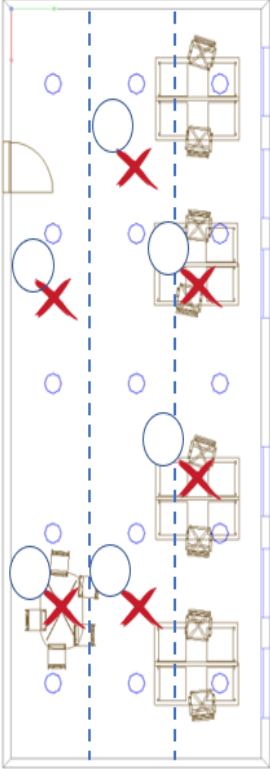
## Forslag til målepunkter

Typisk udlægning af målepunkter i forskellige typiske lokaliteter ses i tabel 9.1:

- Gangareal (måling mellem hvert armatur)
- Kontor inkl. arbejdspladser (lille, stor og middel)
- Toilet (2 - 4 målinger, afhængig af arealet)
- Birum (2 - 4 målinger, afhængig af arealet)

Forslag til målepunkter ved målinger af belysningsstyrker:

Størrelse på rum	Antal målinger	Skitse
Lille rum: $\leq 15 \text{ m}^2$	2 målinger	<p>Lille rum <math>\leq 15 \text{ m}^2</math></p>  <p>Zone 2      Zone 1</p>
Middel rum: $\leq 30 \text{ m}^2$	4 målinger	<p>Middel rum <math>\leq 30 \text{ m}^2</math></p>  <p>Zone 2      Zone 1</p>


<p>Stort rum: <math>\geq 30 \text{ m}^2</math></p>	<p>Min. 6 målinger</p>	<p>Stort rum <math>\geq 30 \text{ m}^2</math></p>  <p>Zone 3    Zone 2    Zone 1</p>
--	------------------------	--

Tabel 9.1. Forslag til stikprøvemålinger hvis der foreligger lysberegninger

## 9.6 Funktionsafprøvning af elevatorer

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af elevatorers elforbrug. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier.

Test nr. 1	Funktionsafprøvning af elevatorer
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 19 §248 står der:            "Elevatorer i nybyggeri og installation af nye elevatorer i eksisterende bygninger skal leve op til energiklasse B i <i>DS/EN ISO 25745-2</i>. Hvis elevatoren ikke kan regnes ud fra <i>DS/EN ISO 25745-2</i>, skal elevatoren leve op til klasse B i <i>VDI 4707 Aufzüge Energieeffizienz, März 2009</i>.</p> <p>Videre står der:</p> <p><i>Stk. 2.</i> Bestemmelsen gælder for elevatorer med mærkelast af elevatorstol på op til 2.000 kg. Elevatorens anvendelseskategori er grundlaget for fastlæggelse af energiklassifikationen.</p> <p><i>Stk. 3.</i> Højere energiforbrug til elevatordrift end energiklasse B kan accepteres, hvis der gennemføres tilsvarende kompenserende energibesparelser.</p> <p>Hvis elevatoren ikke opfylder kravet til energiklasse B, og der i stedet er foretaget andre kompenserende energibesparende tiltag, jf. I1.8, så er det den aktuelle energiklasse, der skal eftervises ved funktionsafprøvningen.</p> <p>Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af elevatorers energiforbrug før ibrugtagning</p>
Definition	Funktionsafprøvningen skal påvise, at elevatorernes energiforbrug er overholdt jf. <i>DS/EN25745-2</i> .
Målepunkter og målemetode	<p>Elevatorens specifikke energibehov, <math>E_{spr}</math>, for en referencekørsel bestemmes, jf. <i>DS/EN ISO 25745-1</i>, ud fra det målte referenceelforbrug, <math>E_{rc}</math>, divideret med produktet af mærkelasten, <math>Q</math>, og referencerejselængden, <math>S_{rc}</math>, jf. nedenstående udtryk.</p> $E_{spr} = (1000 \cdot E_{rc}) / (2 \cdot Q \cdot S_{rc})$ <p>hvor:</p> <p><math>E_{rc}</math> er det målte elforbrug til en referencekørsel, jf. <i>ISO 25745-1</i> [Wh]  <math>S_{rc}</math> er rejselængden for en referencekørsel, jf. <i>ISO 25745-1</i> [m]  <math>Q</math> er mærkelasten [kg]</p>
Principskitse	

	
<p>Forudsætninger for testens igangsættelse</p>	<p>Før testen gennemføres skal elevatoren skal være fuldt færdiginstalleret og opfylde alle sikkerhedsmæssige krav. Ligeledes skal alle installationsarbejder i elevatorskakten være afsluttet.</p>
<p>Omfang af test</p>	<p>Måling af energiforbrug til elevatoren, - enten ved aflæsning af bimåler eller ved brug af effektmeter.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af elevatoren til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testen er acceptabel, hvis det målte energiforbrug overholder kravet i DS/EN25745-2 til energiklasse B for den aktuelle benyttelsesklasse.</p>
<p>Årsager til afvigelser</p>	<p>-</p>

### 9.6.1 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test nr. 1

#### Funktionsafprøvning af elevatorer

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

	<b>Målt / aflæst værdi [Wh]</b>
<b>Energiforbrug, standby</b>	
<b>Energiforbrug, kørsel</b>	
<b>Samlet forbrug</b>	

<b>Det samlede resultat</b>

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>


<b>Kommentarer</b>

## 9.7 Funktionsafprøvning af bygningsautomatik

I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af signaler til og fra automatikkomponenter, automatikfunktioner og alarmer, reguleringsløjfer i varme-, køle- og ventilationsanlæg, driftsstrategier og prøvedrift. Der anvises desuden registreringskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier.

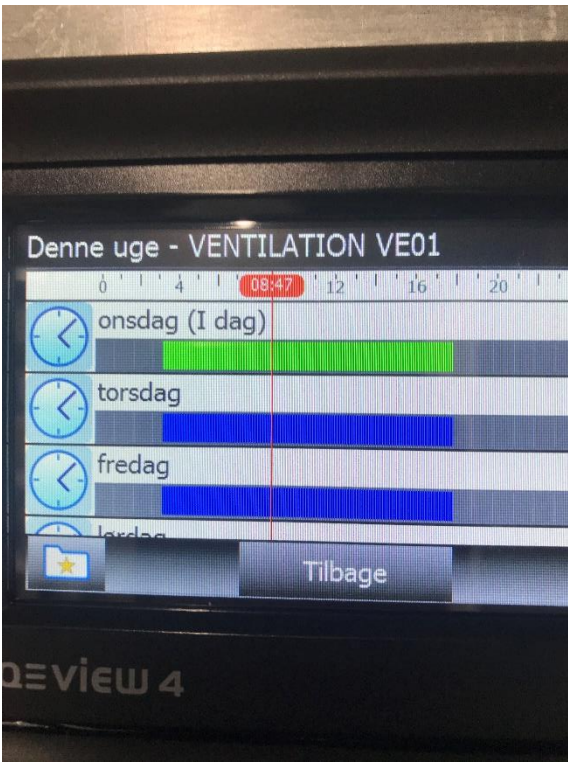
Test nr. 1	Funktionsafprøvning af signaler til og fra automatikkomponenter
Lovkrav	Jf. Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav om at alle bygningsinstallationer, dvs. ventilationsanlæg, varmeanlæg, køleanlæg, belysningsanlæg etc., skal være forsynet med automatik. Der er ikke krav til automatikkens funktion eller andet udover at automatikken skal sikre energieffektiv drift.
Definition	Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikkens 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.
Målepunkter og målemetode	<p>Der udtages en stikprøve på 25% af de signaler der overføres fra forskellige typer signalgivere (dvs. temperatursensorer f.eks. sensorer for åbning af ovenlys, tryksensorer, CO<sub>2</sub>-følere, fugtsensorer, potentiometre til spjældstilling, lyssensorer etc.) og som er styrende parametre for f.eks. ventilationsanlæg, varmeanlæg og solafskærmning for at kontrollere om de overførte signaler stemmer overens med de på styrepanelet eller CTS-skærmen viste. Dette kontrolleres ved at sammenholde værdien in situ for de udvalgte signaler med de på skærmen viste værdier.</p> <p>Testen kan suppleres med tilbagemeldingssignaler fra f.eks. regulerings-spjæld i de tilfælde, hvor det er implementeret. Dokumentationsmetoden er at verificere, at den tilbagemelding der kommer på styrepanelet eller CTS-skærmen svarer til det der sker (f.eks. en spjældstilling i %).</p> <p>Hvis ét eller flere signaler ikke overføres korrekt kontrolleres 50% af signalerne af leverandøren. Herefter udtages en ny stikprøve på 25% af de styrende signaler til kontrol. Hvis der ligeledes er fejl ved ét eller flere signaler gentages ovenstående indtil der udtages en fejlfri stikprøve.</p> <p>Målingerne af temperatur, tryk, CO<sub>2</sub>-niveau og andre signaler foretages med dertil egnede, kalibrerede måleinstrumenter.</p> <p>De korresponderende værdier på styrepanelet eller CTS-anlægget aflæses samtidig med registrering af måleværdier.</p> <p>Målingerne dokumenteres i testskemaer, hvoraf de målte signalers tag.nr. og måleværdier samt værdier fra styrepanelet eller CTS-anlægget fremgår.</p>




<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger for testens igangsættelse</p>	<p>Før testen gennemføres skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle vandkredse i varme- og køleanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS 447:2013 og DS 469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedring)</li> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring</li> <li>• Automatiske styringer, f.eks. dagslysstyring, er indreguleret og i drift</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets setpunkter, zoneopdeling, sensorer samt beskrivelser af kontinuerlig regulering og automatisk styret solafskærmning (hvis dette forefindes)</li> </ul>
<p>Omfang af test</p>	<p>Signaler til og fra automatikkomponenter tjekkes for alle nye automatik-anlæg.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>

<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testen er acceptabel, hvis de målte værdier (øjebliksmåling) afviger mindre end nedenstående anførte værdier aflæst på styrepanelet eller CTS-anlægget.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatursensorer: +/-1 °C</li> <li>• CO<sub>2</sub>-føler: +/-100 ppm</li> <li>• Fugtsensorer: +/-3 RF</li> <li>• Lyssensor [Lux]: +/-10 %</li> <li>• Tryksensorer [Pa]: +/-3 %</li> <li>• Potentiometre [-]: +/-5 %</li> </ul>
<p>Årsager til afvigelser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalgiveren er defekt eller upræcis</li> <li>• De elektriske forbindelser til signalgiveren er fejlbehæftede</li> <li>• Signalgiveren er placeret uhensigtsmæssigt</li> <li>• Overføringen af signalet er fejlbehæftet</li> <li>• Konvertering af måleværdi til signalværdi i styrepanelet eller CTS-anlægget er fejlbehæftet</li> </ul>

Test nr. 2	Funktionsafprøvning af automatikfunktioner og alarmer
Lovkrav	Jf. Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav om at alle bygningsinstallationer, dvs. ventilationsanlæg, varmeanlæg, køleanlæg, belysningsanlæg, solafskærmningsanlæg og vinduesåbningssystemer, skal være forsynet med automatik. Der er ikke krav til automatikkens funktion eller andet udover at automatikken skal sikre energieffektiv drift.
Definition	Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikkens 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.
Målepunkter og målemetode	<p>Der udtages en stikprøve på 25% af de automatikfunktioner som benyttes i hver af hovedanlægstyperne. Det vil sige i ventilationsanlæg, varmeanlæg, køleanlæg, belysningsanlæg, solafskærmningsanlæg og vinduesåbningssystemer.</p> <p>I testen kontrolleres at signaler fra de tilsluttede anlæg faktisk bliver overført og at der sker den korrekte reaktion. F.eks. kan det være at en frostalarm på et ventilationsanlæg. Endvidere kan det være, at en forøgelse af CO<sub>2</sub>-niveauet i et lokale medfører en forøgelse af friskluftmængderne, således at det ønskede CO<sub>2</sub>-niveau genetableres. Endelig kan det være at en urstyring tænder og slukker et belysningsanlæg på bestemte tidspunkter eller at bevægelses- eller lyssensorer tænder belysningsanlægget, når folk går ind i lokalet eller belysningsstyrken bliver for lav.</p> <p>I testen foretages endvidere afprøvning af programmerede alarmer i bygningsautomatikken. Der udføres afprøvninger, hvor målte parametre overskrider fastsatte grænseværdier, der udløser en alarm.</p> <p>Hvis ét eller flere signaler ikke overføres korrekt eller der ikke sker den korrekte reaktion kontrolleres 50% af signaler af leverandøren og eventuelle defekte komponenter udskiftes. Herefter udtages en ny stikprøve på 25% af de styrende signaler til kontrol. Hvis der ligeledes er fejl ved ét eller flere signaler gentages ovenstående indtil der udtages en fejlfri stikprøve.</p> <p>Målingerne af temperatur, tryk, CO<sub>2</sub>-niveau og andre signaler foretages med dertil egnede, kalibrerede måleinstrumenter.</p> <p>De korresponderende værdier på styrepanelet eller CTS-anlægget aflæses samtidig med registrering af måleværdier.</p> <p>Målingerne dokumenteres i testskemaer, hvoraf de målte signalers tag.nr. og måleværdier samt værdier fra styrepanelet eller CTS-anlægget fremgår.</p>

<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger for testens igangsættelse</p>	<p>Før testen gennemføres skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle vandkredse i varme- og køleanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS 447:2013 og DS 469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedring)</li> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring</li> <li>• Automatiske styringer, fx dagslysstyring, er indreguleret og i drift</li> </ul> <p>Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets setpunkter, zoneopdeling, sensorer samt beskrivelser af kontinuerlig regulering og automatisk styret solafskærmning (hvis dette forefindes)</p>
<p>Omfang af test</p>	<p>Automatikfunktioner og alarmer tjekkes for alle nye automatikanlæg.</p>

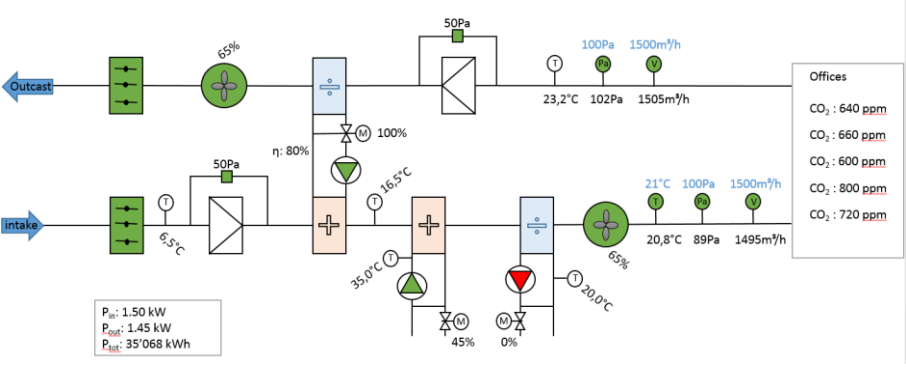
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis signalerne fra de tilsluttede anlæg faktisk bliver overført og at der sker den korrekte reaktion.
Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalgiveren er defekt eller upræcis</li> <li>• De elektriske forbindelser til signalgiveren er fejlbehæftede</li> <li>• Signalgiveren er placeret uhensigtsmæssigt</li> <li>• Overføringen af signalet er fejlbehæftet</li> <li>• Konvertering af måleværdi til signalværdi i styrepanelet eller CTS-anlægget er fejlbehæftet</li> </ul>

<b>Test nr. 3</b>	<b>Funktionsafprøvning af reguleringsløjfer i varme-, køle- og ventilationsanlæg</b>
Lovkrav	Jf. Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav om at alle bygningsinstallationer, dvs. ventilationsanlæg, varmeanlæg, køleanlæg, belysningsanlæg etc., skal være forsynet med automatik. Der er ikke krav til automatikkens funktion eller andet udover at automatikken skal sikre energieffektiv drift.
Definition	Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikkens 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.
Målepunkter og målemetode	Der udtages en stikprøve, der som minimum indbefatter reguleringsventilen i varmeanlægget samt 25% af ventilerne i blandekredsene for varme, køling og ventilation (styringer i forsyningskredse og lokale styringer).  Stikprøverne skal være fordelt ligeligt på de tekniske installationer som testes.
Principskitse	
Forudsætninger for testens igangsættelse	<p>Før testen gennemføres skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle vandkredse i varme- og køleanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> </ul>

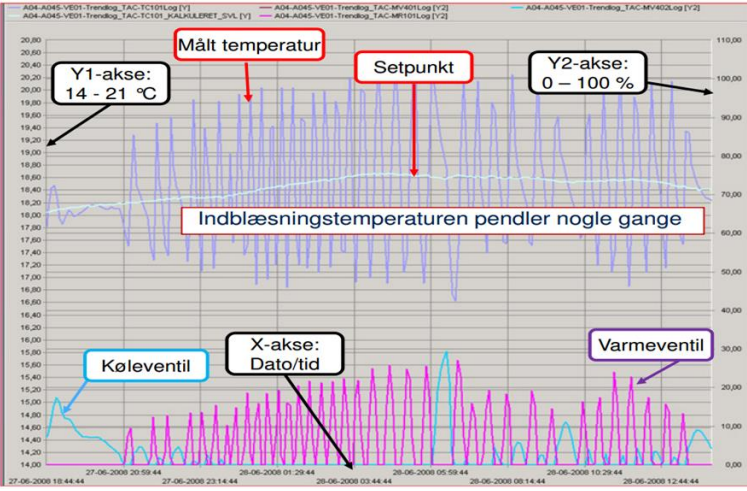
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS 447:2013 og DS 469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedring)</li> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> </ul>
Omfang af test	Reguleringsløjfer i varme-, køle- og ventilationsanlæg tjekkes for alle nye automatikanlæg.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul> <p>Der udføres step respons tests iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11. Logningen af data skal være så tilpas hurtig, at eventuelle pendlinger vil blive afsløret.</p> <p>Testen kan dokumenteres ved fremvisning og gennemgang af den indreguleringsrapport, der er godkendt iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 11.</p>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis step respons testene viser, at den enkelte reguleringssløjfe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• er stabil inden testen begyndes (fremløbstemperaturen har været konstant i 5 – 10 min. inden testen begyndes)</li> <li>• foretager en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt højere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid).</li> <li>• foretager en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt lavere setpunkt (maks. 10 min. indsvingningstid)</li> <li>• ikke pendler</li> <li>• ikke har varige afvigelser (medmindre der på forhånd er aftalt, at en specifik reguleringssløjfe er en ren P-regulering)</li> </ul> <p>For meget træge reguleringskredse f.eks. rumtemperaturreguleringer til gulvvarmeanlæg skal step responstesten kun vise, at der er rigtig sammenhæng mellem rumtemperatur og tilhørende aktuatorer.</p>
Årsager til afvigelser	Forskelle mellem den målte og beregnede værdi kan blandt andet skyldes:

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemer med pendling og dårlig regulering kan skyldes, at reguleringsventilerne ikke er dimensioneret korrekt i forhold til belastning og differenstryk</li><li>• Problemer med langsom indsvingning til stabil værdi skyldes forkert indstilling af regulatoren (forstærkningen, integrationstiden eller differentialtiden)</li><li>• Upræcis eller forkert indregulering af vand- og luftmængder etc.</li></ul>
--	---



Test nr. 4	Funktionsafprøvning af driftsstrategier
Lovkrav	Jf. Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav om at alle bygningsinstallationer, dvs. ventilationsanlæg, varmeanlæg, køleanlæg, belysningsanlæg etc., skal være forsynet med automatik. Der er ikke krav til automatikkens funktion eller andet udover at automatikken skal sikre energieffektiv drift.
Definition	Funktionsafprøvningen af driftsstrategien skal afdække om den driftsstrategi der er lagt for bygningen er programmeret i bygningens automationsanlæg. Afprøvningen skal afdække om interaktionen mellem bygningens forskellige tekniske installationer som varme, køle- og ventilationsanlæg samt belysning og solafskærmning fungerer så der opnås et godt indeklima samtidig med at bygningen driftes energieffektivt.
Målepunkter og målemetode	Der er ikke egentlige målepunkter.
Principskitse	 <p>The diagram illustrates a complex HVAC system with the following components and data points:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Intake:</b> 6.5°C, 50Pa, 1500m<sup>3</sup>/h</li> <li><b>Heating:</b> 35.0°C, 16.5°C, 50Pa, η: 80%</li> <li><b>Cooling:</b> 20.0°C, 50Pa, 1500m<sup>3</sup>/h</li> <li><b>Offices (CO<sub>2</sub> levels):</b> 640 ppm, 660 ppm, 600 ppm, 800 ppm, 720 ppm</li> <li><b>Exhaust:</b> 23.2°C, 102Pa, 1505m<sup>3</sup>/h</li> <li><b>Other sensors:</b> 21°C, 100Pa, 1500m<sup>3</sup>/h; 20.8°C, 89Pa, 1495m<sup>3</sup>/h</li> <li><b>Power consumption:</b> P<sub>tot</sub>: 1.50 kW, P<sub>cool</sub>: 1.45 kW, P<sub>heat</sub>: 35'068 kWh</li> </ul>
Forudsætninger for testens igangsættelse	<p>Før testen gennemføres skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle vandkredse i varme- og køleanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS 447:2013 og DS 469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedring)</li> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring</li> <li>• Automatiske styringer, fx dagslysstyring, er indreguleret og i drift</li> </ul>

	Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets setpunkter, zoneopdeling, sensorer samt beskrivelser af kontinuerlig regulering og automatisk styret solafskærmning (hvis dette forefindes)
Omfang af test	Der udføres en kontrol af om den planlagt driftsstrategi er implementeret korrekt for de tilsluttede installationer.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvnningen</li> <li>• Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under</li> <li>• Målepunkter</li> <li>• Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret</li> <li>• De opnåede måleresultater</li> <li>• Det samlede resultat</li> </ul> <p>Det kontrolleres om bl.a. ventilations-, køle- og varmeanlæg samt belysningsanlæg, solafskærmningsanlæg og vinduesåbningssystemer kobler ind/ud og regulerer jf. driftsstrategien i forhold til luftflow, luftkvalitet, temperaturer, belysningsstyrker m.v..</p>
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, når installationerne følger driftsstrategien.
Årsager til afvigelser	<p>Afvigelser fra den fastlagte driftsstrategi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fejlagtig programmering af driften af den enkelte installationer</li> <li>• Fejlagtig programmering af samstyringen af de enkelte installationer</li> <li>• Fejlagtig indstilling af temperaturer eller tryk (setpunkter)</li> <li>• Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)</li> </ul>

Test nr. 5	Prøvedrift
Lovkrav	Jf. Bygningsreglement BR18 kap. 11 er der krav om at alle bygningsinstallationer, dvs. ventilationsanlæg, varmeanlæg, køleanlæg, belysningsanlæg etc., skal være forsynet med automatik. Der er ikke krav til automatikkens funktion eller andet udover at automatikken skal sikre energieffektiv drift.
Definition	Funktionsafprøvningen af driftsstrategien skal afdække om den driftsstrategi der er lagt for bygningen er programmeret i bygningens automationsanlæg. Afprøvningen skal afdække om interaktionen mellem bygningens forskellige tekniske installationer som varme, køle- og ventilationsanlæg samt belysning og solafskærmning fungerer så der opnås et godt indeklima samtidig med at bygningen driftes energieffektivt.
Målepunkter og målemetode	Der gennemføres prøvedrift i 6 uger (42 dages test), hvor bygningens installationer bliver overvåget, og eventuelle fejlfunktioner skal dokumenteres, bl.a. via CTS- / IBI-logninger. Perioden starter så snart det er muligt, og efter der er foretaget en før-gennemgang iht. AB18.
Principskitse	
Forudsætninger for testens igangsættelse	<p>Før testen gennemføres skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle vandkredse i varme- og køleanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> <li>• Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter nævnt i DS 447:2013 og DS 469:2013 skal være godkendt (inkl. evt. krævet mangeludbedning)</li> <li>• Bygningsautomatikken skal være indreguleret iht. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11 (dvs. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten) samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring</li> <li>• Automatiske styringer, fx dagslysstyring, er indreguleret og i drift</li> <li>• Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets setpunkter, zoneopdeling, sensorer samt beskrivelser af kontinuerlig regulering og automatisk styret solafskærmning (hvis dette forefindes)</li> </ul>
Omfang af test	Samtlige anlæg der styres af CTS-anlægget.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Med udgangspunkt i oplæg fra bygherren og dennes rådgiver gennemføres en overvågning af installationerne, primært via CTS-lograpporter og via testkørsler af sekvenser af ændrede setpunkter, bl.a. nat og weekendkørsler. Der gennemføres daglige tjekrutiner, hvor alarmer, setpunkter, værdier, lograpporter, vejrrapporter mv. gennemgås af det tekniske driftspersonale, der betjener CTS-anlægget.</p> <p>Under forløbet kontrolleres om der er overensstemmelse med visninger på CTS-anlægget og den faktiske tilstand af de forskellige installationer, dvs. om der er overensstemmelse mellem den på CTS-anlægget viste driftstilstand og faktiske driftstilstand.</p> <p>Alle observationer dokumenteres, dels via CTS- / IBI-logningerne, dels via afvigerapporter mv. som sammenholdes med de aktiviteter der foregår i huset.</p>
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, når alle kritiske og mindre kritiske fejl er udbedret. Der henvises til bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 2.15.2 "Testperiode" stk. 5-9. Ved kritiske fejl påbegyndes en ny 6 ugers prøvedrift efter fejlen/fejlene er udbedret.
Årsager til afvigelser	Der henvises til bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 2.15.2 "Testperiode" stk. 5-9.

### 9.7.1 Registreringsskemaer

#### Registreringsskema til test nr. 1

#### Signaler til og fra automatikkomponenter

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

<b>Målepunkt</b>	<b>Tag nummer</b>	<b>Målt værdi</b>	<b>Værdi ifølge stand alone- eller CTS-anlæg</b>	<b>Afvigelse [%]</b>

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

## Registreringsskema til test nr. 2

### Automatikfunktioner og alarmer

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

#### Ventilationsanlæg

<b>Funktionsafprøvning af start og stop (tidsstyring eller bevægelsesføler)</b>	
<b>Aktion</b>	<b>Sæt kryds hvis ja</b>
Spjæld i indtag og afkast lukker	
Cirkulationspumpe til varme- eller køleflade stopper	

<b>Funktionsafprøvning af frostautomatik</b>	
<b>Aktion</b>	<b>Sæt kryds hvis ja</b>
Ventilator stopper	
Spjæld i indtag og afkast lukker	
Ventil til varmeplade åbner	
Cirkulationspumpe starter	

<b>Funktionsafprøvning af CO<sub>2</sub>-styring</b>		
<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
CO <sub>2</sub> -niveau (udgangspunkt)		ppm
CO <sub>2</sub> -niveau (højere set-punkt)		ppm
CO <sub>2</sub> -niveau (lavere set-punkt)		ppm

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Luftmængde (udgangspunkt)		m <sup>3</sup> /h
Luftmængde (højere set-punkt)		m <sup>3</sup> /h
Luftmængde (lavere set-punkt)		m <sup>3</sup> /h

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>



## Varmeanlæg

<b>Funktionsafprøvning af start og stop (tidsstyring eller udetemperatur)</b>	
<b>Aktion</b>	<b>Sæt kryds hvis ja</b>
Ventil til varmeveksler i varmekredsen lukker	
Cirkulationspumpe stopper	

<b>Funktionsafprøvning af fremløbstemperaturstyring</b>		
<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Udetemperatur (udgangspunkt)		°C
Udetemperatur (højere setpunkt)		°C
Udetemperatur (lavere setpunkt)		°C

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur (udgangspunkt)		°C
Fremløbstemperatur (højere setpunkt)		°C
Fremløbstemperatur (lavere setpunkt)		°C

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

Kommentarer

### Køleanlæg

Funktionsafprøvning af start og stop (tidsstyring eller udetemperatur)	
Aktion	Sæt kryds hvis ja
Ventil til varmeveksler i kølekredsen lukker	
Cirkulationspumpe stopper	

Funktionsafprøvning af fremløbstemperaturstyring (normalt er fremløbstemperaturen konstant)		
Driftsparameter		Enhed
Udetemperatur (udgangspunkt)		°C
Udetemperatur (højere setpunkt)		°C
Udetemperatur (lavere setpunkt)		°C

Driftsparameter		Enhed
Fremløbstemperatur (udgangspunkt)		°C
Fremløbstemperatur (højere setpunkt)		°C
Fremløbstemperatur (lavere setpunkt)		°C

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

**Hvis nej – beskriv hvorfor**

--

**Kommentarer**

--

## Belysningsanlæg

Funktionsafprøvning af on/off	
Aktion	Sæt kryds hvis ja
Tidsstyring	
Bevægelsesføler	
Lysmåler	

Funktionsafprøvning af lysstyring		
Driftsparameter		Enhed
Målt minimumsbelysningsstyrke, $E_{min}$		Lux
Målt maksimumsbelysningsstyrke, $E_{maks}$		Lux

Målt minimumsbelysningsstyrke, $E_{min}$ [Lux]	Indstillingsværdi for minimumsbelysningsstyrke, $E_{min}$ [Lux]	Afvigelse [Lux]

Målt maksimumsbelysningsstyrke, $E_{maks}$ [Lux]	Indstillingsværdi for maksimumsbelysningsstyrke, $E_{maks}$ [Lux]	Afvigelse [Lux]

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

<b>Kommentarer</b>

## Alarmer

### Temperatur

	Maks. grænse [°C]	Alarm		Min. grænse [°C]	Alarm	
		Ja	Nej		Ja	Nej
Indblæsning						
Rum						

### CO<sub>2</sub>-koncentration

	Maks. grænse [ppm]	Alarm	
		Ja	Nej
Rum			

### Relativ fugtighed

	Maks. grænse [RF]	Alarm	
		Ja	Nej
Rum			

### Belysningsstyrke

	Maks. grænse [Lux]	Alarm		Min. grænse [Lux]	Alarm	
		Ja	Nej		Ja	Nej
Rum						

### Kanaltryk

	Maks. grænse [Pa]	Alarm		Min. grænse [Pa]	Alarm	
		Ja	Nej		Ja	Nej
Kanal						

### Det samlede resultat

--

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>

### Registreringsskema til test nr. 3

#### Reguleringsløjfer

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

#### Måleresultater

##### Varme- og køleanlæg

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Fremløbstemperatur (udgangspunkt)		°C
Fremløbstemperatur (højere setpunkt)		°C
Fremløbstemperatur (lavere setpunkt)		°C

<b>Driftsparameter</b>		<b>Enhed</b>
Indsvingningstid (højere setpunkt)		min
Indsvingningstid (lavere setpunkt)		min



### Træge reguleringskredse

Lokale	Aktuator	Overensstemmelse?	
		Ja	Nej

### Ventilationsanlæg

Driftsparameter		Enhed
Indblæsningstemperatur (udgangspunkt)		°C
Indblæsningstemperatur (højere setpunkt)		°C
Indblæsningstemperatur (lavere setpunkt)		°C

Driftsparameter		Enhed
Indsvingningstid (højere setpunkt)		min
Indsvingningstid (lavere setpunkt)		min

Det samlede resultat

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

## Registreringsskema til test nr. 4

### Driftsstrategier

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

#### Setpunkter

<b>Rumtemperaturer</b>	<b>Min.</b>	<b>Maks.</b>	<b>Enhed</b>
Vinter			°C
Overgangsperioder (april til oktober)			°C
Sommer			°C
Nat (vinter)			°C
Nat (sommer)			°C

<b>Luftkvalitet</b>		<b>Enhed</b>
CO <sub>2</sub> -koncentration		ppm

<b>Fremløbstemperatur - varmeanlæg</b>		<b>Enhed</b>
Ved -12 °C udetemperatur		°C
Ved 20 °C udetemperatur		°C
Natsænkning		°C

<b>Indblæsningstemperaturer - ventilationsanlæg</b>	<b>Min.</b>	<b>Maks.</b>	<b>Enhed</b>
Vinter			°C
Overgangsperioder (marts til maj og september til november)			°C
Sommer			°C

<b>Luftmængder - ventilationsanlæg</b>		<b>Enhed</b>
Indblæsning – maks.		m <sup>3</sup> /h
Indblæsning – min.		m <sup>3</sup> /h
Udsugning – maks.		m <sup>3</sup> /h
Udsugning – min.		m <sup>3</sup> /h

<b>Frigivelseskriterier - køleanlæg</b>		<b>Enhed</b>
Udetemperatur		°C
Rumtemperatur		°C
Vinterluk (udetemperatur)		°C

<b>Kriterier for aktivering af solafskærmning</b>		<b>Enhed</b>
Belysningsstyrke udenfor		Lux
Rumtemperatur (maks.)		°C
Vindstyrke		m/s

<b>Kriterier for åbning af ovenlysvinduer eller facadevinduer (naturlig ventilation)</b>		<b>Enhed</b>
Rumtemperatur		°C

Det samlede resultat

	Ja	Nej
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

### Fornuftige driftsstrategier

Der er behov for at der foretages en delvist simuleret test for at verificere driftsstrategien ved delvis at tilpasse setpunkter, og delvist tilføre kunstige belastninger i bygningen (varme, CO<sub>2</sub> mm). Det kan selvfølgelig blive en meget omfangsrig test, hvis der er tale om et stort dækningsområde, hvor der skal en stor påvirkning til (f.eks. i et storcenter).

Nedenstående redegøres for en række væsentlige kriterier for energieffektiv drift. Det er dog ikke helt muligt at beskrive driftskriterierne i enhver situation, men disse er generelt gældende. Registreringer af setpunkterne i foregående afsnit er et væsentligt element i vurderingen af driftsstrategien.

### Ventilationsanlæg

#### Rumtemperatur i brugstiden for lav

- Solafskærmningen skal være deaktiveret
- Ovenlysvinduer skal være lukkede
- Varmegenvindingen skal være aktiv
- Indblæsningstemperaturen øges gradvist op mod maksimal tilladelig indblæsningstemperatur
- Hvis dette ikke er tilstrækkeligt, øges luftmængden gradvist op mod maksimal tilladelig luftmængde
- Det tilstræbes at sigte imod at opnå den lavest tilladelige rumtemperatur

**Rumtemperatur i brugstiden for høj**

- Solafskærmningen skal være aktiveret, hvis kriterierne herfor er opfyldt
- Ovenlysvinduer skal så vidt muligt være åbne
- Varmegenvindingen skal være inaktiv (bypass)
- Hvis en aktivering af solafskærmningen og den naturlige ventilation ikke er tilstrækkeligt, øges luftmængden op mod maksimal tilladelig luftmængde
- Hvis dette ikke er tilstrækkeligt, aktiveres den mekaniske køling og luftmængden reduceres gradvist ned mod minimum tilladelig luftmængde
- Det tilstræbes at sigte imod at opnå den højeste tilladelige rumtemperatur

**Rumtemperatur om natten (sommer og vinter) for lav**

- Ovenlysvinduer skal være lukkede
- Varmegenvindingen skal være aktiv
- Indblæsningstemperatur øges gradvist op mod maksimal tilladelig indblæsningstemperatur
- Hvis dette ikke er tilstrækkeligt, øges luftmængden gradvist op mod maksimal tilladelig luftmængde

**Rumtemperatur om natten (sommer og vinter) for høj**

- Ovenlysvinduer skal så vidt muligt være åbne
- Varmegenvindingen skal være inaktiv
- Der anvendes natkøling
- Hvis rumtemperaturen overstiger komfortkrav nogle timer før ibrugtagning om morgenen indblæses med minimum tilladelig indblæsningstemperatur indtil rumtemperaturen når komfortkrav

**Luftkvalitet for ringe (for høj CO<sub>2</sub>-koncentration)**

- Ovenlysvinduer og evt. facadevinduer med automatisk styring skal være åbne
- Luftmængden øges op mod maksimal tilladelig luftmængde

## Registreringsskema til test nr. 5

### Prøvedrift

<b>Anlægsnummer:</b>	<b>Udført af:</b>	<b>Dato:</b>

<b>Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingerne er udført under</b>

<b>Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)</b>

<b>Anvendt måleudstyr</b>	
<b>Type</b>	<b>Kalibreringsdato</b>

### Måleresultater

#### Alarmer og lograpporter – 42 dages test

Efter udførelse af indregulering, prøvning og idriftsættelse, skal CTS/IBI-anlæg testes i sin helhed i en testperiode. Alle systemets enheder skal således være indkoblede og i drift.

Testperioden skal være 42 kalenderdage.

Under testperioden skelnes der mellem væsentlige og mindre væsentlige fejl. Såfremt testperioden ikke kan gennemføres uden væsentlige system- eller funktionsfejl, skal denne, efter udbedring af fejlen(e), gennemføres igen i sin fulde længde.

Der henvises til bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 2.15.2 "Testperiode" stk. 5-9.

<b>Alarmer</b>		<b>Lograpport</b>
<b>Dato</b>	<b>Tidspunkt</b>	

<b>Det samlede resultat</b>

	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
<b>Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?</b>		

<b>Hvis nej – beskriv hvorfor</b>

<b>Kommentarer</b>



## 9.8 Attest vedrørende indregulering af anlæg

### Attest vedrørende indregulering af anlæg

Attesten vedrører korrekt indregulering af nedenstående anlæg baseret på en indreguleringsrapport. Indreguleringsrapporten vedlægges som bilag til denne attest.

Anlægstype	Sæt kryds (X)
Varmeanlæg	
Ventilationsanlæg	
Køleanlæg	
Belysningsanlæg	

Anlægsnummer:	Placering:	Forsyningsområde:

Indreguleringsrapport [nr./reference]:	Udført af:	Dato:

Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold indreguleringen er udført under

Det samlede resultat af indreguleringen

Det attesteres hermed, at det samlede resultat vedrørende indregulering stemmer overens med kravene i BR18 og de af bygherren stillede krav.

Firma: \_\_\_\_\_

Navn: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

## 9.9 Attest for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret enfamilieshus

### Attest for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret enfamilieshus

Bygherre: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Postnr. og by: \_\_\_\_\_

**Arbejdet med funktionsafprøvning af husets installationer og bygningsautomation er nu afsluttet med tilfredsstillende resultat, baseret på følgende:**

Anlægstype/installation	Referencer - tjeklister fra håndbog <sup>1)</sup> og andre bilag vedlagt	Funktionskrav i BR18 opfyldt	Udvidede funktionskrav fra bygherre opfyldt
Fjernvarmeanlæg			
Gaskedel			
Varmepumpe			
Varmesystem			
Ventilationsanlæg			
Solcelleanlæg			

1) Håndbog i funktionsafprøvning udarbejdet af Teknologisk Institut i 2021

Det erklæres hermed, at BR18's krav til funktionsafprøvning er opfyldt, og at vedlagte bilag, beregninger, rapporter og lignende dokumenterer overholder Bygningsreglementets krav.

Firma: \_\_\_\_\_

Navn: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

## 9.10 Attest for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret etagebyggeri, kontorbyggeri eller anden større bygning

### Attest for udført funktionsafprøvning af anlæg i nybygget eller renoveret etagebyggeri, kontorbyggeri eller anden større bygning

Bygherre: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Postnr. og by: \_\_\_\_\_

**Arbejdet med funktionsafprøvning af bygningens installationer og bygningsautomation er nu afsluttet med tilfredsstillende resultat, baseret på følgende:**

Anlægstype/installation	Referencer - tjeklister fra håndbog <sup>1)</sup> og andre bilag vedlagt	Funktionskrav i BR18 opfyldt	Udvidede funktionskrav fra bygherre opfyldt
Fjernvarmeanlæg			
Gaskedel			
Varmepumpe			
Varmesystem			
Ventilationsanlæg			
Elevatorer			
Belysningsanlæg			
Bygningsautomation			

2) Håndbog i funktionsafprøvning udarbejdet af Teknologisk Institut i 2021

Det erklæres hermed, at BR18's krav til funktionsafprøvning er opfyldt, og at vedlagte bilag, beregninger, rapporter og lignende dokumenterer overholder Bygningsreglementets krav.

Firma: \_\_\_\_\_

Navn: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

## 10 Referencer

### Andre hjælpværktøjer – links – kilder

#### Lovgivning

##### Dansk

- /1/ BEK nr 1399 af 12/12/2019 (Gældende). Bekendtgørelse om bygningsreglement 2018 (BR18)<sup>1)</sup>
- /2/ Vejledning om funktionsafprøvning. <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/BRV/Funktionsafprovning>

##### EU

- /3/ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2012/27/EU af 25. oktober 2012 om energieffektivitet, om ændring af direktiv 2009/125/EF og 2010/30/EU samt om ophævelse af direktiv 2004/8/EF og 2006/32/EF (Artikel 9, 10 og 11)
- /4/ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2002 af 11. december 2018 om ændring af direktiv 2012/27/EU om energieffektivitet
- /5/ KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 813/2013 af 2. august 2013 om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF for så vidt angår krav til miljøvenligt design af anlæg til rumopvarmning og anlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning
- /6/ KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 1253/2014 af 7. juli 2014 om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF for så vidt angår krav til miljøvenligt design for ventilationsaggregater
- /7/ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2014/33/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om elevatorer og sikkerhedskomponenter til elevatorer

##### Standarder

- /8/ DS 469:2013. Varme- og køleanlæg i bygninger
- /9/ DS 447:2013. Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationsystemer

- /10/ DS/EN 12464-1:2011. Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser - Del 1: Indendørs arbejdspladser
- /11/ DS/EN 12464-1 DK NA:2015. Nationalt annekst til Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser
- /12/ DS/EN ISO 25745-2:2015. Elevatorer, rulletrapper og rullefortoves energieffektivitet - Del 2: Beregning af energi for og klassifikation af elevatorer
- /13/ DS 3090:2014. Commissioning-processen for bygninger - Installationer i nybyggeri og større ombygninger
- /14/ IEC 62446 1st Edition, May 2009. Complete Document. Grid connected photovoltaic systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection

### **Rapporter, kataloger, vejledninger, pjecer**

- /15/ DS-hæfte 39:2013. Vejledning om solcelleanlæg – sammensætning, montering, tilslutning og rådgivning
- /16/ AB18. Almindelige betingelser for arbejder og leverancer i bygge- og anlægsvirksomhed (AB18)
- /17/ ABT18. Almindelige betingelser for totalentreprise i bygge- og anlægsvirksomhed (ABT 18)
- /18/ ABR89. Almindelige Bestemmelser for teknisk Rådgivning og bistand, oktober 89, (ABR 89)

### **Håndbøger**

- /19/ bips B2.460, Basisbeskrivelse - bygningsautomation (Generelle beskrivelser)

### **Hjemmesider**

Bygningsreglementet  
[www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk)

Trafik-, Bolig- og Byggestyrelsen  
[www.tbst.dk](http://www.tbst.dk)

Energistyrelsen  
[www.ens.dk](http://www.ens.dk)

Realdania  
[www.realdania.dk](http://www.realdania.dk)

Teknologisk Institut  
[www.teknologisk.dk](http://www.teknologisk.dk)

Dansk Center for Lys  
[www.dcl.dk](http://www.dcl.dk)

Byg og Miljø (Portal for bygge- og miljøansøgninger)  
[www.bygogmiljoe.dk/](http://www.bygogmiljoe.dk/)

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger  
[www.byggeriogenergi.dk/](http://www.byggeriogenergi.dk/)

Dansk Standard  
[www.ds.dk](http://www.ds.dk)