

Performancetest nr. 3.B.2. Vandbårne varmeanlæg. Kontrol af kapacitet, indregulering og afkøling	
Vejledning	Det er Bygherrens repræsentant der udfylder skemaet med dokumentation som hører til denne performancetest. Skemaet hentes som redigerbar fil fra bygst.dk/performancetest . Det kan aftales at nogle af felterne udfyldes af entreprenørens testleder, dog ikke feltet "Testens resultat", som altid udfyldes af Bygherrens repræsentant.
Formål	<p>Formålet er via praktisk udførte test at give en stikprøvebaseret kontrol af:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Om den udførte instrumentering i praksis er retvisende. • Om de udførte varmeanlæg i praksis kan forsyne bygningen med de krævede vandmængder, temperaturer og fordeling. • Om den udførte indregulering af anlæggene har ført til at vandmængderne er som de projekterede værdier. • Om de udførte anlæg i praksis har de afkølingsforhold der er projekteret. • Om entreprenørens dokumentation for kvalitetssikring af de ydelser der hører til ovenstående punkter lever op til de krav der er stillet. <p>Manglende indregulering øger risikoen for dårlig komfort, hvis nogle områder er underforsynet med varme, når nogle radiatorer "stjæler" varme fra andre. Tilsvarende øges risikoen for overforbrug af varme og forringet afkøling, f.eks. hvis vandmængder ved nogle varmegivere er for høje i forhold til behovet.</p> <p>Endvidere er det et formål, at der i projekteringen rettes et fokus mod den optimale anlægsopbygning ud fra hvordan vandbårne anlæg i praksis skal indreguleres.</p>
Definition	<p>Denne performancetest benytter nogle centrale begreber som er oplistet nedenfor med de definitioner vi benytter i Bygningstyrelsen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indregulering: Med indregulering af et varmeanlæg forstår vi arbejdsprocessen at måle forhold som tryk, temperaturer og vandmængder og indstille forindstillinger, strengreguleringsventiler, trykdifferensregulatorer, pumpetryk mv. sådan at der opnås de projekterede vandmængder, tryk og temperaturer. • Regulering: Med regulering i forbindelse med varmeanlæg forstår vi at en parameter som f.eks. temperatur indgår i et reguleringssystem, hvor den målte værdi giver anledning til justeringer af f.eks. setpunkt for parameteren eller positioner i reguleringsventiler. I praksis er det via CTS eller decentral bygningsautomatik.
Krav	<p>Kravene som skal være opfyldt er de krav der er stillet i projektet mht. kapaciteter og indregulering. Herudover er der følgende krav:</p> <p>Hydraulisk balance: Anlæg skal være i hydraulisk balance, så der leveres de forudsatte vand/væske mængder i hovedsystem, fordelingssystem og til de enkelte varmegivere ved 100% belastning (maksimalt flow) i system.</p> <p>Dokumentation for indregulering skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indeholde informationer om faste indstillinger af komponenter som indgår i indreguleringen, herunder forindstillinger ved de enkelte varmegivere, strengreguleringsventiler, trykdifferensregulatorer, pumper mv. • Dokumentere at anlægget yder de projekterede vandmængder, tryk og temperaturer inden for de angivne tolerancer. • Indeholde informationer om trykmålinger ved kritiske steder i anlægget, f.eks. ved afgreninger, strengreguleringsventiler og varmevekslere. • Indeholde målte værdier for afkøling. Bemærk: I det tilfælde anlæg er indreguleret uden temperaturer, dvs. alene som vandmængder, skal der efterfølgende suppleres med dokumentation for målte værdier mht. afkøling.

	<ul style="list-style-type: none"> • Indeholde information om målte differenstryk over snavssamlere og kontraventiler, som viser at tolerancer til trykforskelle er opfyldt. <p>Arbejdstegninger skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Angive vandmængder ved relevante komponenter som ventiler og vekslere • Komponenter skal have en ID-kode. • Angive de målepunkter der er benyttet i forbindelse med indreguleringen. <p>Metoden for den udførte indregulering skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Være baseret en systematisk fremgangsmåde, hvor indstillinger foretages successivt på baggrund af målte værdier, indtil der opnås de projekterede værdier alle steder.
Referencer	<p>Nedenstående dokumenter udgør det grundlag som performancetesten udføres på:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entreprenørens arbejdstegninger • Som udført PI-diagrammer • D&V manual for komponenter der indgår i indreguleringen <p>Faglige termer anvendt i denne performancetest er formuleret med afsæt i følgende kilder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DS469. Varme- og køleanlæg i bygninger. • SBI 143. Regulering og indregulering af større varmeanlæg, 1. udgave år 1983. • SBI 175. Varmeanlæg med vand som medium. 1. udgave år 2000. • Praktisk regulering og instrumentering. 6. udgave år 2009. • D&V manualer fra gængse typer af komponenter.
Omfang	<p>Følgende anlægstyper er omfattet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vandbårne varmeanlæg <p>Anlægstyper som ikke er omfattet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luftbaserede enkeltanlæg som mindre luft-luft varmepumpeanlæg
Forudsætninger	<p>Før klarmelding til denne performancetest skal entreprenøren have afsluttet nedenstående:</p> <p><u>For varme:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlæg skal være mekanisk og elektrisk komplet. • Entreprenørens ydelser mht. indregulering af anlæg skal være afsluttet og dokumenteret, herunder også mht. punkterne oplistet under "Krav" ovenfor. • D&V manualer for de typer af komponenter der indgår i indreguleringen skal være tilgængelige. <p><u>For CTS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlægsbilleder og brugerflade for de anlæg der testes skal være på et stade hvor det er muligt at overstyre ventiler, setpunkter osv, jf. feltet "Metode". • CTS skal via blandekredse kunne holde en stabil fremløbstemperatur til varmegivere når testen udføres. • CTS-logninger for udetemperatur, frem og returløbstemperaturer samt ventilstillinger skal være tilgængelige og retvisende. • Dokumentation for kontrol af følernøjagtighed skal være afsluttet. <p><u>Fælles for alle ovennævnte punkter:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eventuelle mangler påpeget ved fagtilsyn i forhold til ovennævnte forudsætninger skal være afhjulpet.
Metode	<p>Testen udføres ved at eftervise vandmængder, effekt og afkølingsforhold på varmegiver-niveau. Endvidere eftervises vandmængder, effekt og afkølingsforhold for blandekredsen som helhed. Dette gøres på et tidspunkt, hvor rummene ikke er udsat for tilskudsvarme såsom solbelastning</p>

eller lignende. Derfor foregår testen bedst primært aften og tidlig morgen. Metoden for denne performancetest følger nedenstående proces:

Entreprenørens klarmelding.

- Når forudsætningerne er opfyldt klarmelder entreprenøren.

Forberedelse:

- Bygherres repræsentant og observatører skal forud for gennemførelse af denne performancetest gives mulighed for på egen hånd at gennemgå anlæg og tilhørende KS-dokumentation for den udførte indregulering.
- Entreprenørens testleder skal sikre, at det er muligt via CTS at se de elementer der indgår i reguleringen af varmeanlæggene, og at de nødvendige manøvrer kan udføres, bl.a. så der kan ændres på setpunkter for temperaturer mv. for kontrol af indreguleringen. Endvidere at logninger er opsat. Hvis der anvendes natsækning af temperaturer skal den deaktiveres under testen.
- Entreprenørens testleder skal sikre at de målepunkter der er benyttet i forbindelse med indreguleringen er umiddelbart tilgængelige i forbindelse med testen.

Den praktiske udførelse af testen. Del 1. Besigtigelse af anlæg som er sat under tryk:

Entreprenørens testleder skal forud for besigtigelsen sørge for følgende:

- Fuld vandstrøm til alle decentrale varmegivere.
- Alle aktuatorer ved varmegivere og selvvirkende termostater åbnes helt, såfremt de er monteret på testtidspunktet. Alternativt demonteres de midlertidigt.
- Fremløbstemperaturer sættes til 20 °C. Dette gøres 2-4 timer før besigtigelsen.

På dette tidspunkt er anlæggene klar til at der kan foretages observationer når fremløbstemperaturen ændres i næste del af testen.

Den praktiske udførelse af testen. Del 2. Vurdering af anlæg med varmeafgivelse:

Del 2 indebærer vurdering af anlæg når fremløbstemperaturen ændres og der sendes varme ud til varmegivere.

- Fremløbstemperaturer indstilles via CTS til dimensioneringsværdierne, eksempelvis 60 °C.
- Vandmængder kontrolleres ved blandekredse. Det gøres med håndholdt instrument via strengventiler samt evt. energimåler.
- Vandmængder kontrolleres decentralt hvis der i anlægget er indbygget mulighed for måling.
- Returtemperaturer: Efter 1-2 timer, hvor rumtemperaturen ikke for alvor er steget endnu, men hvor varmegiverne har arbejdet så lang tid ved deres projekterede ydelse at vandet er nået "rundt i kredsen" – registreres returløbstemperaturen via CTS-logningerne, og sammenholdes med projekteringsværdierne. Bemærk: Hvis rumtemperaturerne i praksis afviger (er højere) end projekteringsværdierne vil returløbstemperaturerne alt andet lige stige, og værdierne skal i så fald vurderes på baggrund heraf.
- Trykdifferensregulatorer: Det kontrolleres om trykdifferensregulatorer er indstillet hensigtsmæssigt, dvs. svarende til relativt åben motorventil på omtrent 70-100% åbningsgrad.
- Pumpestryk og valgt pumpekaraktistik vurderes.

Som forberedelse til næste del ændres fremløbstemperatur til automatisk regulering via CTS, så den temperatur varmekilderne modtager modsvarer det aktuelle klima udendørs. Dog skal fremløbstemperaturen mindst være 50 °C.

Den praktiske udførelse af testen. Del 3. Vurdering af balance og afkøling af anlæg i regulering:

	<p>Del 3 indebærer vurdering af anlæg når fremløbstemperaturen reguleres automatisk ved fuld vandmængde. Denne del udføres bedst dagen efter del 2, sådan at anlæg, rumtemperaturer mv. er kommet i balance og stabil regulering.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrol af fremløbstemperatur: Det kontrolleres indledende om fremløbstemperaturen er som forudsat. • Kontrol af afkøling og ydelse: Udvalgte varmegivere tjekkes for afkøling og ydelse via termografering. • Kontrol af rumtemperaturer: Rumtemperaturer tjekkes. De må som udgangspunkt ikke afvige indbyrdes med mere end $+1$ °C. <p><u>Den praktiske udførelse af testen. Del 4. Kontrol af varmekilder ved halv vandmængde:</u></p> <p>Del 3 indebærer vurdering af anlæg når vandmængden begrænses.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hver anden varmegiver lukkes. Hvis der ikke er aktuatorer og/eller termostater monteret kan det gøres med de "hætter" der følger med fremløbsventilerne når de leveres. • Efter 1 timer kontrolleres at den fælles returtemperatur ved sekundærsiden af blandekredsen herved ikke ændres mere end 3 °C i forhold til ved fuld vandmængde. <p><u>Afslutning af test:</u> Indstillinger i CTS normaliseres. Demonterede aktuatorer mv. genmonteres.</p>
Instrumentering	<p>Denne performancetest benytter følgende instrumentering.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fast instrumentering på anlæg. • Håndholdt instrument til målinger, eksempelvis TA-SCOPE. • Håndholdt instrument til termografering. <p>Entreprenørens testleder er ansvarlig for at medbringe håndholdte instrumenter til testen. Håndholdte instrumenter skal være kalibrerede.</p>
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis følgende vurderes at være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation for indregulering er fyldestgørende og efterviser at krav til indregulering er opfyldt. • Der konstateres overensstemmelse mellem CTS visninger og de under testen udførte kontrolmålinger. • Vandmængder måles inden for en tolerance på $\pm 15\%$ i forhold til projektkrav. • Trykdifferensregulator er justeret, så motorventilen for blandekredsen udnytter sit arbejdsområde, dvs. 70 – 100 % åben motorventil ved fuld vandmængde i kredsen. • Strengreguleringsventiler arbejder inden for deres reguleringsområde. • Korrekt ydelse og afkøling for alle varmegivere og for blandekredsen som helhed ved fuld vandmængde, jævnfør projektmaterialet og forsyningsselskabets forskrifter. • Rumtemperaturer afviger ikke mere end $+1$ °C. • Returtemperaturen ændrer sig kun max. 3 °C når vandmængden halveres i testforløbet ved at lukke for vandstrømmen til hver anden varmegiver.
Testens resultat	<p>Testens resultat, bemærkninger og registreringer indskrives af Bygherres repræsentant i feltet hertil i skemaet til dokumentation. Hvis performancetesten afbrydes og genoptages, skal det også indskrives her. Dermed opstår der en log over testforløbet inkl. eventuelle afvigelser og afsluttende konklusion.</p>
Testindikatorer. Typiske årsager til afvigelser fra forventet resultat	<p>Typiske årsager til afvigelser fra forventet resultat er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falsk klarmelding, dvs. at der indkaldes til performancetest, selvom forudsætningerne ikke er opfyldt. • Indreguleringen er foretaget selvom anlæg er ikke mekanisk komplet. Fejl i montage eller manglende montage af mekaniske komponenter har betydet, at der er blevet indreguleret på et anlæg som ikke er færdigt, hvilket påvirker trykforhold, vandmængder mv. • Fejl i den faste instrumentering, dvs. CTS-anlæg viser værdier som ikke er retvisende. • Anlægget er ikke elektrisk komplet, eksempelvis pga. manglende punktafprøvning. • For lille trykmæssig autoritet over varmegivere.

- Manglende eller fejlagtige forindstillinger ved varmegivere (typisk varmt returløb).
- U hensigtsmæssige (typisk for store) forindstillelige ventiler ved varmegivere.
- For små radiatorer.
- U hensigtsmæssig dimensionering af anlægget.
- Utilsigtede tab i dele af rørsystemet.
- Snavs i ventiler ved varmegivere (trods grundig gennemskylning).
- Luft i systemet (trods grundig udluftning).
- Fejlagtig eller u hensigtsmæssige indstillinger af strengventiler.
- For lille arbejdsområde for motorventil (manglende indstilling af TD-regulator).
- U hensigtsmæssigt pumpetryk eller pumpekarakteristik.

Illustration /
 Vejledende ek-
 sempler fra andre
 byggerier

Herunder er indsat illustrationer som understøtter en forklaring af hvad der testes og hvordan. Illustrationerne er universelle og skal ses som vejledende for byggesagens parter i forhold til at forstå indholdet, metoden og forudsætningerne for denne performancetest.

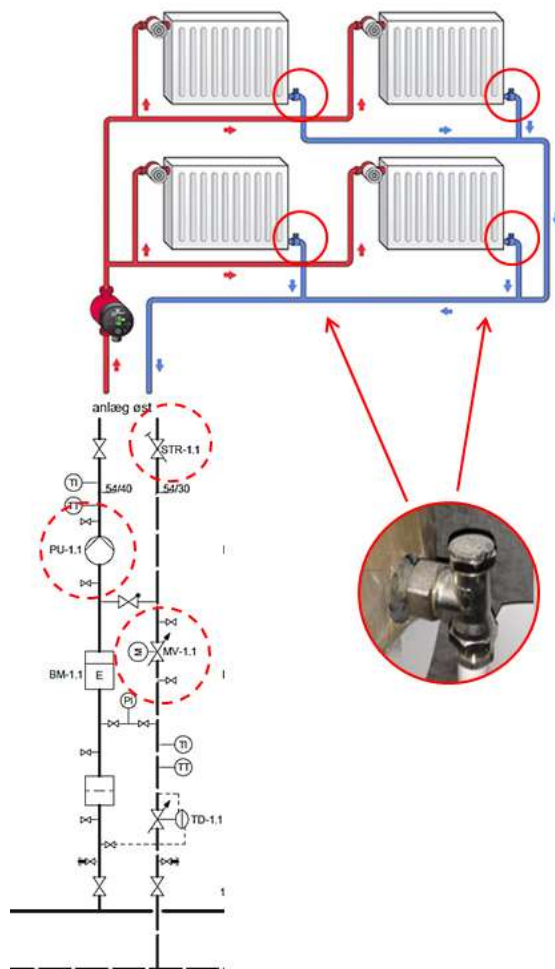


Illustration nr. 1 herover viser et eksempel hvor varmegivere forindstilles via returkoblinger. Forindstillinger kan også sidde i forbindelse med fremløbsventilerne.

Placering : Bygning 3 Varme										
Tegnings ref. 1722-03_K08_H06_EXX_N5601 B										
Dato	Ventil				Tryk	Tryk	Flow			Bemærkning
Dato	Tag. Nr.	Reference	Type & Størrelse	Indstilling	Målt kpa	Projekteret kpa	Målt l/h	Projekteret l/h	Afvigelse %	Væske: Vand
02.01.23	722-03-3-RAD02 FV1	Radiator Anlæg SØ Facade Primær	MSV-BD 50	4	3,73		2876	4651	-38,2	
02.01.23	722-03-3-RAD02 FV2	Radiator Anlæg SØ Facade Sek.	MSV-BD 50	6	2,88		4651	4651	0,0	
02.01.23	722-03-3-RAD01 FV1	Radiator Anlæg NV Facade Primær	MSV-BD 50	2	6,64		1841	2959	-37,8	
02.01.23	722-03-3-RAD01 FV2	Radiator Anlæg NV Facade Sek.	MSV-BD 50	4,5	3,12		3006	2959	1,6	
02.01.23	722-03-3-VEN01 FV1	Varmeflade VEN01 Primær	MSV-BD 40	2	9,47		1613	2600	-38,0	
02.01.23	722-03-3-VEN01 FV2	Varmeflade VEN01 Sek.	MSV-BD 40	4	3,39		2761	2600	6,2	
02.01.23	722-03-3-VEN01 FV2	Varmeflade VEN02 Primær	MSV-BD 32	2	3,45		938	1463	-35,9	
02.01.23	722-03-3-VEN01 FV2	Varmeflade VEN02 Sek.	MSV-BD 32	3	3,09		1491	1462	2,0	
04.01.23	22-03-3-VEN01	Genvinding VEN01	MSV-F2 65	3,5	10,2		8408	8295	1,4	Propylen Glykol 30%
04.01.23	22-03-3-VEN02	Genvinding VEN02	MSV-F2 65	2,5	11		4727	4689	0,8	Propylen Glykol 30%
		722-03-3-RAD02 Radiatorer SØ facade								
08.12.22	722-03-3-RAD02-RMD-01	Måleventil	Danfoss ASV-1dn25	5	3,04		1013	946	7,1	
08.12.22	722-03-3-RAD02-RMD-01	DP regulator	ASV-PV dn 25 S-25 kpa	15	18,1	20				
08.12.22	722-03-3-RAD02-RMD-02	Måleventil	Danfoss ASV-1dn20	3,5	3,48		569	543	4,8	
08.12.22	722-03-3-RAD02-RMD-02	DP regulator	ASV-PV dn 20 S-25 kpa	15	13,7	20				

Illustration nr. 2 herover viser et udsnit af dokumentation for indregulering.

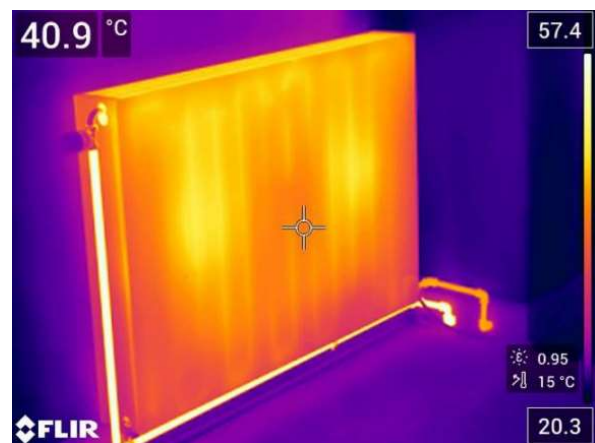


Illustration nr. 3 og 4 herover viser et eksempel på dokumentation for udført performancetest. TA-SCOPE er brugt til selve indreguleringen og bruges igen til de stikprøver som indgår i performancetesten. Et FLIR instrument er brugt til termografering.

Dokumentation for udført performancetest.	
Test nr. og navn	3.B.2. Varme. Kontrol af kapacitet og indregulering
Oplysninger om deltagere i test	Her indskrives navne på dem som deltager i performancetesten. Dette gøres i den detaljerede planlægning umiddelbart før test. <ul style="list-style-type: none"> • Entreprenørens testleder: • Bygherrens repræsentant: • Observatører:
Anlægsnavn / Installation / Lokation	Her indskrives navnet på det/de anlæg eller den lokation som testes. Dette gøres i den detaljerede planlægning umiddelbart før test. <ul style="list-style-type: none"> • Anlægstype: • Anlæg ID.: • Forsyningsområde:
Sted og dato	Her indskrives adresse og lokation på det anlæg eller den lokation som testes. Dette gøres i den detaljerede planlægning umiddelbart før test. <ul style="list-style-type: none"> • Adresse: • Lokation: (f.eks. bygning, etage, rumnummer): • Dato for test:
Testens resultat	Testens resultat, bemærkninger og registreringer indskrives af Bygherrens repræsentant her i dette felt. Hvis performancetesten afbrydes og genoptages, skal det også indskrives her. Dermed opstår der en log over testforløbet inkl. eventuelle afvigelser og afsluttende konklusion. Er testens acceptkriterium opfyldt. Ja/Nej
Referencer	Herunder indsættes links eller tegningsnumre på de projektspecifikke dokumenter som er relevante for denne performancetest. Det kan f.eks. være plantegninger, funktionsbeskrivelser og PI-diagrammer:
Instrumenter	Her indskrives hvilke instrumenter der er brugt samt dato for kalibrering.
Dokumentation	Her indsættes fotos, registreringer og skærmdumps som dokumentation for udført test: