LUND UNIVERSITY

# Utetemperaturberoende årsenergibehov - Exempeldel

Jensen, Lars

2008

Link to publication

*Citation for published version (APA):*
Jensen, L. (2008). *Utetemperaturberoende årsenergibehov - Exempeldel*. (TVIT; Vol. TVIT-7029). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

*Total number of authors:*
1

**General rights**
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

**Take down policy**
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

# Utetemperaturberoende årsenergibehov

## Exempeldel

*Lars Jensen*

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2008
Rapport TVIT--08/7029

## Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.
Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

# Utetemperaturberoende årsenergibehov

Exempeldel

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2008

ISRN LUTVDG/TVIT--08/7029--SE(32)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

# Innehållsförteckning


| | | |
|---|---|---|
| 1 Inledning och några begrepp | Exempel 1.1-4 | 5 |
| 2 Beräkning med gradtimmar | Exempel 2.1-6 | 7 |
| 3 Beräkning med årsmedeltemperatur | Exempel 3.1-4 | 11 |
| 4 Tillämpning på uppvärmning | Exempel 4.1-11 | 13 |
| 5 Tillämpning på ventilationsvärme | Exempel 5.1-2 | 19 |
| 6 Tillämpning på ventilationskyla | Exempel 6.1-2 | 23 |
| 7 Drifttids- och gradtimmefunktion | Exempel 7.1-4 | 25 |
| Tabellappendix A-F | | 27 |

# 1 Inledning och några begrepp

Denna rapport är en exempeldel till ett kursmaterial, vilket är uppdelat i en teoridel och en exempeldel. Denna uppdelning görs för att vid en tentamens räknedel kunna tillåta viss litteratur utan några genomförda beräkningsexempel.

Teoridelen finns som arbetsrapport TVIT—08/7023, vars beräkningsuttryck refereras här som (n.n). Räkneexemplen följer teoridelens olika avsnitt, vilket framgår av innehållsförteckningen.

En annan arbetsrapport TVIT—08/7027 kommer att behandla olika enkla bygg- och installationstekniska optimeringsfall. Flera exempel bygger för förenklade gradtimme- och drifttidsfunktioner.

## Exempel 1.1

Bestäm drifttiderna $d_t$ för uppvärmning till gränstemperatur $T_g$ = 10 °C och 20 °C för normalårstemperaturen $T_{un}$ = 0 °C och 8 °C.

Beräkningsuttryck (1.6) tillämpas.

| $T_{un}$ °C | $T_g$ °C | $G_t(T_g+1)$ °Ch | $G_t(T_g-1)$ °Ch | $d_t(T_g)$ h |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 10 | 105100 | 91200 | 6950 |
| 8 | 10 | 45400 | 35500 | 4950 |
| 0 | 20 | 185700 | 168700 | 8500 |
| 8 | 20 | 113600 | 97600 | 8000 |

## Exempel 1.2

Beräkna driftiden för gränstemperaturen lika med normalårstemperaturerna för 6, 7 och 8 °C. Drifttiden bör bli lika med 4380 h.

Beräkningsuttryck (1.6) tillämpas.

| $T_{un}$ °C | $T_g$ °C | $G_t(T_g+1)$ °Ch | $G_t(T_g-1)$ °Ch | $d_t(T_g)$ h |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 6 | 38400 | 29700 | 4350 |
| 7 | 7 | 37100 | 28400 | 4350 |
| 8 | 8 | 35500 | 26900 | 4300 |

# Exempel 1.3

Beräkna driftttiden för gränstemperaturen 25 °C och normalårstemperaturen 0, 4 och 8 °C.

Uttryck (1.6) kan inte användas, men skillnaden mellan gradtimmevärdet för 25 °C och för 24 °C används. Detta motsvarar egentligen driftstiden för gränstemperaturen 24.5 °C.

| $T_{un}$ | $T_g$ | $G_t(T_g)$ | $G_t(T_g\text{-}1)$ | $d_t(T_g)$ |
|---|---|---|---|---|
| °C | °C | °Ch | °Ch | h |
| 0 | 25 | 220300 | 211600 | 8700 |
| 4 | 25 | 184000 | 175300 | 8700 |
| 8 | 25 | 147300 | 138700 | 8600 |

Utetemperaturen är sällan över 25 °C och därför blir driftiden nästan lika med årets timantal 8760.

# Exempel 1.4

Beräkna frekvensen $f_h(T)$ enligt (1.7) för $T_{un}$ = 6 °C, $h$ = 1, 2 och 3 °C och gränstemperaturerna $T_g$ = 16 – 19 °C.

| $T$ | $G_t(T)$ | $f_1(T)$ | $f_2(T)$ | $f_3(T)$ |
|---|---|---|---|---|
| °C | °Ch | h/°C | h/°C | h/°C |
| 13 | 71500 | | | |
| 14 | 78000 | 400 | | |
| 15 | 84900 | 200 | 300 | |
| 16 | 92000 | 400 | 300 | 300 |
| 17 | 99500 | 200 | 275 | 256 |
| 18 | 107200 | 300 | 225 | 233 |
| 19 | 115200 | 100 | 175 | 178 |
| 20 | 123300 | 200 | 150 | |
| 21 | 131600 | 100 | | |
| 22 | 140000 | | | |

# 2 Beräkning med gradtimmar

## Exempel 2.1

Beräkna gradtimmar för gränstemperaturen 20 °C och normalårstemperaturen 8 °C för tidsperioderna 00-24, 09-21, 21-09 och 06-18.

Tabell A ger för 00-24 gradtimmevärdet 105500 °Ch.

Tabell C ger för 09-21 gradtimmevärdet 48500 °Ch, vilket är mindre än hälften av heldygnsvärdet ovan.

Skillnaden mellan Tabell A och C ger för 21-09 gradtimmevärdet 57000 °Ch.

Gradtimmevärdet för 06-18 beräknas med (2.7), (2.8) och Tabell A och D. Funktionsvärdet *f(6,18)* blir enligt (2.8) -0.707 och enligt (2.7) fås gradtimmevärdet som:

$$G_{0618} = ((18-6)/24) \cdot 105500 + (-0.707) \cdot 4250 = 49745 \text{ °Ch}$$

Gradtimmar kan skattas förenklat med den första termen i (2.7). vilket är regelrätt tidsproportionering och felet är den andra termen i (2.7). Funktionen *f(a,b)* är alltid absolut mindre än ett. Felete kan därför aldrig bli större än de redovisade gradtimmevärden i Tabell D.

## Exempel 2.2

Beräkna medelövertemperaturen för dygnets varmare halva för hela året och normalårstemperaturen 0, 4 och 8 °C. Antag att drifttiden är 8760 h för gränstemperaturen 25 °C i samtliga fall.

Gradtimmevärdet i Tabell D är inget annat än halva årets timmar 4380 h multiplicerat med den sökta övertemperaturen $\Delta T$ och för de tre fallen fås:

$$\Delta T_8 = 5150/4380 = 1.18 \text{ °C}$$

$$\Delta T_4 = 5100/4380 = 1.16 \text{ °C}$$

$$\Delta T_0 = 5350/4380 = 1.22 \text{ °C}$$

Skillnaderna är små och avrundning av gradtimmevärden i Tabell A till hela hundratal °Ch motsvarar omkring 0.01.

## Exempel 2.3

Skatta utetemperaturens amplitud för en dygnsperiod med antagande om en sinusformad dygnsvariation för hela året och normalårstemperaturen 0, 4 och 8 °C. Antag att drifttiden är 8760 h för gränstemperaturen 25 °C i samtliga fall.

Medelövertemperaturen för en positiv halvperiod kan räknas om till amplituden *dT* med faktorn π/2, vilket ger:

$$dT_8 = \pi\, \Delta T_8/2 = \pi \cdot 1.18/2 = 1.85 \text{ °C}$$

$$dT_4 = \pi\, \Delta T_4/2 = \pi \cdot 1.16/2 = 1.83 \text{ °C}$$

$$dT_0 = \pi\, \Delta T_0/2 = \pi \cdot 1.22/2 = 1.92 \text{ °C}$$

Amplituden är ett medelvärde för alla årets dygn. Klara dygn har mycket stora variationer, medan mulna dygn har mycket små variationer.

## Exempel 2.4

Skatta utetemperaturens amplitud för en årsperiod för normalårstemperaturerna 0, 4 och 8 °C.

Det finns många olika sätt att skatta amplituden för en årsvariation. Antag att skillnaden mellan normalårstemperatur och mediantemperatur kan försummas. Den kalla halvan av året används för att skatta amplituden kring medelvärdet. Amplituden *dT* kan räknas om till en medelundertemperatur för en halvperiod $\Delta T$ med faktorn 2/π. Antalet gradtimmar för den kalla halvan av året kan bestämmas med Tabell A.

$$dT_8 = (\pi/2)\, G_8/4380 = \pi \cdot 31100/8760 = 11.15 \text{ °C}$$

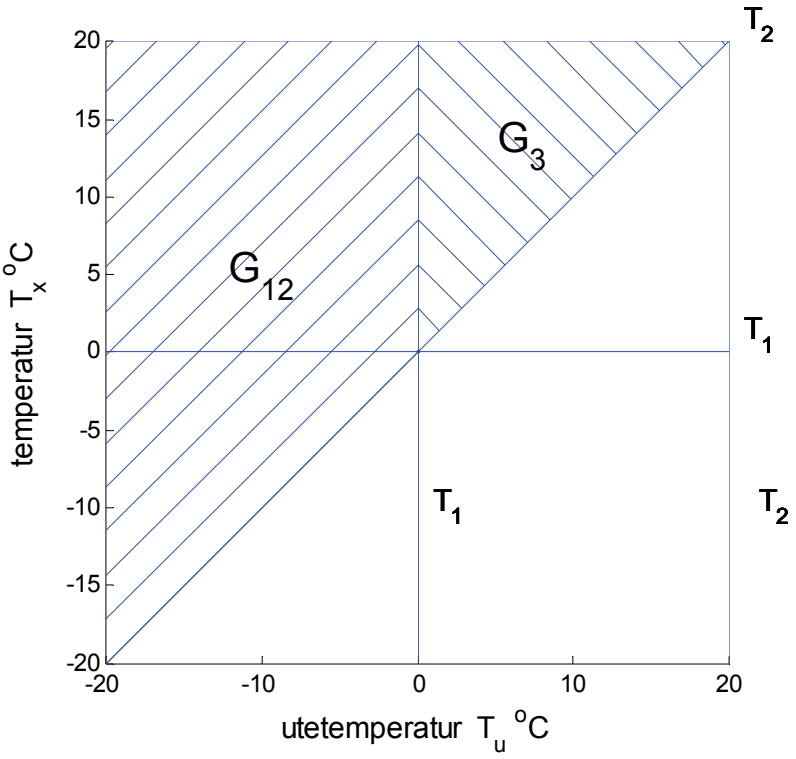
$$dT_4 = (\pi/2)\, G_4/4380 = \pi \cdot 36665/8760 = 13.15 \text{ °C}$$

$$dT_0 = (\pi/2)\, G_0/4380 = \pi \cdot 41853/8760 = 15.01 \text{ °C}$$

Det kallare klimatet är mer kontinentalt med en större årsamplitud jämfört med ett mera maritimt klimat.

# Exempel 2.5

Hur stor del av uppvärmningsbehovet räknat i gradtimmar avser utetemperaturer över 0 °C $G_3$ och under 0 °C $G_{12}$ för gränstemperaturen 20 °C och normalårstemperaturen 8 °C enligt funktionsdiagram nedan.




Beräkning sker med uttrycken (2.9-12). Det totala antalet gradtimmar för gränstemperaturen 20 °C och för 0 °C fås ur Tabell A som:

$$G_{123} = 105500 \text{ °Ch}$$

$$G_1 = 6500 \text{ °Ch}$$

Drifttiden under 0 °C beräknas enligt (1.6) med gradtimmevärden från Tabell A och Tabell B som följer:

$$d_1 = (8460\text{-}4861)/2 = 1800 \text{ h}$$

Det sökta gradtimmevärdet för utetemperaturer under 0 °C fås som:

$$G_{12} = G_1 + (20 - 0)\, d_1 = 6500 + 20 \cdot 1800 = 42500 \text{ °Ch}$$

Det sökta gradtimmevärdet för utetemperaturer över 0 °C fås som:

$$G_3 = G_{123} - G_{12} = 105500 - 42500 = 63000 \text{ °Ch}$$

# Exempel 2.6

Beräkna gradtimmar för gränstemperaturen 20 °C och normalårstemperaturen 8 °C för tidsperioderna 00-18 och 12-06 och 06-12.

Tabell A ger för 00-24 gradtimmevärdet 105500 °Ch.

Gradtimmevärdet för 00-18 beräknas med (2.7), (2.8) och Tabell A och D. Funktionsvärdet *f(0,18)* blir enligt (2.8) noll och enligt (2.7) fås gradtimmevärdet som:

$$G_{0018} = (18/24) \cdot 105500 + 0 \cdot 4250 = 79125 \text{ °Ch}$$

Tidsperioden ligger symmetriskt kring tidpunkter, vars temperatur är lika medeldygnstemperaturer kl 09 och 15.

Gradtimmevärdet för 12-06 beräknas med (2.7), (2.8) och Tabell A och D. Funktionsvärdet *f(12,6)* blir enligt (2.8) noll och enligt (2.7) fås gradtimmevärdet som:

$$G_{1206} = (18/24) \cdot 105500 + 0 \cdot 4250 = 79125 \text{ °Ch}$$

Tidsperioden ligger symmetriskt kring tidpunkter, vars temperatur är lika medeldygnstemperaturer kl 09 och 15.

Gradtimmevärdet för 06-12 beräknas med (2.7), (2.8) och Tabell A och D. Funktionsvärdet *f(6,12)* blir enligt (2.8) noll och enligt (2.7) fås gradtimmevärdet som:

$$G_{0018} = (6/24) \cdot 105500 + 0 \cdot 4250 = 26375 \text{ °Ch}$$

Tidsperioden ligger symmetriskt kring tidpunkter, vars temperatur är lika medeldygnstemperaturer kl 09 och 15.

# 3 Beräkning med årsmedeltemperatur

## Exempel 3.1

Beräkna gradtimmar för värme med årsmedeltemperaturen för gränstemperaturerna 25, 20, 15 och 10 °C och normalårstemperaturen 8 °C. Jämför med tabellerat gradtimmevärde och beräkna fel och relativt fel.

Beräkning sker med (3.1) och med årsmedeltemperatur enligt Tabell E. Resultatet visas nedan.

| $T_g$ °C | $G_m$ °Ch | $G_t$ °Ch | $G_m$ - $G_t$ °Ch | $G_m$ / $G_t$ - 1 - |
|---|---|---|---|---|
| 25 | 146905 | 147300 | -395 | -0.003 |
| 20 | 103105 | 105500 | -2395 | -0.023 |
| 15 | 59305 | 69000 | -9695 | -0.141 |
| 10 | 15505 | 40300 | -24795 | -0.615 |

Siffrorna visar att felet är litet för gränstemperaturer 20 °C och högre. Normalårstemperaturen har också betydelse och den är här den högsta för Sverige.

## Exempel 3.2

Som exempel 3.1 och hur stort blir felet om normalårstemperaturen och mediantemperaturen används i stället för årsmedeltemperaturen.

Temperaturskillnaden är 0.23 °C enligt Tabell E och multiplicerat med årets timmar 8760 h fås gradtimmevärdet 2015 °Ch.

## Exempel 3.3

Beräkna gradtimmar för kyla med årsmedeltemperaturen för gränstemperaturerna 25, 20, 15 och 10 °C och normalårstemperaturen 8 °C.

Gradtimmar för kylbehov beräknas med (3.1) och (3.4) och lika med felet för gradtimmeberäkning med årsmedelvärde enligt (3.1) jämfört med ett exakt gradtimmevärde enligt Tabell A eller B.

Felet finns redan beräknat och redovisat för Exempel 3.1 ovan.

## Exempel 3.4

Beräkna gradtimmar för värme med årsmedeltemperaturen för gränstemperaturerna 25, 20, 15 och 10 °C och normalårstemperaturen 0 °C. Jämför med tabellerat gradtimmevärde och beräkna fel och relativt fel.

Beräkning sker med (3.1) och med årsmedeltemperatur enligt Tabell E. Resultatet visas nedan.

| $T_g$ °C | $G_m$ °Ch | $G_t$ °Ch | $G_m$ - $G_t$ °Ch | $G_m$ / $G_t$ - 1 - |
|---|---|---|---|---|
| 25 | 220402 | 220300 | 102 | 0.001 |
| 20 | 176602 | 177200 | -598 | -0.003 |
| 15 | 132802 | 135700 | 2898 | -0.021 |
| 10 | 89002 | 98000 | 8998 | -0.092 |

Siffrorna visar att felet är litet för gränstemperaturer 20 °C och högre. Normalårstemperaturen har också betydelse. Det relativa felet är mindre än de i Exempel 3.1 med normalårstemperaturen 8 °C.

# 4 Tillämpning på uppvärmning

## Exempel 4.1

Beräkna värmebehovet för ett småhus med $Q_t$ = 83 W/°C, frånluftsventilation med flöde $q$ = 0.035 m³/s, ingen återvinning $v$ = 0 och ständig drift $d$ = 1. Årets normaltemperatur är 2 °C. Gratisvärmetillskottet är 4380 kWh. Innetemperaturen är 21 °C.

Beräkna $Q_v$ enligt (4.2)

$$Q_v = 1200 \cdot 0.035 \cdot (1 - 0) \cdot 1 = 42 \text{ W/°C}$$

Beräkna $Q$ enligt (4.4)

$$Q = 83 + 42 = 125 \text{ W/°C}$$

Beräkna $P_g$ enligt (4.3)

$$P_g = 4380 / 8760 \text{ kW} = 500 \text{ W}$$

Beräkna $T_g$ enligt (4.7)

$$T_g = 21 - 500 / 125 = 17 \text{ °C}$$

Bestäm $G_t$ ur Tabell A för $T_{un}$ = 2°C och $T_g$ = 17 °C, vilket ger

$$G_t = 134100 \text{ °Ch}$$

Beräkna $E$ enligt (4.9)

$$E = 125 \cdot 134100 \text{ Wh} = 16.8 \text{ MWh}$$

## Exempel 4.2

Som exempel 4.1 men gratisvärmeeffekten är fördubblad, dvs $P_g$ = 1000 W.

$$T_g = 21 - 1000 / 125 = 13 \text{ °C}$$

$$G_t = 103100 \text{ °Ch}$$

$$E = 125 \cdot 103100 \text{ Wh} = 12.9 \text{ MWh}$$

## Exempel 4.3

Som exempel 4.1, men förbättrad isolering $Q_t$ = 58 W/°C.

$Q$ = 58 + 42 = 100 W/°C

$T_g$ = 21 - 500 / 100 = 16 °C

$G_t$ = 126100 °Ch

$E$ = 100 · 126100 Wh = 12.6 MWh

Observera att $Q$ minskar med 0.2 mellan exempel 4.1 och 4.3, men att $E$ minskar med 0.25. Detta beror på att om en byggnads egenskaper förändras, då förändras både $Q$ och $T_g$ och därmed också den klimatberoende delen $G_t$. Observera att gränstemperaturen $T_g$ bara ändras om det finns ett gratisvärmetillskott.

## Exempel 4.4

Beräkna hur stor del av gratisvärmetillskottet i exempel 4.1 och 4.2 som nyttiggörs för uppvärmning och ventilation. Det totala värmebehovet fås för gränstemperaturen $T_g$ = 21 °C och för övrigt samma värden som i exempel 4.1.

$G_t$ = 167500 °Ch

$E$ = 125 · 167500 Wh = 20.9 MWh

Utnyttjad gratisvärme är skillnaden mellan bruttovärmebehov och nettovärmebehov för Exempel 4.1 fås 4.1 MWh (20.9-16.8) och för Exempel 4.2 fås 8.0 MWh (20.9-12.9).

Den totala gratisvärmen är något högre än den utnyttjade och är avrundat 4.4 MWh för Exempel 4.1 respektive 8.8 MWh för Exempel 4.2.

Utnyttningsgraden för gratisvärme de två fall beräknas som kvoten mellan utnyttjad gratisvärme och total gratisvärme, vilket blir 0.93 (4.1/4.4) respektive 0.91 (8.0/8.8).

# Exempel 4.5

Beräkna årsvärmebehovet för ventilation för fallet tilluftstemperatur och frånluftstemperatur lika med innetemperatur 20 °C, normalårstemperatur 0 °C och ventilationsflöde 1 m³/s, verkningsgrad 0.5 och drifttid 4380 h. Gratisvärmeeffekten antas vara 2400 W över hela året.

Beräkna $Q_V$ enligt (4.2).

$$Q_V = 1200 \cdot 1 \cdot (1 - 0.5) \cdot 0.5 = 300 \text{ W/°C}$$

Beräkning av gränstemperaturen $T_g$ enligt (4.7) ger:

$$T_g = 20 - 2400 / 300 = 12 \text{ °C}$$

Motsvarande gradtimmar och årsvärmebehov blir

$$G_t = 112400 \text{ °Ch}$$

$$E = 300 \cdot 112400 \text{ Wh} = 33.7 \text{ MW}$$

Beräkning av årsvärmebehov för värme och ventilation enligt (4.1-9) förutsätter att ventilationen räknas om till ett medelflöde över året. Detta kan leda till stora fel. Felet är att gratisvärmen över hela året inte kan tillgodoräknas under ventilationens driftstid. En korrekt beräkning fås genom att beräkna årsvärmebehov för när ventilationen är i drift och icke i drift. Detta genomförs i Exempel 4.6 nedan.

# Exempel 4.6

Dela nu upp beräkningen i drift och icke drift istället. Fallet icke drift kräver ingen värme och gratisvärmetillskottet kan heller inte utnyttjas. Ventilationens förlustfaktor $Q_V$ beräknas för driftsfallet till

$$Q_V = 1200 \cdot 1 \cdot (1 - 0.5) = 600 \text{ W/°C}$$

Motsvarande $T_g$, $G_t$ och $E$ blir

$$T_g = 20 - 2400 / 600 = 16 \text{ °C}$$

$$G_t = 71900 \text{ °Ch} \qquad \text{(för drift halva året)}$$

$$E = 600 \cdot 71900 \text{ Wh} = 43.1 \text{ MWh}$$

Skillnaden mellan de två beräkningssätten är betydande.

# Exempel 4.7

Som exempel 4.5, men hela gratisvärmetillskottet endast under ventilationens drifttid, dvs $P_g$ = 4800 W.

Gränstemperaturen ändras nu för driftfallet till

$T_g$ = 20 - 4800 / 600 = 12 °C

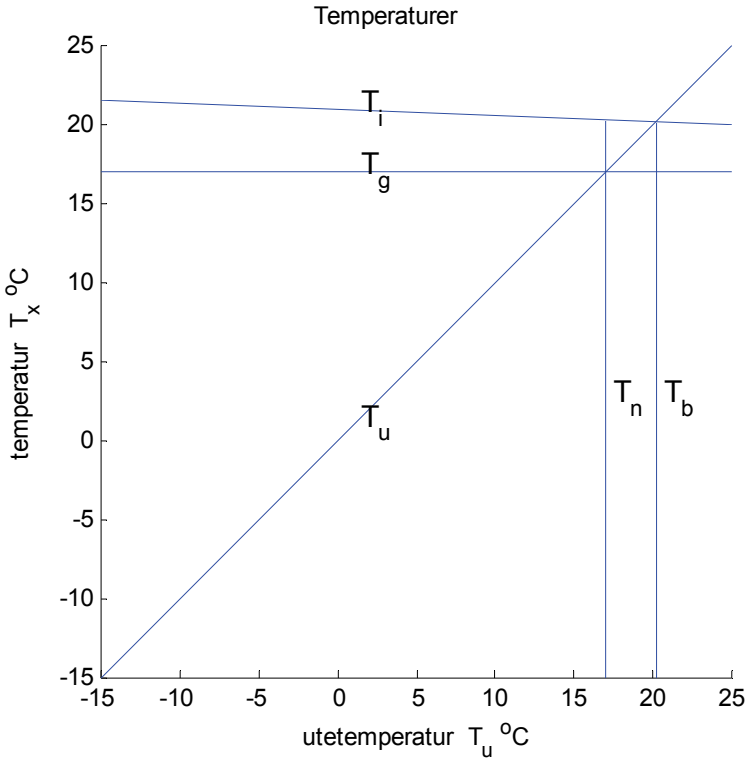
$G_t$ = 56200 °Ch (för drift halva året)

$E$ = 600 · 56200 Wh = 33.7 MWh

Skillnaden är nu noll mellan de två fallen eftersom samma gratisvärme utnyttjas lika mycket.

# Exempel 4.8

Som exempel 4.1 med utetemperaturberoende innetemperatur $T_i$ = 21 - 0.04 $T_u$ och gratisvärmetillskott $P_g$ = 500 - 5 $T_u$.



Beräkning sker med uttrycken (4.10-18).

$$g = 1 - (- 0.04) + (- 5) / 125 = 1.0$$

$$T_g = ( 21 - 500 / 125 ) / 1.0 = 17 \text{ °C}$$

$$E = 125 \cdot 1 \cdot 134100 \text{ Wh} = 16.8 \text{ MWh}$$

Resultatet är lika med det i exempel 4.1, eftersom gratisvärmetillskottet och innetemperaturen passar varandra. Den normala beräkningen enligt (4.1-9) innebär att parametern *g*=1. Detta är fallet och gränstemperaturerna är lika.

## Exempel 4.9

Beräkna årsvärmebehovet för en byggnad med Q=600 W/°C, en konstant innetemperatur 30 °C, inget gratisvärmetillskott och normalårstemperaturen 6 °C.

Högsta gränstemperatur i Tabell A är 25 °C. Använd årsmedeltemperaturen i Tabell C istället. Felet är kylbehov över 30 °C, vilket är försumbart.

$$E = 600 \cdot 8760 \cdot ( 30 - 6.12 ) \text{ Wh} = 125.5 \text{ MWh}$$

## Exempel 4.10

Beräkna årskylbehovet för en byggnad med Q=600 W/°C, en konstant innetemperatur -30 °C, inget gratisvärmetillskott och normalårstemperaturen 6 °C.

Lägsta gränstemperatur i Tabell B är -25 °C. Använd årsmedeltemperaturen i Tabell C istället. Felet är värmebehov under -30 °C, vilket är noll redan för gränstemperaturen -15 °C enligt gradtimmevärdena i Tabell B.

$$E = 600 \cdot 8760 \cdot ( 6.12 - (-30)) \text{ Wh} = 189.8 \text{ MWh}$$

# Exempel 4.11

Beräkna årsvärmebehovet för en byggnad utan gratisvärmetillskott med Q=100 W/°C, innetemperatur 10 °C högre än utetemperaturen för att undvika kondens. Normalårstemperaturen är 6 °C.

Beräkningsuttrycken (4.10-15), vilka gäller för ett fall med utetemperatur-beroende innetemperatur, kan inte användas för detta särfall med en innetemperatur lika med utetemperaturen bortsett från en konstant.

Rättfram beräkning utan användande av formler och gradtimmetabeller ger:

$$E = 100 \cdot 8760 \cdot 10 \text{ Wh} = 8.76 \text{ MWh}$$

Korrektionsfaktorn $g_b$ blir lika med noll och gränstemperaturen $T_b$ blir oändlig enligt uttrycken (4.14-15). Det går dock att genomföra en enkel limesanalys när korrektionsfaktor $g_b$ gåt mot noll.

Gradtimmevärdet ökar linjär för stora gränstemperaturer multiplicerat med årets timmar 8760 bortsett från någon konstant $k$. Energiberäkningen enligt (4.12) kan för små $g_b$ skrivas som:

$$E = Q\, g_b\, (\, 8760\, T_{i0} / g_b + k\,) \qquad \text{(Wh)}$$

Omskrivning ger och limesövergång ger:

$$E = Q\, 8760\, T_{i0} \qquad \text{(Wh)}$$

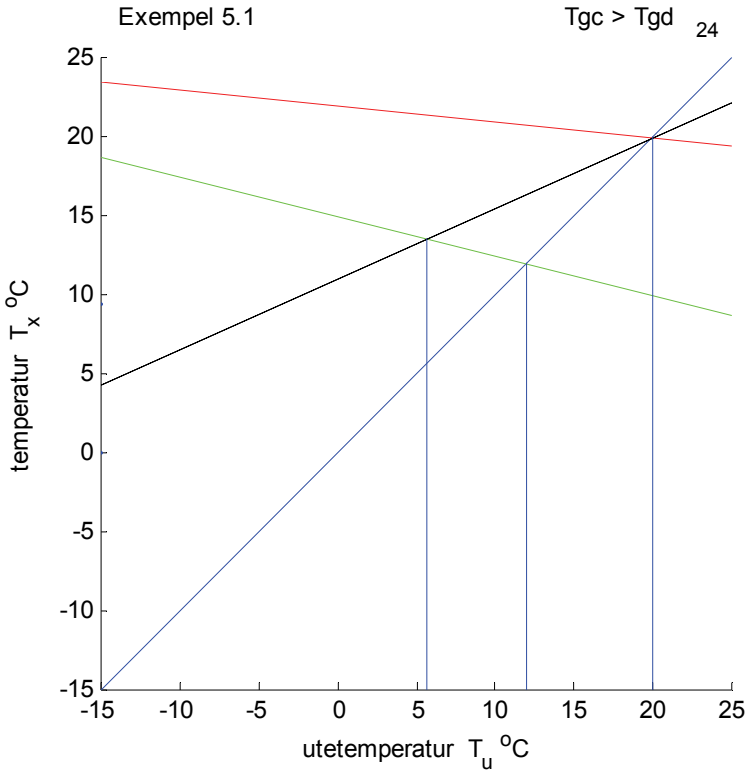
Gradtimmevärdet för det aktuella fallet blir därför:

$$G_t = 8760\, T_{i0} \qquad \text{(ºCh)}$$

# 5 Tillämpning på ventilationsvärme

## Exempel 5.1

Beräkna årsvärmebehovet för de tre fallen *a, b* och *c* för $v$ = 0.5, $T_{un}$ = 0 °C, ständig drift med flödet 1 m³/s, frånluftstemperaturen $T_f$ = 22 - 0.1 $T_u$ och tilluftstemperaturen $T_t$ = 15 - 0.25 $T_u$. Beräkna även bortbegränsad värmeåtervinning som gradtimmar för $T_{ab}$ = 0 °C och för $v$ = 0.5. Funktionsdiagram redovisas nedan och notera att återvunnen tillufttemperatur och avlufttemperatur samman-faller, eftersom temperaturverkningsgraden är 0.5.




Fall *a* beräknas med (5.1) och faktor $g_a$ och gränstemperatur $T_{ga}$ enligt Tabell 5.2.

$$g_a = 1 - (-0.1) = 1.1$$

$$T_{ga} = 22 / 1.1 = 20 \text{ °C}$$

$$E_a = 1200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 \cdot 177200 \text{ Wh} = 233.9 \text{ MWh}$$

Fall *b* beräknas med (5.1) och faktor $g_b$ och gränstemperatur $T_{gb}$ enligt Tabell 5.2.

$g_b = 1 - (-0.25) = 1.25$

$T_{gb} = 15 / 1.25 = 12$ °C

$E_b = 1200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 112400$ Wh = 168.6 MWh

Fall *c* beräknas med (5.1) och faktor $g_c$ och gränstemperatur $T_{gc}$ enligt Tabell 5.2.

$g_c = 1 - 0.5 - (- 0.25) + 0.5 \cdot (- 0.1) = 0.7$

$T_{gc} = (15 - 0.5 \cdot 22) / 0.7 = 5.7$ °C

$E_c = 1200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.7 \cdot 70000$ Wh = 58.8 MWh

Fall *d* beräknas med (5.1) och faktor $g_d$ och gränstemperatur $T_{gd}$ enligt Tabell 5.2.

$g_d = 0.5 + (1 - 0.5) - 0.1 = 0.45$

$T_{gd} = (0 - (1 - 0.5) \cdot 22) / 0.45 = -24.4$ °C

Kravet $T_{gc} > T_{gd}$ är uppfyllt och fall *e* behöver inte beräknas.

$E_d = 1200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.45 \cdot 121$ Wh = 0.06 MWh

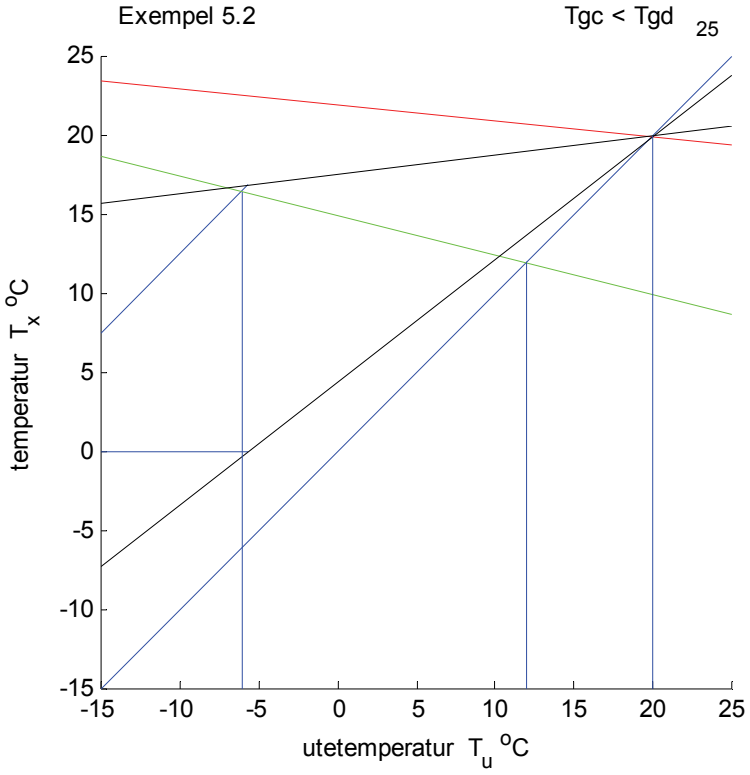
$E_e = 58.8 + 0.06 = 58.9$ MWh

Den återvunna energin beräknas som tilluftsvärmebehovet fall *b* minskat med all tillsatsvärme fall *e*, vilket blir följande:

$E_{å} = 168.6 - 58.9 = 109.7$ MWh

# Exempel 5.2

Beräkna bortbegränsad värmeåtervinning för samma fall som i exempel 5.1 för $T_{ab}$ = 0 °C och för $v$ = 0.8. Observera att fall *c* och *d* måste räknas om då $v$ = 0.8. Funktionsdiagram redovisas nedan.




Fall *c* beräknas med (5.1) och faktor $g_c$ och gränstemperatur $T_{gc}$ enligt Tabell 5.2.

$g_c$ = 1 - 0.8 - (- 0.25) + 0.8 · (- 0.1) = 0.37

$T_{gc}$ = (15 - 0.8 · 22) / 0.37 = -7.0 °C

$E_c$ = 1200 · 1 · 1 · 0.37 · 17946 Wh = 8.0 MWh

Fall *d* beräknas med (5.1) och faktor $g_d$ och gränstemperatur $T_{gd}$ enligt Tabell 5.2.

$g_d$ = 0.8 + (1 - 0.8) - 0.1 = 0.78

$T_{gd}$ = (0 - (1 - 0.8) · 22) / 0.78 = -5.6 °C

$E_d$ = 1200 · 1 · 1 · 0.78 · 21800 Wh = 20.4 MWh

Kravet $T_{gc} > T_{gd}$ är inte uppfyllt och fall *e* måste beräknas, men energin för fall e beräknas ändå för jämförelsens skull.

$E_e$ = 8.0 + 20.4 = 28.4 MWh (felaktig)

$E_{å}$ = 168.6 -28.4 = 140.2 MWh (felaktig)

Fall *e* beräknas med (5.1) och faktor $g_e$ och gränstemperatur $T_{ge}$ enligt Tabell 5.2.

$g_e$ = 1 - 0.1 - (- 0.25) = 1.15

$T_{ge}$ = (15 - 22 + 0 ) / 1.15 = -6.1 °C

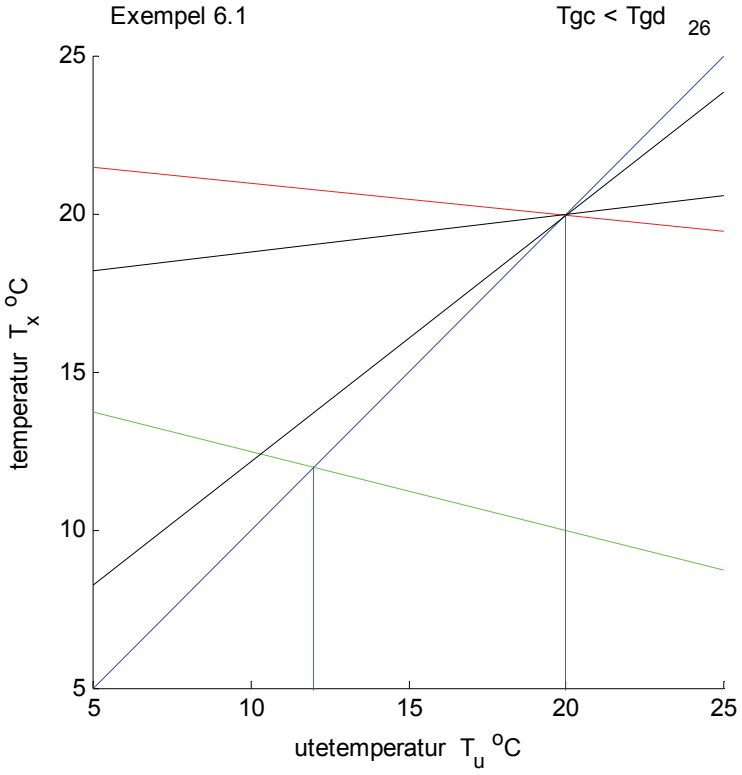
$E_e$ = 1200 · 1 · 1 · 1.15 · 20338 Wh = 28.1 MWh

Notera att skillnaden är i detta fall liten 0.3 MWh mellan den korrekta beräkningen enligt fall *e* och den felaktiga enligt summan av fall *c* och *d*. Notera att gränstemperaturen för fall *e* ligger mellan fall *d* och *c*.

# 6 Tillämpning på ventilationskyla

## Exempel 6.1

Beräkna kylbehovet för tilluften med samma förutsättningar som i exempel 5.2, men med konstant tillufttemperatur om 12 °C. Beräkningsfall *g* skall tillämpas och gradtimmar för kylbehov beräknas enligt (3.3) och (3.4).




Fall *g* beräknas med (5.1) och faktor $g_g$ och gränstemperatur $T_{gg}$ enligt Tabell 6.2.

$$g_g = 0.0 - 1 = -1.0$$

$$T_{gg} = -12 / (-1.0) = 12 \text{ °C}$$

$$G_{t-} = 8760 \cdot ( 12 - (-0.16) ) - 112\,400 = -5878 \text{ °Ch}$$

$$E_g = 1200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (-1.0) \cdot (-5878) \text{ Wh} = 7.1 \text{ MWh}$$

Kylbehovet kan jämföras med tilluftens värmebehov beräknat som fall *b* i exempel 5.1 till 168.6 MWh varav återvinningen täcker större delen och kvar blir det egentliga värmebehovet beräknats som fall *e* i exempel 5.2 till 28.1 MWh.

# Exempel 6.2

Beräkna återvunnet kylbehovet för tilluften med samma förutsättningar som i exempel 5.2. Beräkningsfall *h* skall tillämpas och gradtimmar för kylbehov beräknas enligt (3.3) och (3.4).

Fall *h* beräknas med (5.1) och faktor $g_h$ och gränstemperatur $T_{gh}$ enligt Tabell 6.2.

$$g_h = 0.8 \cdot ( - 0.1 - 1 ) = -0.88$$

$$T_{gh} = - 0.8 \cdot 22 / (- 0.88) = 20 \text{ °C}$$

$$G_{t-} = 8760 \cdot ( 20 - (- 0.16 ))- 177\,200 = - 598 \text{ °Ch}$$

$$E_h = 1200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (- 0.88) \cdot (- 598) \text{ Wh} = 0.6 \text{ MWh}$$

Den återvunna kylan ur frånluften är liten.

# 7 Drifttids- och gradtimmefunktion

## Exempel 7.1

Bestäm en drifttidsfunktion enligt (7.2) och en gradtimmefunktion enligt (7.3) för normalårstemperaturen 8 °C och dess temperaturintervall. Utnyttja att normalårstemperaturen är lika mediantemperaturen, vilket ger:

$$4380 = f\,(\,8 - T_{min}\,) \qquad \text{(h)}$$

$$31100 = f\,(\,8 - T_{min}\,)^2 / 2 \qquad \text{(°Ch)}$$

Division av (7.3) med (7.2) ger efter omskrivning

$$T_{min} = 8 - 2 \cdot 31100 / 4380 = -6.2\ °C$$

Insättning av $T_{min}$ i (7.2) ger $f$ = 308.4 h/°C.

Ytterligare insättning av $T_{min}$ och $f$ i (7.1) ger $T_{max}$ = 22.2 °C.

Detta resultat stämmer också med de framräknade värdena i Tabell F.1.

## Exempel 7.2

Kontrollera gradtimmefunktionen från exempel 7.1 för gränstemperaturerna 5, 10, 15 och 20 °C.

| $T_g$ °C | tabell °Ch | funktion °Ch | fel °C | relativt fel |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 19500 | 19348 | -152 | -0.0077 |
| 10 | 40300 | 40476 | 176 | 0.0044 |
| 15 | 69000 | 69317 | 317 | 0.0046 |
| 20 | 105500 | 105867 | 367 | 0.0035 |

Beräknade fel är mindre än en procent. Felet kan bli betydande när gränstemperaturen $T_g$ ligger utanför intervallet ($T_{min}$,$T_{max}$). Den övre gränsen är för detta fall 22.20 °C.

Den förenklade drifttidsfunktionen enligt (7.2) blir helt orimlig utanför intervallet ($T_{min}$,$T_{max}$) mindre än 0 h eller större än 8760 h.

## Exempel 7.3

Kontrollera gradtimmefunktionen från exempel 7.1 för gränstemperaturen 25 °C utan att ta hänsyn till definitionsintervallet för den förenklade gradtimmefunktionen.

| $T_g$ °C | tabell °Ch | funktion °Ch | fel °C | relativt fel |
|---|---|---|---|---|
| 25 | 147300 | 150104 | 2804 | 0.019 |

Beräknade fel är mindre än 0.02. Felet kan bli betydande när gränstemperaturen $T_g$ ligger utanför intervallet ($T_{min}$, $T_{max}$). Den övre gränsen är 22.20 °C.

## Exempel 7.4

Kontrollera gradtimmefunktionen från exempel 7.1 för gränstemperaturen 25 °C och ta hänsyn till definitionsintervallet för den förenklade gradtimmefunktionen.

Beräkna först gradtimmevärdet för den övre gränsen 22.2 °C och därefter den resterande delen med driftid 8760 h och avsluta med att summera delarna enligt sammanställning nedan.

| $T_g$ °C | tabell °Ch | funktion °Ch | fel °C | relativt fel |
|---|---|---|---|---|
| 22.2 | 123580 | 124372 | 792 | 0.006 |
| 25-22.2 | 23720 | 24528 | 808 | 0.034 |
| 25 | 147300 | 148900 | 1600 | 0.011 |

Beräknade fel är mindre än i exempel 7.3.

# Tabellappendix A-F

Detta appendix innehåller åtta olika tabeller, varav fyra anger olika gradtimmevärden. Gradtimmetabellerna är hämtade från VVS-handboken Tabeller och diagram (1974). Alla gradtimmetabeller har gränstemperaturen $T_g$ som y-axel. Samtliga tabeller har normalårstemperaturen $T_{un}$ eller mediantemperaturen som x-axel.

Tabellvärden från VVS-handbokens tabell 7:30,1 och 7.34,1 har sorten kJh/kg luft år som kan sättas lika med °Ch, eftersom specifika värmet för luft kan sättas till 1000 J/kgK.

Sammanställningen nedan visar vilka tabeller som redovisas i vilken följd och deras ursprung. Tabell A och B är en tabell som delats i två halvor. Tabellvärden för gränstemperaturer från 5 till 25 ºC är hämtade från VVS-handbokens Tabell 7:30,1 och de är avrundade till hela hundratal, medan resterande tabellvärden har beräknats från varaktighetskurvor i VVS-handboken 7:28,1 och redovisas utan någon avrundning.

| Tabell | Typ | | Ursprung |
|---|---|---|---|
| A | ºCh-tabell | $G_{0024}$ | VVS-handboken 7:30,1 tabell |
| B | ºCh-tabell | $G_{0024}$ | VVS-handboken 7:28,1 diagram |
| C | ºCh-tabell | $G_{0921}$ | VVS-handboken 7:34,1 tabell |
| D | ºCh-tabell | $G_{+}$ | beräknad enligt (2.7) med Tabell A och C |
| E | årsmedeltemperatur | | beräknad med Tabell A och VVS-handboken 7:31,1 tabell |
| F.1 | frekvensfunktion $f$ | | beräknad (7.4) |
| F.2 | frekvensfunktion $f_{min}$ $f_{max}$ | | beräknad (7.4-5) |
| F.3 | frekvensfunktion $f_{mix}$ | | beräknad (7.4-5) |

# Tabell A Gradtimmar °Ch $G_{0024}$ för hela dygnet 0-25 ºC

| $T_g$ | $T_{un}$ °C | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| °C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 25 | 238900 | 229400 | 220300 | 211200 | 202000 | 192900 | 184000 | 174900 | 165600 | 156800 | 147300 |
| 24 | 230100 | 220600 | 211600 | 202500 | 193300 | 184200 | 175300 | 166300 | 157000 | 148300 | 138700 |
| 23 | 221400 | 211900 | 202900 | 193800 | 184600 | 175600 | 166700 | 157700 | 148500 | 139800 | 130300 |
| 22 | 212750 | 203200 | 194300 | 185200 | 176000 | 167000 | 158200 | 149200 | 140000 | 131300 | 121900 |
| 21 | 204100 | 194600 | 185700 | 176600 | 167500 | 158600 | 149700 | 140800 | 131600 | 123000 | 113600 |
| 20 | 195500 | 186100 | 177200 | 168100 | 159000 | 150100 | 141300 | 132400 | 123300 | 114800 | 105500 |
| 19 | 187000 | 177600 | 168700 | 159700 | 150600 | 141800 | 133000 | 124200 | 115200 | 106700 | 97600 |
| 18 | 178500 | 169200 | 160300 | 151300 | 142300 | 133600 | 124900 | 116100 | 107200 | 98900 | 90000 |
| 17 | 170100 | 160800 | 152000 | 143100 | 134100 | 125400 | 116800 | 108200 | 99500 | 91400 | 82700 |
| 16 | 161700 | 152500 | 143800 | 135000 | 126100 | 117500 | 109000 | 100500 | 92000 | 84200 | 75700 |
| 15 | 153500 | 144300 | 135700 | 127000 | 118200 | 109700 | 101400 | 93200 | 84900 | 77200 | 69000 |
| 14 | 145400 | 136300 | 127700 | 119200 | 110500 | 102300 | 94100 | 86100 | 78000 | 70600 | 62700 |
| 13 | 137400 | 128400 | 120000 | 111500 | 103100 | 95000 | 87100 | 79300 | 71500 | 64300 | 56600 |
| 12 | 129600 | 120800 | 112400 | 104200 | 96000 | 88000 | 80300 | 72700 | 65200 | 58200 | 50900 |
| 11 | 121900 | 113300 | 105100 | 97000 | 89000 | 81400 | 73900 | 66500 | 59300 | 52500 | 45400 |
| 10 | 114500 | 106000 | 98000 | 90100 | 82400 | 74900 | 67700 | 60600 | 53600 | 47100 | 40300 |
| 9 | 107200 | 99000 | 91200 | 83500 | 76000 | 68800 | 61800 | 54900 | 48200 | 42000 | 35500 |
| 8 | 100200 | 92200 | 84600 | 77200 | 69900 | 62900 | 56200 | 49600 | 43200 | 37100 | 31100 |
| 7 | 93500 | 85800 | 78300 | 71100 | 64100 | 57400 | 50800 | 44500 | 38400 | 32600 | 26900 |
| 6 | 87000 | 79500 | 72300 | 65300 | 58500 | 52000 | 45800 | 39700 | 33900 | 28400 | 23000 |
| 5 | 80750 | 73500 | 66500 | 59700 | 53200 | 47000 | 41000 | 35200 | 29700 | 24500 | 19500 |
| 4 | 74773 | 67794 | 61066 | 54537 | 48310 | 42382 | 36655 | 31129 | 25904 | 20980 | 16260 |
| 3 | 69043 | 62338 | 55884 | 49631 | 43680 | 38030 | 32582 | 27337 | 22397 | 17763 | 13340 |
| 2 | 63560 | 57131 | 50955 | 44981 | 39310 | 33942 | 28780 | 23824 | 19178 | 14847 | 10740 |
| 1 | 58323 | 52174 | 46278 | 40586 | 35200 | 30120 | 25248 | 20590 | 16248 | 12233 | 8460 |
| 0 | 53333 | 47466 | 41853 | 36447 | 31350 | 26562 | 21988 | 17634 | 13607 | 9920 | 6500 |

## Tabell B Gradtimmar $G_{0024}$ °Ch för hela dygnet -25- 0 ºC

| $T_g$ | $T_{un}$ °C | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| °C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 53333 | 47466 | 41853 | 36447 | 31350 | 26562 | 21988 | 17634 | 13607 | 9920 | 6500 |
| -1 | 48590 | 43007 | 37681 | 32565 | 27760 | 23270 | 19000 | 14957 | 11254 | 7910 | 4861 |
| -2 | 44093 | 38797 | 33761 | 28937 | 24430 | 20242 | 16282 | 12559 | 9190 | 6191 | 3523 |
| -3 | 39843 | 34837 | 30093 | 25566 | 21360 | 17480 | 13835 | 10440 | 7400 | 4742 | 2457 |
| -4 | 35840 | 31126 | 26678 | 22451 | 18550 | 14982 | 11660 | 8582 | 5860 | 3539 | 1631 |
| -5 | 32083 | 27664 | 23515 | 19591 | 16000 | 12749 | 9736 | 6959 | 4549 | 2558 | 1014 |
| -6 | 28573 | 24451 | 20604 | 16987 | 13710 | 10763 | 8037 | 5555 | 3450 | 1778 | 577 |
| -7 | 25310 | 21488 | 17946 | 14639 | 11661 | 8994 | 6548 | 4353 | 2544 | 1175 | 287 |
| -8 | 22293 | 18774 | 15540 | 12530 | 9827 | 7430 | 5255 | 3339 | 1813 | 727 | 116 |
| -9 | 19523 | 16310 | 13369 | 10633 | 8197 | 6059 | 4145 | 2496 | 1237 | 410 | 31 |
| -10 | 17000 | 14080 | 11411 | 8938 | 6757 | 4868 | 3203 | 1808 | 798 | 202 | 2 |
| -11 | 14711 | 12063 | 9654 | 7434 | 5497 | 3844 | 2416 | 1260 | 477 | 79 | 0 |
| -12 | 12637 | 10248 | 8087 | 6108 | 4404 | 2975 | 1770 | 836 | 257 | 20 | 0 |
| -13 | 10768 | 8626 | 6700 | 4951 | 3467 | 2248 | 1250 | 519 | 117 | 1 | 0 |
| -14 | 9093 | 7184 | 5481 | 3949 | 2673 | 1650 | 844 | 295 | 40 | 0 | 0 |
| -15 | 7602 | 5913 | 4420 | 3093 | 2010 | 1169 | 537 | 146 | 7 | 0 | 0 |
| -16 | 6283 | 4801 | 3505 | 2370 | 1467 | 792 | 315 | 59 | 0 | 0 | 0 |
| -17 | 5126 | 3838 | 2726 | 1770 | 1032 | 506 | 164 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| -18 | 4121 | 3013 | 2072 | 1281 | 693 | 299 | 72 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| -19 | 3256 | 2316 | 1532 | 891 | 437 | 157 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -20 | 2522 | 1736 | 1095 | 590 | 254 | 70 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -21 | 1907 | 1261 | 750 | 365 | 131 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -22 | 1402 | 882 | 487 | 206 | 55 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -23 | 994 | 588 | 293 | 102 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -24 | 675 | 368 | 159 | 40 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -25 | 432 | 211 | 74 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

## Tabell C Gradtimmar $G_{0921}$ °Ch för kl 09-21 5-25 ºC

| $T_g$ | $T_{un}$ °C | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| °C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 25 | 114000 | 109400 | 104800 | 100400 | 95700 | 91300 | 86900 | 82300 | 77700 | 73200 | 68500 |
| 24 | 109700 | 105100 | 100500 | 96100 | 91400 | 87000 | 82600 | 78000 | 73400 | 69000 | 64300 |
| 23 | 105400 | 100800 | 96200 | 91800 | 87100 | 82700 | 78400 | 73800 | 69300 | 64800 | 60200 |
| 22 | 10100 | 96500 | 91900 | 87500 | 82900 | 78500 | 74200 | 69600 | 65100 | 60800 | 56200 |
| 21 | 96800 | 92200 | 87700 | 83300 | 78700 | 74300 | 70000 | 65500 | 61100 | 56800 | 52300 |
| 20 | 92600 | 88000 | 83500 | 79200 | 74600 | 70200 | 66000 | 61500 | 57200 | 52900 | 48500 |
| 19 | 88400 | 83900 | 79400 | 75100 | 70500 | 66200 | 62000 | 57600 | 53300 | 49100 | 44900 |
| 18 | 84300 | 79800 | 75300 | 71000 | 66500 | 62300 | 58100 | 53800 | 49600 | 45600 | 41400 |
| 17 | 80200 | 75800 | 71300 | 67100 | 62600 | 58500 | 54400 | 50100 | 46000 | 42100 | 38100 |
| 16 | 76200 | 71800 | 67400 | 63200 | 58800 | 54700 | 50700 | 46600 | 42600 | 38800 | 34900 |
| 15 | 72200 | 67900 | 63600 | 59400 | 55100 | 51100 | 47200 | 43200 | 39300 | 35600 | 31800 |
| 14 | 68400 | 64100 | 59800 | 55800 | 51500 | 47600 | 43700 | 39900 | 36100 | 32600 | 28900 |
| 13 | 64600 | 60400 | 56200 | 52200 | 48000 | 44200 | 40500 | 36700 | 33100 | 29600 | 26100 |
| 12 | 60900 | 56700 | 52600 | 48700 | 44700 | 40900 | 37300 | 33700 | 30200 | 26900 | 23500 |
| 11 | 57300 | 53200 | 49200 | 45400 | 41600 | 37800 | 34300 | 30800 | 27400 | 24200 | 21000 |
| 10 | 53800 | 49800 | 45900 | 42200 | 38400 | 34800 | 31400 | 28100 | 24800 | 21700 | 18700 |
| 9 | 50400 | 46500 | 42700 | 39100 | 35500 | 32000 | 28700 | 25400 | 22300 | 19400 | 16400 |
| 8 | 47100 | 43300 | 39600 | 36100 | 32600 | 29200 | 26100 | 23000 | 20000 | 17200 | 14400 |
| 7 | 44000 | 40300 | 36700 | 33300 | 29900 | 26600 | 23600 | 20600 | 17700 | 15000 | 12400 |
| 6 | 40900 | 37300 | 33800 | 30500 | 27300 | 24200 | 21200 | 18400 | 15600 | 13100 | 10700 |
| 5 | 38000 | 34500 | 31100 | 27900 | 24800 | 21800 | 19000 | 16300 | 13700 | 11300 | 9000 |

# Tabell D Gradtimmar $G_+$ °Ch enligt (2.7) 5-25 ºC

| $T_g$ | $T_{un}$ °C | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| °C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 25 | 5450 | 5300 | 5350 | 5200 | 5300 | 5150 | 5100 | 5150 | 5100 | 5200 | 5150 |
| 24 | 5350 | 5200 | 5300 | 5150 | 4750 | 5100 | 5050 | 5150 | 5100 | 5150 | 5050 |
| 23 | 5300 | 5150 | 5250 | 5100 | 5200 | 5100 | 4950 | 5050 | 4950 | 5100 | 4950 |
| 22 | 5375 | 5100 | 5250 | 5100 | 5100 | 5000 | 4900 | 5000 | 4900 | 4850 | 4750 |
| 21 | 5250 | 5100 | 5150 | 5000 | 5050 | 5000 | 4850 | 4900 | 4700 | 4700 | 4500 |
| 20 | 5150 | 5050 | 5100 | 4850 | 4900 | 4850 | 4650 | 4700 | 4450 | 4500 | 4250 |
| 19 | 5100 | 4900 | 4950 | 4750 | 4800 | 4700 | 4500 | 4500 | 4300 | 4250 | 3900 |
| 18 | 4950 | 4800 | 4850 | 4650 | 4650 | 4500 | 4350 | 4250 | 4000 | 3850 | 3600 |
| 17 | 4850 | 4600 | 4700 | 4450 | 4450 | 4200 | 4000 | 4000 | 3750 | 3600 | 3250 |
| 16 | 4650 | 4450 | 4500 | 4300 | 4250 | 4050 | 3800 | 3650 | 3400 | 3300 | 2950 |
| 15 | 4550 | 4250 | 4250 | 4100 | 4000 | 3750 | 3500 | 3400 | 3150 | 3000 | 2700 |
| 14 | 4300 | 4050 | 4050 | 3800 | 3750 | 3550 | 3350 | 3150 | 2900 | 2700 | 2450 |
| 13 | 4100 | 3800 | 3800 | 3550 | 3550 | 3300 | 3050 | 2950 | 2650 | 2550 | 2200 |
| 12 | 3900 | 3700 | 3600 | 3400 | 3300 | 3100 | 2850 | 2650 | 2400 | 2200 | 1950 |
| 11 | 3650 | 3450 | 3350 | 3100 | 2900 | 2900 | 2650 | 2450 | 2250 | 2050 | 1700 |
| 10 | 3450 | 3200 | 3100 | 2850 | 2800 | 2650 | 2450 | 2200 | 2000 | 1850 | 1450 |
| 9 | 3200 | 3000 | 2900 | 2650 | 2500 | 2400 | 2200 | 2050 | 1800 | 1600 | 1350 |
| 8 | 3000 | 2800 | 2700 | 2500 | 2350 | 2250 | 2000 | 1800 | 1600 | 1350 | 1150 |
| 7 | 2750 | 2600 | 2450 | 2250 | 2150 | 2100 | 1800 | 1650 | 1500 | 1300 | 1050 |
| 6 | 2600 | 2450 | 2350 | 2150 | 1950 | 1800 | 1700 | 1450 | 1350 | 1100 | 800 |
| 5 | 2375 | 2250 | 2150 | 1950 | 1800 | 1700 | 1500 | 1300 | 1150 | 950 | 750 |

## Tabell E Beräknad årsmedeltemperatur $T_{um}$ °C

| $T_{un}$ °C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{um}$ °C | -2.27 | -1.19 | -0.16 | 0.89 | 1.95 | 2.98 | 4.00 | 5.04 | 6.12 | 7.12 | 8.23 |

## Tabell F.1 Förenklad frekvensfunktion enligt (7.4)

| $T_{un}$ °C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{min}$ °C | -22.13 | -20.64 | -19.11 | -17.53 | -15.95 | -14.37 | -12.74 | -11.07 | -9.48 | -7.89 | -6.20 |
| $T_{max}$ °C | 18.13 | 18.64 | 19.11 | 19.53 | 19.95 | 20.37 | 20.74 | 21.07 | 21.48 | 21.89 | 22.20 |
| $f$ h/°C | 217.54 | 223.04 | 229.19 | 236.34 | 244.01 | 252.23 | 261.69 | 272.51 | 282.96 | 294.24 | 308.43 |

## Tabell F.2 Förenklad frekvensfunktion enligt (7.4-5)

| $T_{un}$°C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{min}$ °C | -22.13 | -20.64 | -19.11 | -17.53 | -15.95 | -14.37 | -12.74 | -11.07 | -9.48 | -7.89 | -6.20 |
| $T_{max}$ °C | 17.05 | 17.88 | 18.47 | 19.09 | 19.75 | 20.29 | 20.74 | 21.23 | 21.96 | 22.37 | 23.12 |
| $f_{min}$ h/°C | 217.54 | 223.04 | 229.19 | 236.34 | 244.01 | 252.23 | 261.69 | 272.51 | 282.96 | 294.24 | 308.43 |
| $f_{max}$ h/°C | 229.88 | 232.02 | 237.13 | 242.09 | 246.76 | 253.39 | 261.69 | 269.82 | 274.45 | 285.05 | 289.67 |

## Tabell F.3 Förenklad frekvensfunktion enligt (7.4-5)

| $T_{un}$°C | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{min}$ °C | -22.13 | -20.64 | -19.11 | -17.53 | -15.95 | -14.37 | -12.74 | -11.07 | -9.48 | -7.89 | -6.20 |
| $T_{max}$ °C | 17.05 | 17.88 | 18.47 | 19.09 | 19.75 | 20.29 | 20.74 | 21.23 | 21.96 | 22.37 | 23.12 |
| $f_{mix}$ h/°C | 223.54 | 227.44 | 233.09 | 239.18 | 245.38 | 252.81 | 261.69 | 271.16 | 274.45 | 285.05 | 298.75 |