Svensk Ventilation
Bransch i samverkan

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning

Första utgåvan

Publicerad den 10 oktober 2025 av Svensk Ventilation

Svensk Ventilation

Postadress
Box 17154
SE-104 62 Stockholm

Besöks-/Leveransadress
Ringvägen 100
Stockholm

Telefon
08-762 73 60

E-post
info@svenskventilation.se

Hemsida
www.svenskventilation.se

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.

1 Introduktion

Detta dokument anger en provningsmetod för avfrostnings- och frostskyddsfunktionerna hos luftbehandlingsaggregat. Dokumentet definierar dessutom en faktor för den tillskottsvärme som behövs på grund av avfrostning och frostskydd i luft-luftvärmeväxlare i luftbehandlingsaggregat och ger vägledning om hur faktorn kan användas i energiuppskattningsberäkningar. Dokumentet är baserat på, och syftar till att vidareutveckla, SS-EN 13053:2019 Annex A. Termen *frostskydd* betecknar i detta dokument alla system som förebygger eller tar bort frost.

SS-EN 308:2022 anger visserligen metoder för prestandaprovning av luft-luftvärmeväxlare, men saknar provningsmetoder som avspeglar klimat där frost kan bildas, något som ofta ger problem i värmeväxlare i kategori I och II. Frostskydd handlar dessutom inte bara om själva värmeväxlaren utan om hela luftbehandlingsaggregatet.

Metoden är huvudsakligen tillämpbar på luft-luftvärmeväxlare och vätskekopplade värmeväxlare (kategori HRC1 eller HRC2 enligt EN 308:2022) under förhållanden där frost kan uppstå. Särskilt stor nytta kan metoden göra för luftbehandlingsaggregat med passiva värmeväxlare (ej värmepump) som betjänar bostäder med centrala ventilationssystem. Provningen utförs vid specificerade driftpunkter och den resulterande frostskyddsvärmefaktorn kan användas för jämförelser och beräkningar av årlig återvunnen värmeenergi, tillskottsvärmeenergi och maximal värmeeffekt.

2 Påfrysning

När den fuktiga frånluften kommer i kontakt med värmeväxlarytor som har en temperatur under daggpunkten uppstår kondens. Om ytornas temperatur är under noll kommer kondensationen att vara i form av is. Detta inträffar vanligtvis när utomhusluft kallare än -5°C strömmar in i värmeväxlare av ovan nämnda slag.

Ansamlingen av is har två huvudsakliga effekter. Den orsakar ett strömningsmotstånd och därmed ett ökat tryckfall och den minskar värmeväxlingsarean. Dessa två effekter ökar elförbrukningen och försämrar värmeåtervinningen. Graden av påfrysning beror på flera faktorer:

- Värmeväxlarens effektivitet
- Luftflöden och flödesbalans
- Uteluftstemperatur
- Frånluftstemperatur
- Frånluftsfuktighet

Utan något frostskyddssystem kommer värmeväxlaren att bli helt blockerad av is och sluta fungera, så det är viktigt för luftbehandlingsaggregat som arbetar i kalla klimat att ha energieffektiva frostskyddssystem.

3 Frostskyddssystem

Frostskydd kan i princip fungera på två olika sätt: cykliskt eller icke-cykliskt.

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.

3.1 Icke-cykliskt frostskydd

Aggregatet är försett med en kontinuerligt verkande frostskyddsfunktion som stabiliserar eller förebygger frostbildning. Den statiska tryckskillnaden på frånluftssidan förblir oförändrad.

3.2 Cyklisk avfrostning

Aggregatet tillåter frostbildning följt av en avfrostningsperiod. Detta resulterar i en cyklisk ökning/minskning av tryckskillnaden på frånluftssidan.

3.3 Frostskyddsvärmefaktorn

Frostskyddsvärmefaktorn ε_D är en nedjusterad temperaturverkningsgrad där den återvunna värmen har reducerats med den värmeenergi som tillförs eller förloras för att avfrosta eller hålla systemet frostfritt. Frostskyddsvärmefaktorn varierar med temperatur och fukthalt hos aggregatets olika luftströmmar.

Frostskyddsvärmefaktorn definieras i följande ekvation

$$\varepsilon_D = \frac{q_{m,22,mean} * C_p * \left(T_{22,mean} - T_{21,mean}\right) - P_{defr,mean} - P_{fan,mean}}{q_{m,11,mean} * C_p * \left(T_{11,mean} - T_{21,mean}\right)}$$

där

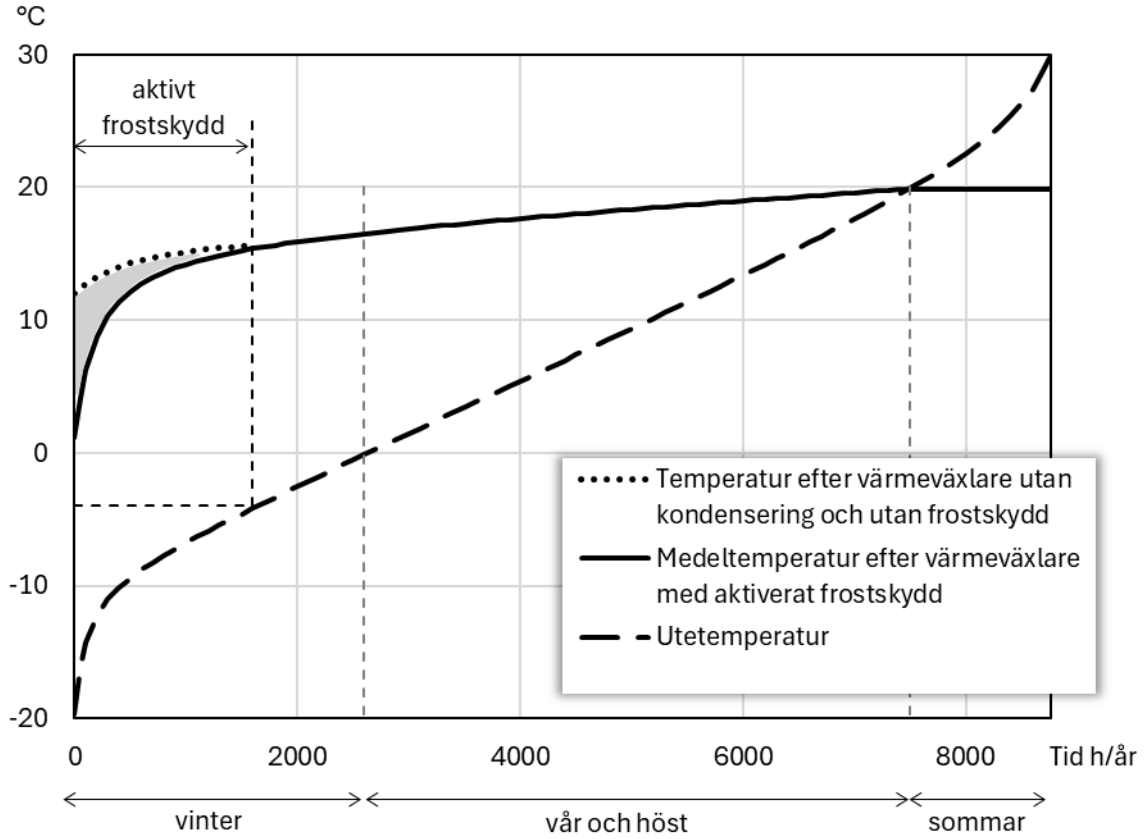
ε_D	är frostskyddsvärmefaktorn, dimensionslös.
$P_{defr,mean}$	är medeleffekten hos den tillsatsvärme som upprätthåller T_{22}, kontinuerligt eller under de fullständiga påfrysnings- och avfrostningscyklerna, uttryckt i Watt.
$P_{fan,mean}$	är fläktvärmens medeleffekt, kontinuerligt eller under de fullständiga påfrysnings- och avfrostningscyklerna, uttryckt i Watt.
c_p	är specifik värmekapacitet, J/kg °C.
q_m	är luftmassflödeshastighet, kg/s.
T	är lufttemperatur.
Indexförklaringar	
22	hänvisar till tilluft i kanal efter fläkten (se figur 3).
11	hänvisar till frånluft (se figur 3).
21	hänvisar till uteluft (se figur 3).
mean	medelvärden, kontinuerligt eller under fullständiga påfrysnings- och avfrostningscykler i mätningen.

Exempel på hur tillsatsvärmeeffekten kan variera under cyklisk påfrysning och avfrostning visas i figur 2. Observera att $P_{defr,mean}$ ska inkludera all värme oavsett var och hur den tillsätts. Vid provning i laboratorium kan $P_{defr,mean}$ vara noll.

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.

3.3.1 Användning av frostskyddsvärmefaktorn

Frostskyddsvärmefaktorn kan användas för att jämföra olika frostskyddssystem. Med hjälp av klimatdata (ortens lufttemperatur och luftfuktighet) kan den även användas för att beräkna den extra värmeenergi som går åt för frostskydd under vintern. Den extra energin kan illustreras i ett varaktighetsdiagram som visas i figur 1.

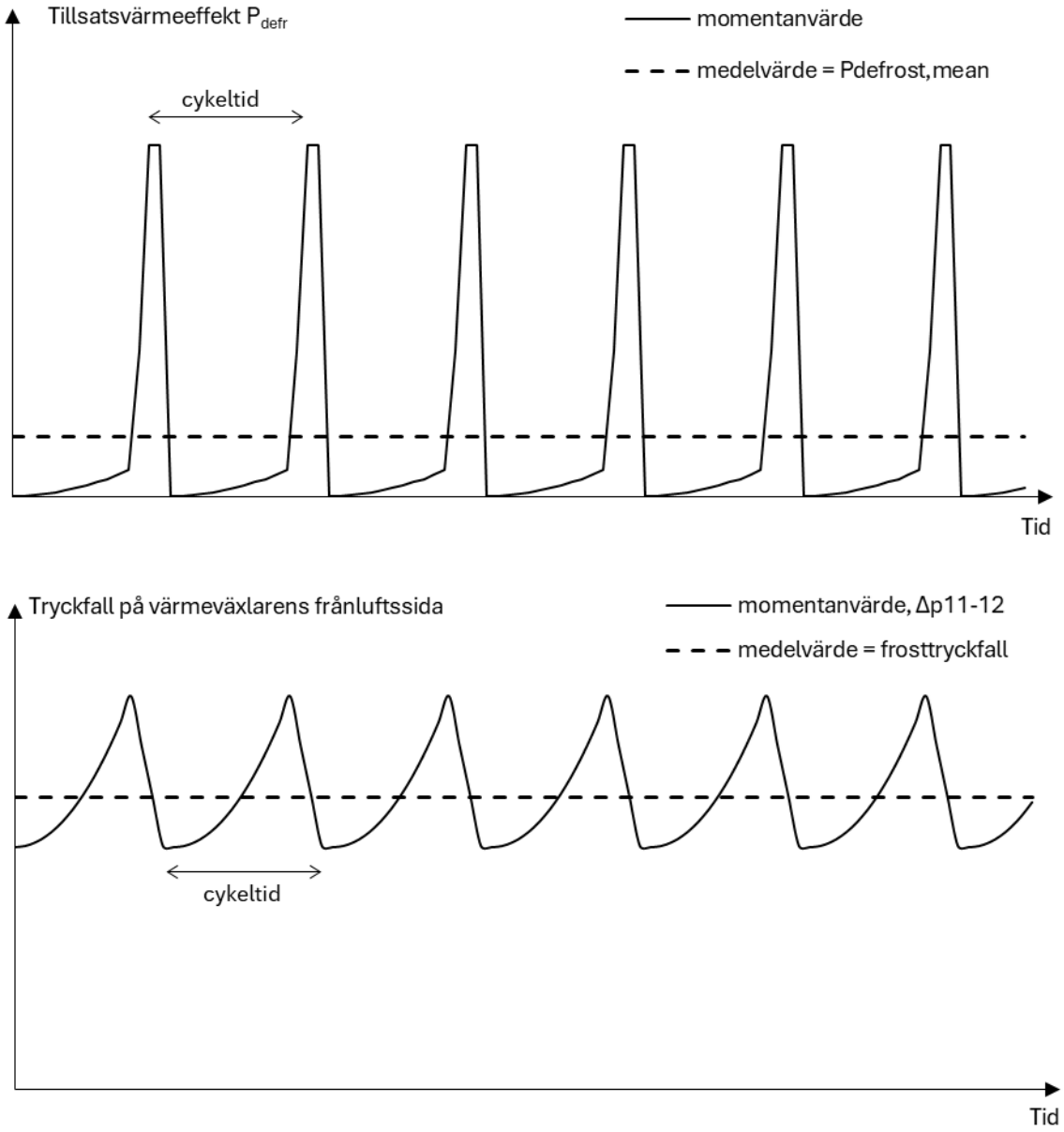


Figur 1. Varaktighetsdiagram som illustrerar frostskyddsvärmeenergin.
Det grå området representerar värmeenergin för frostskydd.

3.4 Frosttryckfall

Frosttryckfallet är relevant för system med cyklisk avfrostning och definieras som medeltryckfallet under påfrysnings- och avfrostningscyklerna. Det ska beräknas från de avläsningar som görs under provningen och används för att beräkna den extra elenergi som fläkten drar under frostskyddssäsongen. Frosttryckfallet varierar med temperatur och fukthalt hos aggregatets olika luftströmmar. Exempel på hur tryckfallet kan variera under cyklisk påfrysning och avfrostning visas i figur 2.

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.



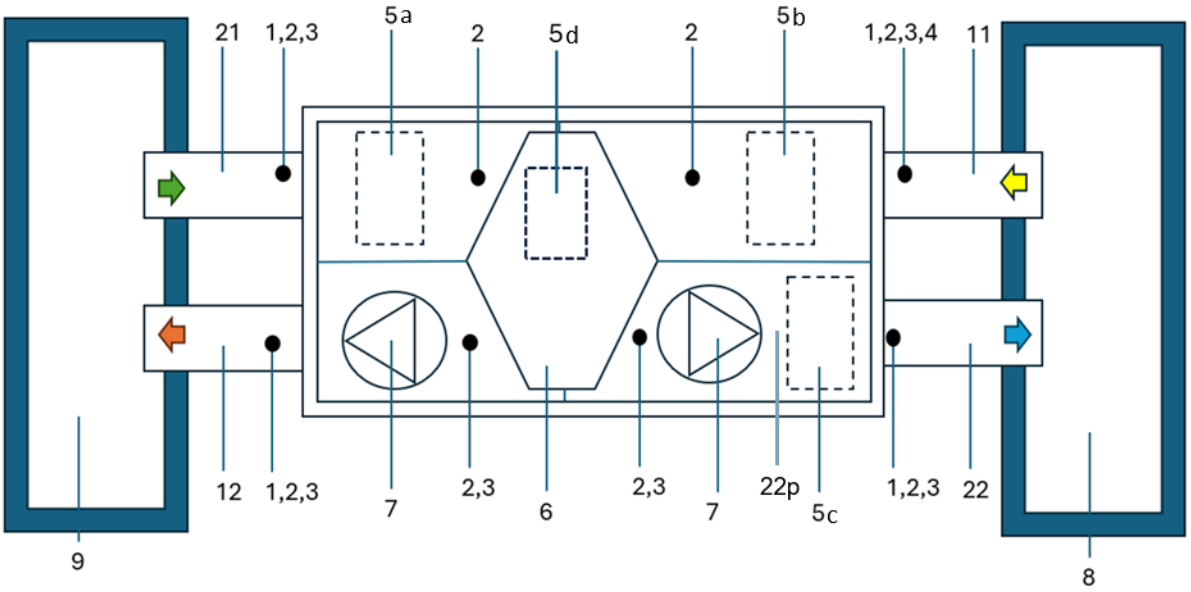
Figur 2. Exempel på tillsatsvärme och tryckfall (variationer och medelvärde) under cyklisk påfrysning och avfrostning.

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.

4 Provning

4.1 Provuppställning

Avsikten med provningen är att simulera frostskydd under förhållanden som liknar verkliga installationer med kall utomhusluft och frånluft med normal rumstemperatur och luftfuktighet. Provobjektet (luftbehandlingsaggregatet) installeras som visas i figur 3 mellan två kammare med kanaler som förbinder alla fyra luftvägarna. Lufttemperaturen och luftfuktigheten i kamrarna hålls vid de specificerade provningsförhållandena. Provobjektet ska drivas med egna fläktar för luftcirkulation och installeras med externa kanaler för att säkerställa att frostskyddsutrustningen fungerar på liknande sätt som i en verklig installation. Den totala externa tryckskillnaden ska vara 150 Pa vid nominellt luftflöde på både tilluftssidan och frånluftssidan. Fläktarna ska styras så att ett konstant luftflöde upprätthålls under hela provningen. Tryckförlusterna för provuppställningens yttre delar ska hållas konstant under provningen, så att endast kondensering eller påfrysning kan påverka tryckökningen över fläktarna. Provobjektets omgivningstemperatur ska vara 21 ± 1 °C.



Teckenförklaring

1	Mätning av luftflöde	11	Frånluft
2	Mätning av statiskt tryck	12	Avluft
3	Mätning av temperatur	21	Uteluft
4	Mätning av fukt	22	Tilluft
5	Tillsatsvärme*	22p	Tilluft som inte är eftervärmd
7	Fläktar	6	Värmeväxlare
9	Uteluftkammare	8	Inomhuskammare

***) Tillsatsvärme för frostskydd**

5a	Förvärmning av uteluften	5b	Uppvärmning av frånluften
5d	Direkt uppvärmning av värmeväxlaren eller värmeväxlingsmedia	5c	Eftervärmning

Figur 3. Provuppställning

4.2 Obligatoriska provningsförhållanden

Provningen syftar till att beskriva hur effektivt värmeåtervinningen och frostskyddet fungerar i kalla klimat. Provningen ska därför kunna ge underlag till en kurva eller ekvation som visar frostskyddsvärmefaktorn som funktion av utetemperaturen. För att kurvan eller ekvationen ska avspegla verkligheten behöver man prova vid minst fem uteluftstemperaturer där det kan bildas frost (lägre än ±0°C). Dessa fem obligatoriska provningspunkter framgår av tabell 1.

Tabell 1. Obligatoriska provningspunkter

Uteluftens temperatur T_{21}	Frånluftens temperatur T_{11}	Frånluftens relativa fukthalt* φ	Frånluftens absoluta fukthalt* x
−3°C	+20°C	36 %	5,2 g/kg
−7°C	+20°C	32 %	4,6 g/kg
−11°C	+20°C	28 %	4,0 g/kg
−15°C	+20°C	26 %	3,8 g/kg
−20°C	+20°C	24 %	3,5 g/kg

*) Fukthalterna i frånluften baseras på nordiskt utomhusklimat och 3 g/kg fukttillskott från verksamheter och personer som vistas i de ventilerade utrymmena.

Om provobjektet är försett med eftervärmningsbatteri (5c) ska tilluftstemperaturen T_{22} vara +20°C.

Utöver temperaturerna och fukthalterna i tabell 1 kan tillverkaren själv välja ytterligare provningspunkter.

4.3 Provningsprocedurer

När så är lämpligt och om inte annat anges i detta dokument ska EN 308 tillämpas. Utöver de tillämpliga kraven i EN 308 ska provningen ske i enlighet med procedurerna nedan.

4.3.1 Total mättid och antal avfrostningscykler

För cykliska avfrostningssystem ska varje provningssekvens omfatta minst 3 avfrostningscykler eller en period på 6 timmar. Datainsamling påbörjas efter en eller flera cykler. Exempel på hur tillsatsvärme och tryckfall kan variera visas i figur 2.

För icke-cykliskt frostskydd ska provtagningen göras under stationära förhållanden, vilket definieras som att temperaturen är stabil med en variation på högst 1°C och att tryckfallet över värmeväxlarens frånluftsdel, $\Delta p_{11\text{-}12}$, inte avviker mer än 5 % från medelvärdet under provningsperioden.

Frostskyddsutrustningens funktion ska kontrolleras vid samtliga driftpunkter enligt tabell 1. Vid provning av cykliska avfrostningssystem får variationen i tryckskillnad $\Delta p_{11\text{-}12}$ mellan enskilda cykler inte överstiga 5 %. Icke-cykliska frostskyddssystem anses uppfylla kraven om de förblir stabila under hela provperioden.

4.3.2 Grundinställning

Utrustningen ska ställas in enligt figur 3. Mätsensorerna ska anslutas till datainsamlingssystem som kan logga data under en sammanhängande period av minst 48 timmar med högst 60 sekunders provtagningsintervall.

Ställ in fläktarna på provningsflödet. Skillnaden mellan tillufts- och frånluftsflöde ska inte vara större än 10 %.

4.3.3 Provning av frostskyddsvärmefaktor och frosttryckfall

Kör utrustningen tills stabila tillstånd observeras i kamrarna. Medelvärdet för temperaturerna i båda kamrarna, T_{11} och T_{21}, ska justeras till inom 1°C från den specificerade provningstemperaturen. Den högsta tillåtna avvikelsen är 1,5°C från medelvärdet under provningsperioden.

Frånluftens fukthalt ska justeras till inom 0,2 g/kg av den specificerade provfukthalten. Den högsta tillåtna avvikelsen är 0,5 g/kg från medelvärdet under provningsperioden.

Alla mätpunkter enligt figur 3 ska mätas och registreras kontinuerligt under hela provningen. Provtagningsintervallet, Δt, får inte överstiga 60 s.

4.3.4 Provning på plats

Provning på plats i den anläggning som aggregatet ska betjäna blir mindre exakt eftersom det är svårt att uppnå stabila tillstånd. Icke desto mindre bör provuppställningen vara densamma men med kamrarna ersatta av den verkliga installationen.

Svensk Ventilation

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.

5 Provningsrapport

Provningsrapporten ska innehålla en beskrivning av provobjektet (värmeväxlaren och frostskyddssystemet). Provobjektets frostskyddsinställningar, inklusive de parametrar som styr frostskyddet, ska tydligt redovisas i rapporten.

Resultat och provningsparametrar enligt tabell 2 ska presenteras i form av

- nominella värden i början av testet,
- medelvärdet under provningen samt,
- diagram som visar parametrarna som funktion av tiden under provningen.

Tabell 2. Resultat och provningsparametrar som ska redovisas.

Symbol	Storhet	Enhet	Redovisning
$q_{m,11}$ $q_{m,11,mean}$	Massflöde frånluft	kg/s	Inställt börvärde, diagram och medelvärde
$q_{m,22}$ $q_{m,22,mean}$	Massflöde tilluft	kg/s	Inställt börvärde, diagram och medelvärde
T_{11} $T_{11,mean}$	Temperatur, frånluft	°C	Inställt börvärde, diagram och medelvärde
T_{21} $T_{21,mean}$	Temperatur uteluft	°C	Inställt börvärde, diagram och medelvärde
T_{22} $T_{22,mean}$	Temperatur, tilluft	°C	Uppmätt
T_{22p} $T_{22p,mean}$	Temperatur, luft nedströms om tilluftsfläkt före eftervärmning	°C	Uppmätt
φ	Fukthalt, frånluft	%	Inställt börvärde, diagram och medelvärde
P_{defr_max}	Maximalt behov av värmeeffekt	kW	Uppmätt
$P_{defr,mean}$	Tillsatsvärme för att undvika avfrostning eller förbygga påfrysing	kW	Beräknat eller uppmätt
$P_{fan,mean}$	Fläktvärmeeffekt	kW	Beräknat eller uppmätt
$P_{eftervärme}$	Värmeeffekt som krävs för att hålla tilluften vid +20°C	kW	Beräknat eller uppmätt
$P_{tillsatsvärme,total}$	$P_{defr} + P_{eftervärme}$ som krävs för att hålla tilluften vid +20°C	kW	Beräknat eller uppmätt
ε_D	Frostskyddsvärmefaktor	-	Beräknat
Δp_{mean}	Frosttryckfall (Genomsnittligt tryckfall under hela cykeln)	Pa	Diagram och medelvärde över samtliga hela provningscykler
Δt	Provtagningsintervall	sekunder	Inställt värde
$t_{c,i}$	Cykeltider för varje cykel	sekunder eller minuter	Uppmätt

Prestanda i kalla klimat hos luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare – vägledning till provning och redovisning.

6 Produktredovisning

Tillverkaren bör i sin produktredovisning ange frostskyddsmetod (cyklisk eller icke-cyklisk) och deklarera frostskyddsprestanda i form av frostskyddsvärmefaktor för var och en av provningstemperaturerna. Om cyklisk avfrostning används bör även frosttryckfall deklareras för var och en av provningstemperaturerna.

7 Referenser

Svensk standard SS-EN 308:2022, *Värmeväxlare – Testförfaranden för att fastställa prestanda på värmeåtervinnare för luft till luft.*

Svensk standard SS-EN 13053:2019 *Luftbehandling – Luftbehandlingsaggregat – Klassificering av och bestämning av prestanda för aggregat, aggregatdelar och komponenter*

8 Om detta dokument

Dokumentet har godkänts av Styrgrupp Produkter. Arbetet har utförts av personer från Svensk Ventilations medlemsföretag och deltagare från BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) och RISE. Följande personer har deltagit i arbetet:

Deltagare från Svensk Ventilations medlemsföretag

Anneli Halfvardsson	Flexit
Mattias Gruber	FläktGroup
Ulf Krantz	FläktGroup
Fredrik.Netz	IV Produkt
Erik Österlund	Svensk Ventilation
William Lawrance	Swegon
Harald Svedung	Östberg

Deltagare utanför Svensk Ventilation

Per Kempe	RISE, representerande BeBo
Svein Ruud	RISE