LUND UNIVERSITY

Dimensionerande lägsta utetemperatur

Jensen, Lars

2011

Link to publication

Citation for published version (APA):
Jensen, L. (2011). *Dimensionerande lägsta utetemperatur*. (TVIT; Vol. TVIT-7064). 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

Dimensionerande lägsta utetemperatur

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2011
Rapport TVIT--11/7064

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.

Dimensionerande lägsta utetemperatur

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2011
ISRN LUTVDG/TVIT--11/7064--SE(31)

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

Innehållsförteckning

1 Inledning och problemställning 5

2 Varaktighet för filtrerad utetemperatur 7

3 Varaktighet för modellerad innetemperatur 13

4 Lägsta utetemperatur för given varaktighet och innetemperatur 19

5 Ekonomisk lägsta utetemperatur för given innetemperatur 25

6 Avslutning och slutsatser 31

1 Inledning och problemställning

Syftet med denna arbetsrapport är att undersöka hur lägsta utetemperatur för uppvärmning av byggnader kan bestämmas med klimatdata och vilka krav som skall tillämpas och vilka andra förutsättningar och avgränsningar som skall gälla.

Undersökning förenklas genom att utesluta solinstrålning med motiveringen att vintertid står den lågt och kan därför skuggas bort helt eller delvis samt att soltiden är kort vintertid.

Utetemperaturens tidsvariation kan till en del dämpas ut av byggnadens termiska tröghet. Ett enkelt sätt att undersöka den termiska tröghetens betydelse för den dimensionerande utetemperaturen är beräkna varaktigheten för olika tidskonstanter. Den beräknade varaktigheten för en viss utetemperatur kan tolkas som den varaktighet som fås för innetemperaturen om värmesystemet är dimensionerat för den valda utetemperaturen och att värmesystemet tillförs dimensionerande värmeeffekt kontinuerligt. Denna övervärmning medför att varaktigheten underskattas. Beräkningsmetodens resultatet redovisas i avsnitt 2.

Den dimensionerande lägsta utetemperaturen bestämmer tillsammans med innetemperatur och byggnadens termiska egenskaper den dimensionerande effekten. Denna effekt överskrids i princip för temperaturstyrda uppvärmningssystem, när innetemperatur är lägre än den nominella under förutsättning att uppvärmningssystemets framledningstemperatur är den samma. Denna bonuseffekt kommer inte att tas med.

Kraven som skall uppfyllas kan utformas på ett flertal sätt. Ett enkelt krav är att innetemperaturen endast får vara lägre än den nominella under en begränsad tid under ett år. Kravet kan ses som onödigt hårt, eftersom allra minsta underskridande skall beaktas.

Ett bättre krav kan vara att använda en lägre innetemperatur till exempel 18 °C, gränsen för sanitär olägenhet dagtid. Nästa steg är att bestämma ett tidskrav för hur ofta den valda toleransgränsen för innetemperaturen får underskridas. En varaktighet på 0.01 motsvarar 3.65 dygn på ett år, vilket passar bra med definitionen av sanitär olägenhet som anger några dygn i följd. Resultat för detta beräkningskrav redovisas i avsnitt 3.

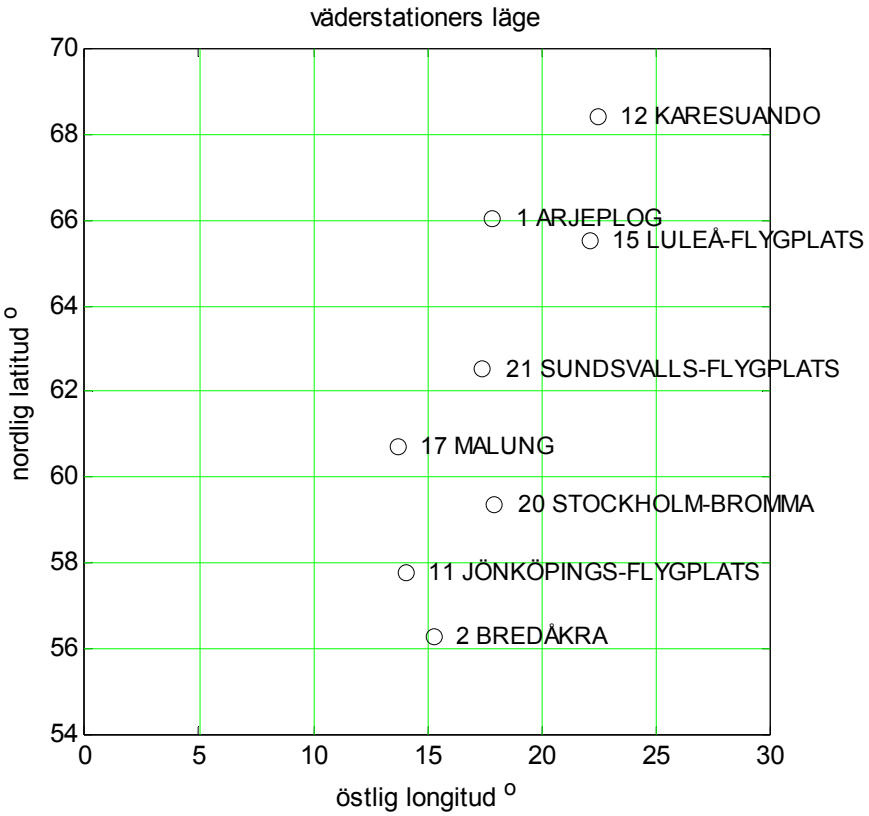
Tidskravet eller varaktighetskravet 0.01 bestämt med mätdata för n år kan skrivas som $0.01n$ av n år. Detta kan innebära att det kan i princip finnas en längre sammanhängande extrem köldperiod som kan ha längden $3.65n$ dygn. Om antalet mätdataår är minst tio, kan kravet 0.01 dölja en köldperiod med längden 36.5 dygn, vilket nog upplevs besvärligare än ett flertal kortare köldknäppar med samma summerade längd.

Det går att ställa kravet att toleransgränsen endast får underskridas under en begränsad sammanhängande tid till exempel 3.65 dygn eller något liknande. Resultat för detta beräkningskrav redovisas i avsnitt 4.

Kravet att en varaktighet skall uppfyllas, innebär att det görs en värdering av vad som kan anses tillåtet. Kravet på sanitär olägenhet är ett sådant krav. Kravet kan sägas vara ensidigt där endast olägenhetens varaktighet beaktas och inte vad detta innebär för uppvärmningssystemets kostnad. Det är dock möjligt att ekonomiskt väga samman kostnaden för uppvärmningssystemet och olägenheten. Resultat för detta beräkningskrav redovisas i avsnitt 5.

Denna sista metod utgår enbart från uppvärmningssystemets marginalkostnad, men trots att den påverkas av andra val som klimatskalets och ventilationssystemets termiska egenskaper. En fullständigare minimering av kostnaden kan därför vara att även väga in dessa delars kostnader. Det går att gå ännu längre genom att minimera totalkostnaden för olägenhet, dimensionerande effekt och energiåtgång.

Klimatdata från SMHI för åtta olika orter jämt fördelade över Sverige med latituder och longituder enligt Figur 1.1. Mätdata omfattar åren 1961-2008 med mätta värden för kl 06, 12 och 18 samt från dygnsmedelvärden framräknat värde för kl 24.



Figur 1.1 Latituder och longituder för åtta valda orter.

En enkel dynamisk modell för 1 m^2 golvyta används för att beskriva innetemperaturen och den termiska massans temperatur med en värmekonduktans mellan ute och inne Q_{ui} = 0.4 W/Km^2 samt en värmekonduktans mellan inne och den termiska massan Q_{im} = 2 W/Km^2. Den totala konduktansen mellan ute och den termiska massan är Q_{um} = 1/3 W/Km^2. Modellen har två tidskonstanter den normala yttre T_y = C/Q_{um} s och den inre T_i = C/Q_{im} s.Den inre tidskonstanten är 1/5-del av den yttre. Den yttre tidskonstanten gäller för temperaturförlopp under den önskade innetemperaturen, medan den inre endast för den termiska massans temperaturförlopp, när innetemperaturen är den önskade nominella 20 °C.

2 Varaktighet för filterad utetemperatur

En enkel metod är att beräkna varaktigheten för en filtrerad utetemperatur. Detta underskattar varaktigheten, eftersom beräkningen motsvarar ett fall med konstant högsta dimensionerande uppvärmning med övervärmning som följd, vilket minskar inverkan av extrema utetemperaturer. Den nominella innetemperaturen är 20 °C.

Dygnsmedelvärden för åtta orter och åren 1961-2008 har bearbetats genom att beräkna lägsta utetemperatur utan och med filtrering som funktion av varaktighet. Den yttre tidskonstanten har varit 1, 2, 5 och 10 dygn. Fallet utan filtrering ger utetemperaturen direkt.

Resultatet visas i Figur 2.1-8 för de åtta orterna med samma temperatur och y-axel (-40,0) °C. Varaktigheten och x-axeln omfattar endast (0,0.01) eller 1/100-del av ett år (knappt fyra dygn). Linjer för varaktigheterna för tidskonstanterna 1, 2, 5 och 10 dygn redovisas i Figur 2.1-8.

Stationernas höjd över havet, årsmedeltemperatur, årsmediantemperatur och mätdatatillgängligheten redovisas ner till höger i varje diagram.

Fyra olika avläsningar har sammanställts i Tabell 2.1-4 för varaktigheten 0.001, 0.002, 0.005 respektive 0.010 för den yttre tidskonstanten lika med 1, 2, 5 och 10 dygn.

Antalet dygn för åren 1961-2008 är 17532. Detta innebär att varaktigheten 0.001 motsvarar avrundat högst 18 dygn.

De tabellerade värdena i Tabell 2.1-4 visar att för varaktigheten 0.001, Bredåkra och tidskonstanterna 1 och 10 dygn blir den dimensionerande utetemperaturen -13.0 °C respektive -8.6 °C. Detta är en underskattning av varaktigheten jämfört med ett fall där ingen övervärmning sker, vilket kommer att behandlas i följande avsnitt.

Tabell 2.1 Lägsta filtrerad utetemperatur med varaktighet 0.001

nr	station	Figur	0 dygn	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	2.1	-14.2	-13.0	-11.8	-10.0	-8.6
11	Jönköping	2.2	-19.4	-18.3	-17.0	-14.6	-12.9
20	Stockholm	2.3	-19.2	-18.0	-16.7	-15.0	-13.1
17	Malung	2.4	-28.8	-26.7	-24.5	-21.8	-19.4
21	Sundsvall	2.5	-27.5	-25.7	-23.8	-21.1	-19.5
15	Luleå	2.6	-30.5	-28.2	-26.3	-24.1	-22.7
1	Arjeplog	2.7	-35.1	-32.7	-30.5	-27.8	-25.2
12	Karesuando	2.8	-36.7	-34.3	-32.6	-29.0	-26.9

Tabell 2.2 Lägsta filtrerad utetemperatur med varaktighet 0.002

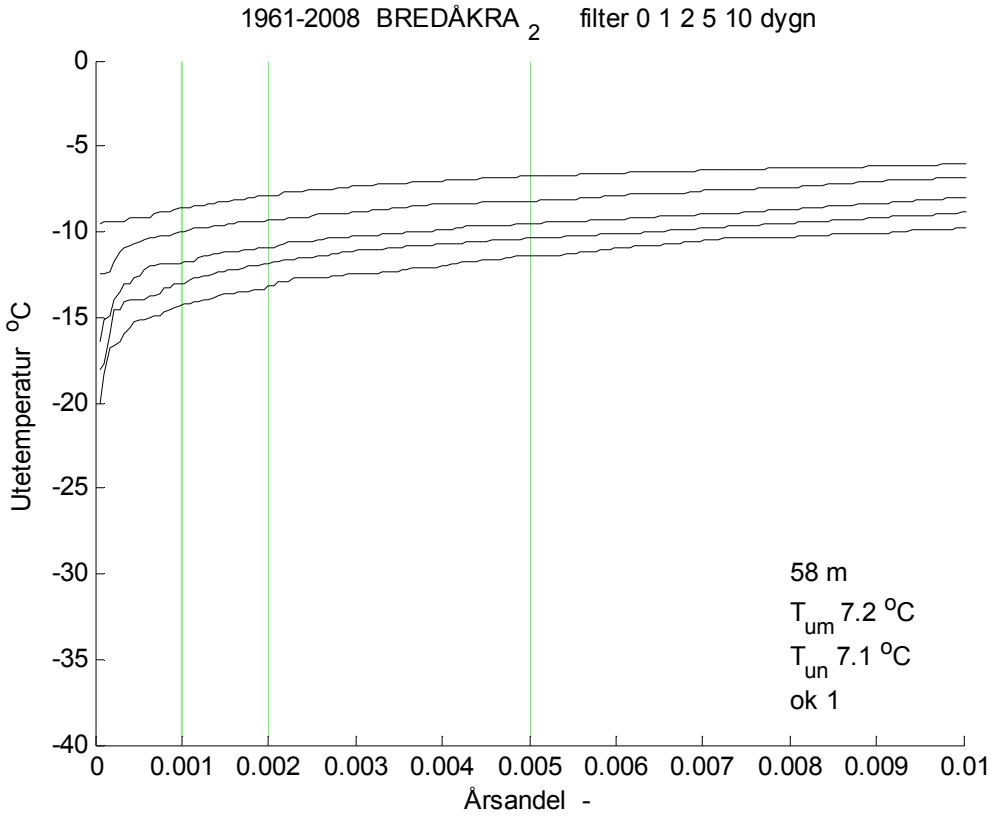
nr	station	Figur	0 dygn	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	2.1	-13.2	-11.8	-11.0	-9.3	-7.9
11	Jönköping	2.2	-18.2	-16.4	-15.4	-13.6	-11.8
20	Stockholm	2.3	-17.8	-16.5	-15.5	-13.5	-12.1
17	Malung	2.4	-27.6	-25.4	-23.6	-21.0	-18.7
21	Sundsvall	2.5	-26.0	-24.3	-22.3	-20.1	-17.9
15	Luleå	2.6	-28.5	-27.1	-25.2	-23.0	-21.3
1	Arjeplog	2.7	-33.2	-31.2	-29.4	-26.5	-24.0
12	Karesuando	2.8	-35.3	-33.4	-31.5	-27.8	-25.7

Tabell 2.3 Lägsta filtrerad utetemperatur med varaktighet 0.005

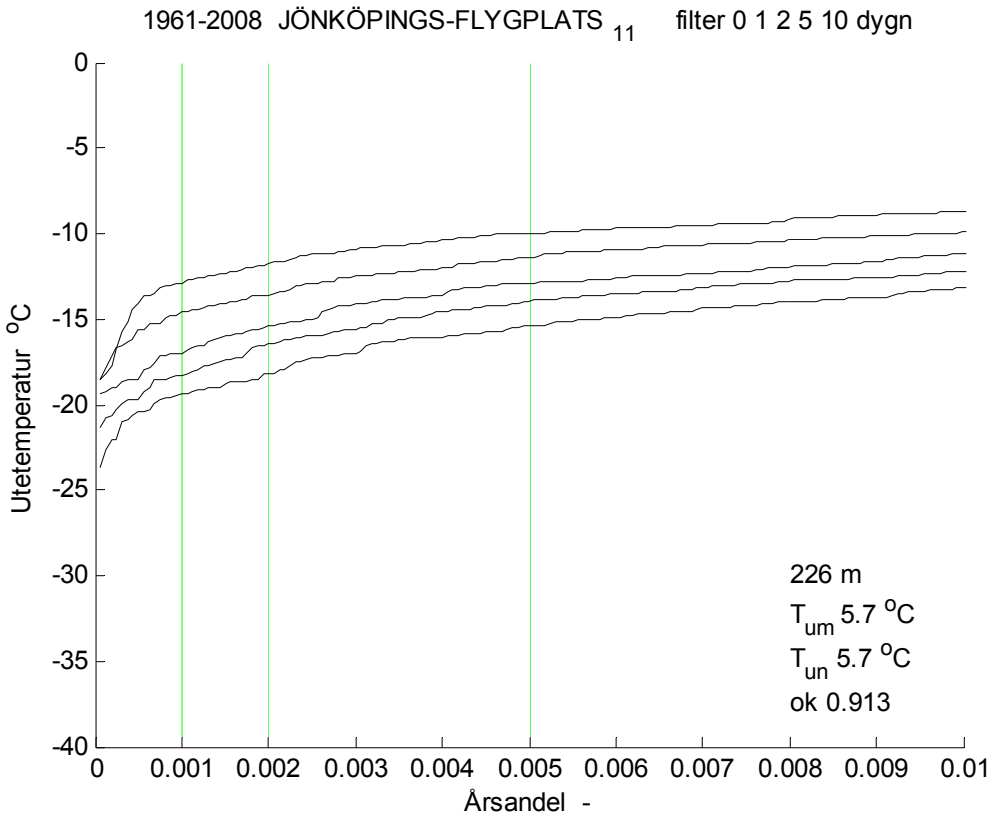
nr	station	Figur	0 dygn	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	2.1	-11.4	-10.4	-9.5	-8.2	-6.8
11	Jönköping	2.2	-15.4	-14.0	-12.9	-11.4	-10.0
20	Stockholm	2.3	-15.6	-14.4	-13.2	-11.7	-10.1
17	Malung	2.4	-25.2	-23.4	-21.8	-19.3	-17.1
21	Sundsvall	2.5	-23.0	-21.5	-20.2	-18.0	-16.3
15	Luleå	2.6	-26.1	-24.7	-23.4	-21.0	-19.3
1	Arjeplog	2.7	-30.9	-29.3	-27.4	-24.7	-22.6
12	Karesuando	2.8	-33.0	-31.1	-29.0	-26.1	-23.7

Tabell 2.4 Lägsta filtrerad utetemperatur med varaktighet 0.01

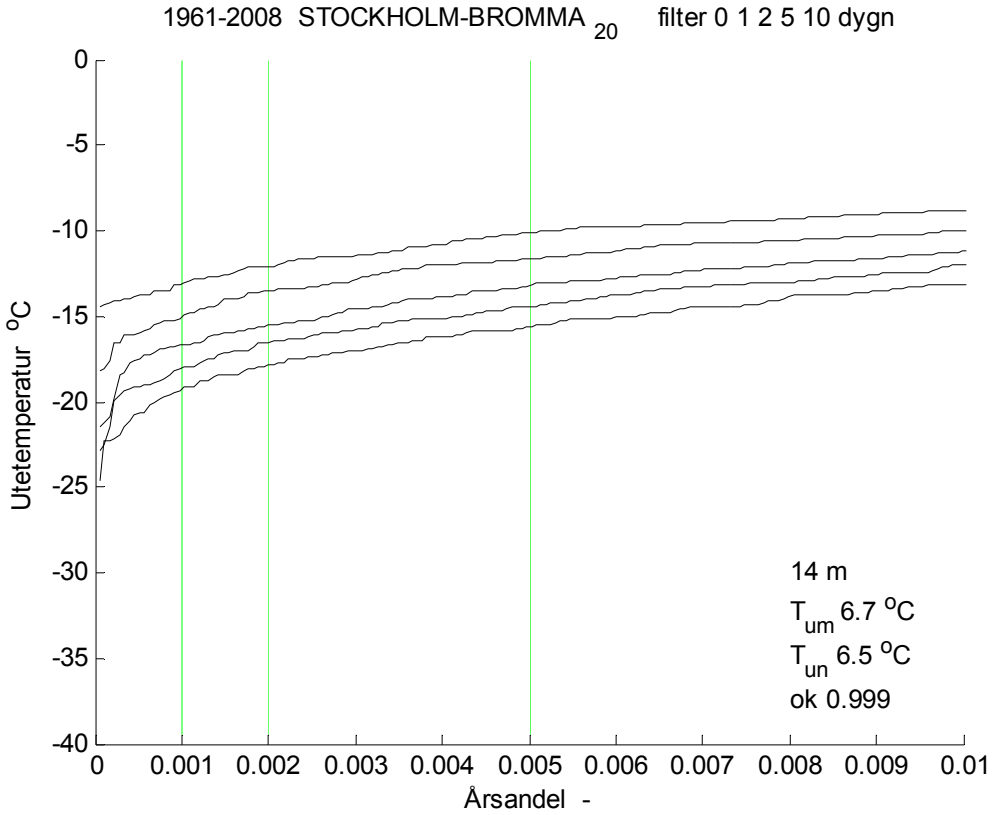
nr	station	Figur	0 dygn	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	2.1	-9.8	-8.9	-8.0	-6.8	-6.0
11	Jönköping	2.2	-13.1	-12.2	-11.2	-9.9	-8.7
20	Stockholm	2.3	-13.1	-12.0	-11.2	-10.0	-8.8
17	Malung	2.4	-22.6	-20.9	-19.7	-17.5	-15.6
21	Sundsvall	2.5	-20.5	-19.1	-18.1	-16.5	-15.1
15	Luleå	2.6	-24.1	-22.7	-21.6	-19.8	-18.2
1	Arjeplog	2.7	-28.9	-27.0	-25.2	-22.9	-21.0
12	Karesuando	2.8	-30.9	-29.1	-27.0	-24.3	-22.4



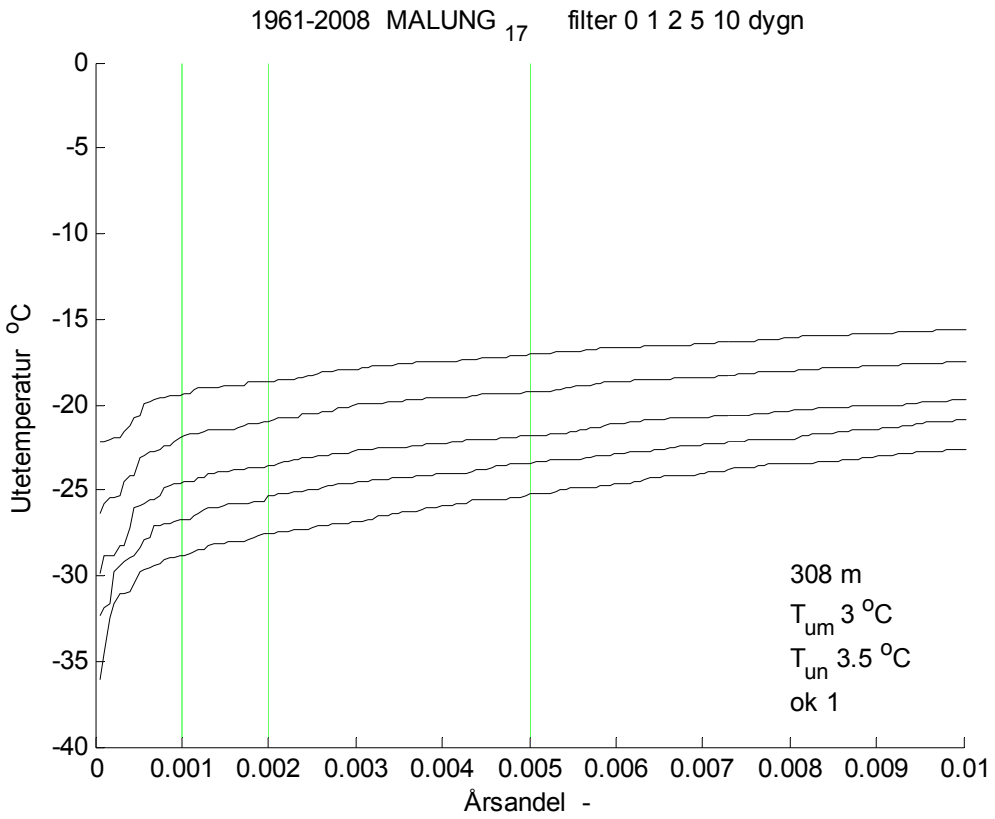
Figur 2.1 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



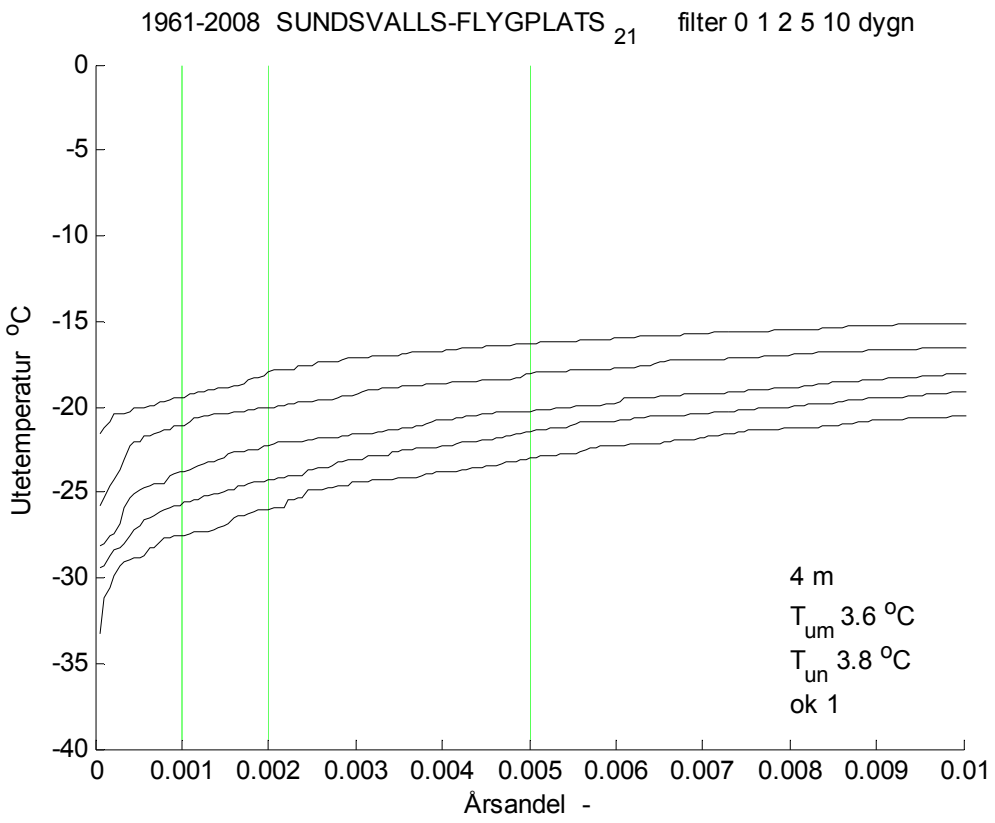
Figur 2.2 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



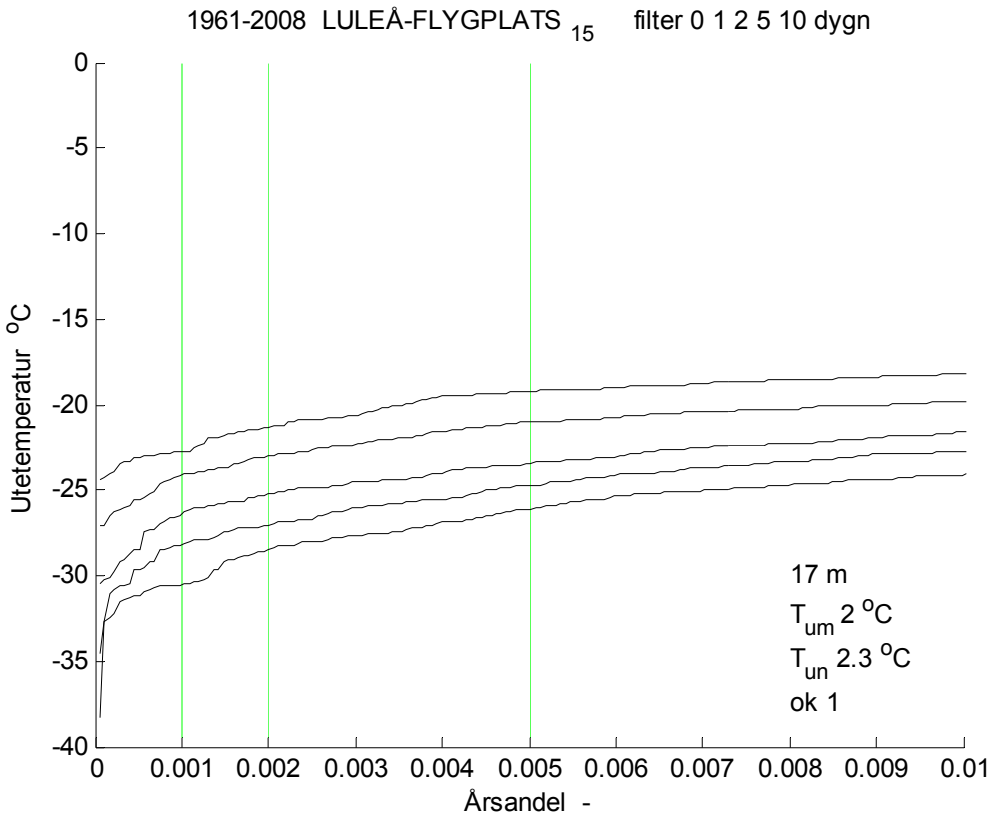
Figur 2.3 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



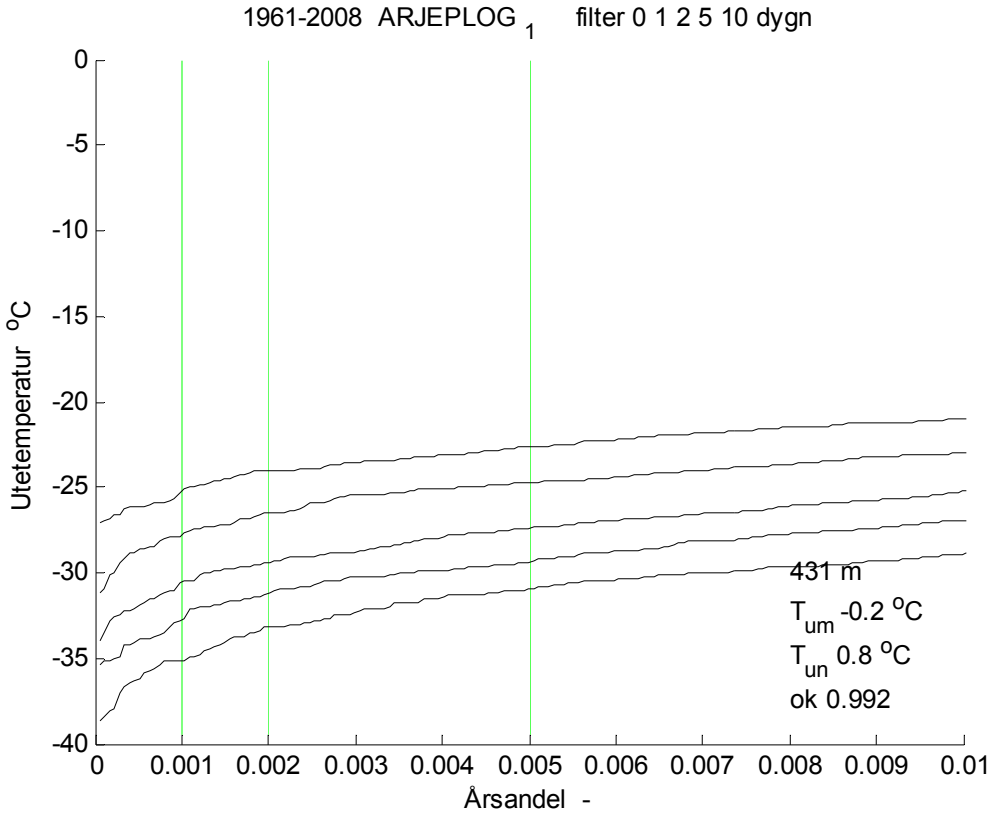
Figur 2.4 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



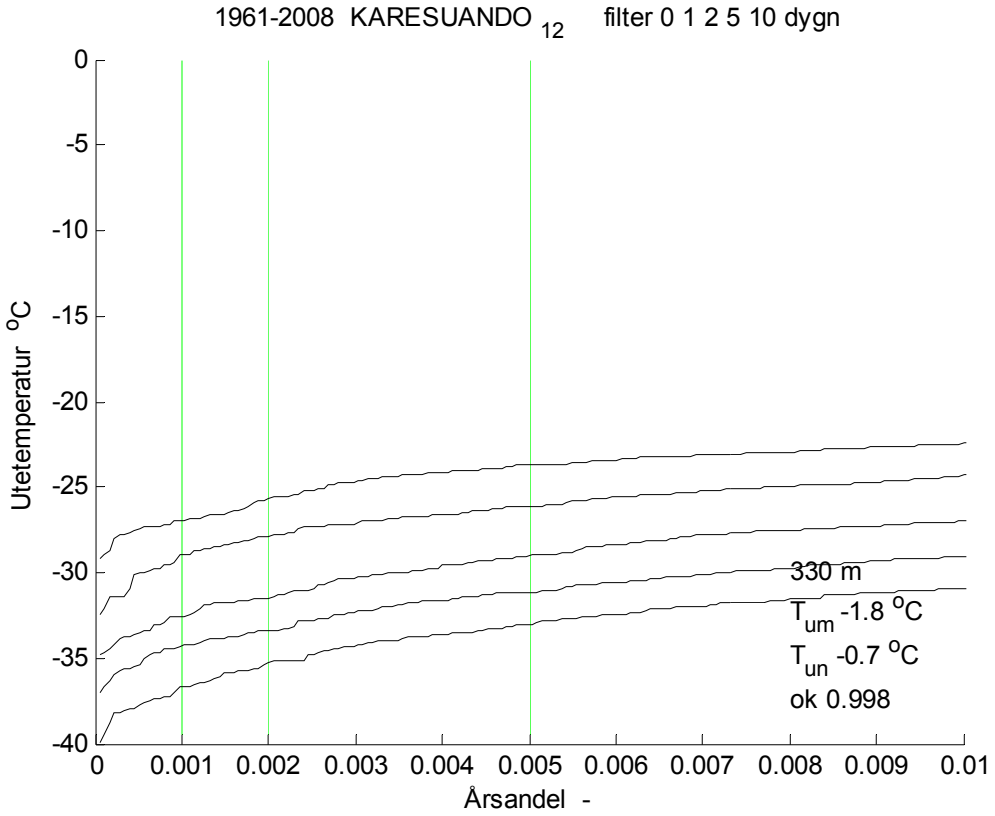
Figur 2.5 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



Figur 2.6 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



Figur 2.7 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.



Figur 2.8 Varaktighet för lägsta utetemperatur utan och med filter 1, 2, 5 och 10 dygn.

3 Varaktighet för modellerad innetemperatur

Dygnsmedelvärden för åtta orter och åren 1961-2008 har bearbetats genom att beräkna varaktighet för en given innetemperatur med en modell med olika tidskonstanter från 0, 1, 2, 5 och 10 dygn. Den nominella innetemperaturen är 20 °C.

Resultatet för de åtta orterna visas i Tabell 3.1-4 för alla tidskonstanter samt i Figur 3.1-8 för tidskonstanterna 1 och 10 dygn kombinerat med varaktigheterna 0.001, 0.002, 0.005 och 0.01. Linjerna i Figur 3.1-8 har alla lutningen -1 °C/°C. Alla linjer kan därför egentligen ersättas med ett enda siffervärde som kan räknas om till önskad innetemperatur. De åtta linjerna har numrerats i Figur 3.1-8 som 1-4 efter ökande varaktighet för tidskonstant 1 dygn och med 5-8 på samma sätt för tidskonstant 10 dygn.

Linjer för olika varaktigheter kan användas för att grovt uppskatta varaktigheten för andra högre innetemperaturer än den som bestämmer lägsta utetemperatur. Ett exempel är att varaktigheten 0.001 för innetemperatur 16 °C och orten Bredåkra ger lägsta utetemperatur -10 °C. Varaktigheten för 17, 18, 19 och 20 °C kan uppskattas till 0.002, 0.004, 0.006 och 0.01. Risken att innetemperaturen är mindre än 20 °C är grovt tio gånger större än att innetemperaturen är under 16 °C.

Stationernas höjd över havet, årsmedeltemperatur, årsmediantemperatur och mätdatatillgängligheten redovisas nere till vänster i varje diagram.

Fyra olika avläsningar har sammanställts i Tabell 3.1-4 för innetemperaturen 18 °C varaktigheten 0.001, 0.002, 0.005 och 0.01 samt för varje ort.

De tabellerade värdena i Tabell 3.1-4 visar att för varaktigheten 0.001, Bredåkra och tidskonstanterna 1 och 10 dygn blir den dimensionerande utetemperaturen -12.2 °C respektive -6.9 °C, vilket gäller för en innetemperatur av 18 °C.

Omräkning till innetemperaturen 20 °C ger -14.2 °C respektive -8.9°C, vilket är något lägre än de i avsnitt 2 avlästa värdena om -13.0 °C respektive -8.6 °C.

Kurvorna i Figur 3.1-8 och värdena i Tabell 3.1-4 visar att den dimensionerande utetemperaturen minskar betydligt med ökande tidskonstant och ökande varaktighet.

Tabell 3.1 Lägsta utetemperatur för innetemperatur 18 °C med varaktighet 0.001

nr	station	Figur	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	3.1-2	-12.2	-10.6	-8.4	-6.9
11	Jönköping	3.3-4	-17.4	-15.8	-12.8	-10.8
20	Stockholm	3.5-6	-17.2	-15.5	-13.6	-11.6
17	Malung	3.7-8	-26.8	-23.8	-20.9	-18.4
21	Sundsvall	3.9-10	-25.5	-22.9	-19.7	-18
15	Luleå	3.11-12	-28.5	-25.6	-23.1	-21
1	Arjeplog	3.13-14	-33.1	-30.1	-26.7	-24.3
12	Karesuando	3.15-16	-34.7	-31.7	-28.2	-25.6

Tabell 3.2 Lägsta utetemperatur för innetemperatur 18 °C med varaktighet 0.002

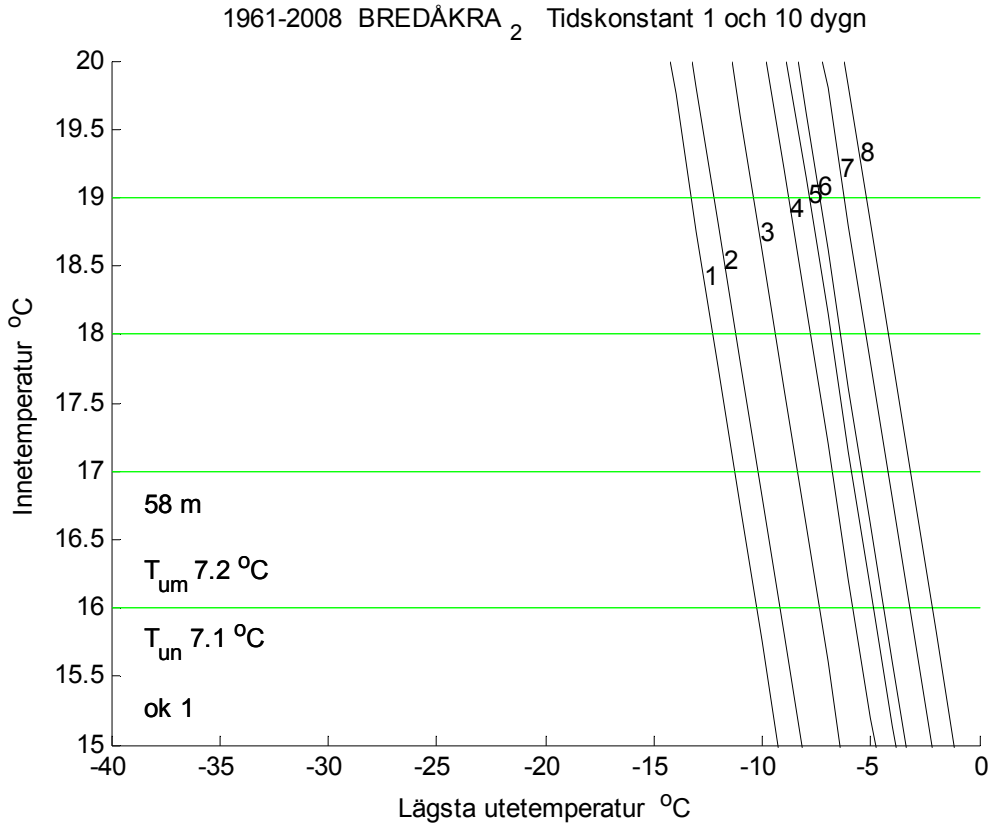
nr	station	Figur	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	3.1-2	-11.2	-9.5	-7.8	-6.4
11	Jönköping	3.3-4	-16.2	-14.1	-11.8	-9.7
20	Stockholm	3.5-6	-15.8	-14.2	-12.3	-10.4
17	Malung	3.7-8	-25.6	-22.8	-19.6	-17.4
21	Sundsvall	3.9-10	-24	-21.6	-18.6	-16.5
15	Luleå	3.11-12	-26.5	-24.5	-21.7	-19.5
1	Arjeplog	3.13-14	-31.2	-28.5	-25.3	-23
12	Karesuando	3.15-16	-33.3	-30.8	-27	-24.3

Tabell 3.3 Lägsta utetemperatur för innetemperatur 18 °C med varaktighet 0.005

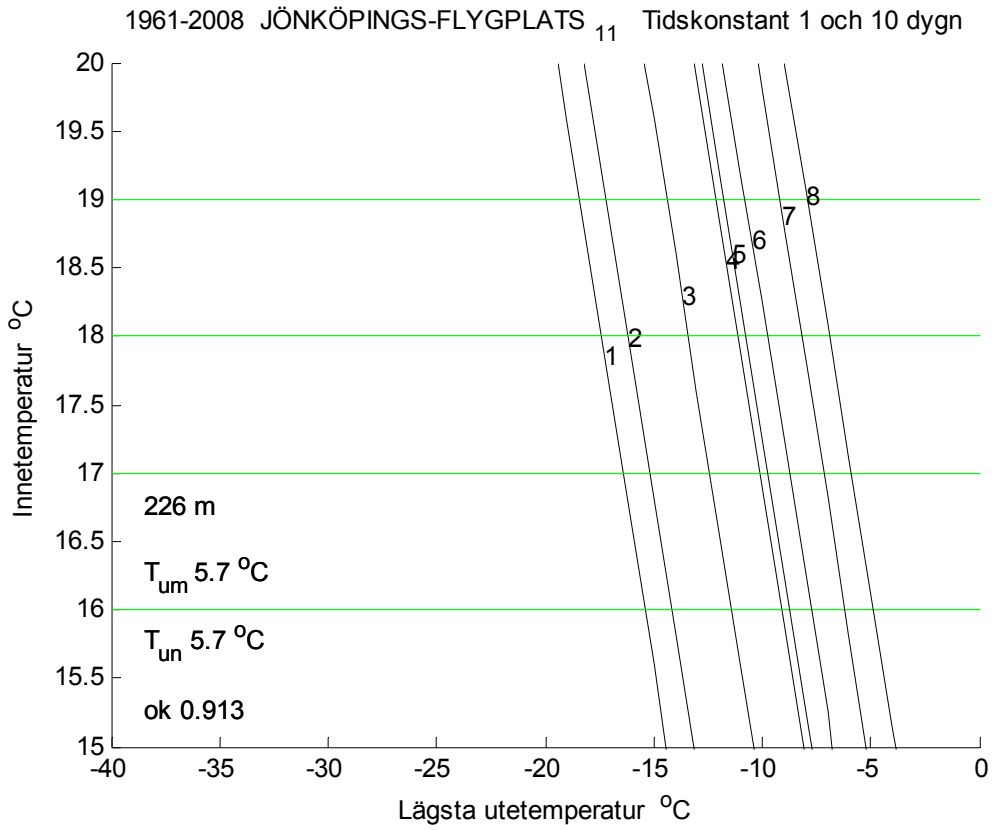
nr	station	Figur	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	3.1-2	-9.4	-8.2	-6.6	-5.2
11	Jönköping	3.3-4	-13.4	-11.5	-9.7	-8.2
20	Stockholm	3.5-6	-13.6	-12.1	-10	-8.6
17	Malung	3.7-8	-23.2	-20.9	-17.8	-15.5
21	Sundsvall	3.9-10	-21	-18.9	-17	-15
15	Luleå	3.11-12	-24.1	-22.3	-19.9	-17.9
1	Arjeplog	3.13-14	-28.9	-26.7	-23.5	-21.1
12	Karesuando	3.15-16	-31	-28.3	-24.8	-22.7

Tabell 3.4 Lägsta utetemperatur för innetemperatur 18 °C med varaktighet 0.01

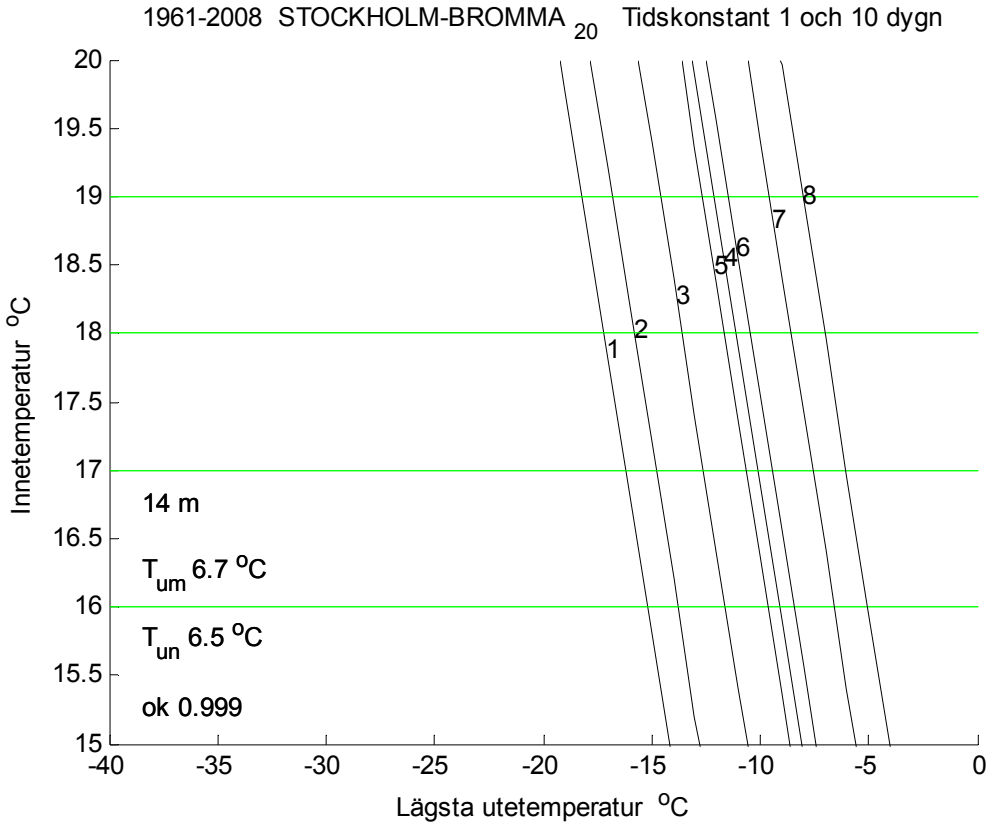
nr	station	Figur	1 dygn	2 dygn	5 dygn	10 dygn
2	Bredåkra	3.1-2	-7.8	-6.6	-5.2	-4.2
11	Jönköping	3.3-4	-11.1	-9.7	-8.2	-6.9
20	Stockholm	3.5-6	-11.1	-9.8	-8.3	-7
17	Malung	3.7-8	-20.6	-18.4	-15.9	-14.1
21	Sundsvall	3.9-10	-18.5	-16.6	-14.9	-13.5
15	Luleå	3.11-12	-22.1	-20.4	-18.3	-16.5
1	Arjeplog	3.13-14	-26.9	-24.4	-21.6	-19.5
12	Karesuando	3.15-16	-28.9	-26.4	-23.1	-21



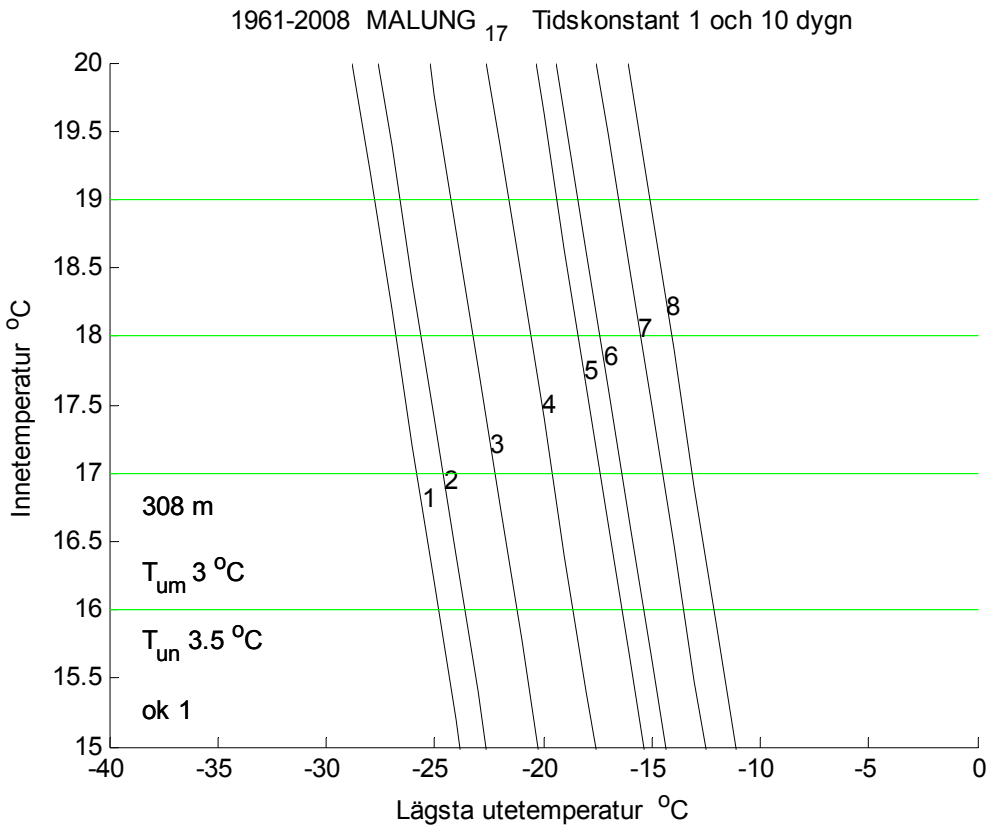
Figur 3.1 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



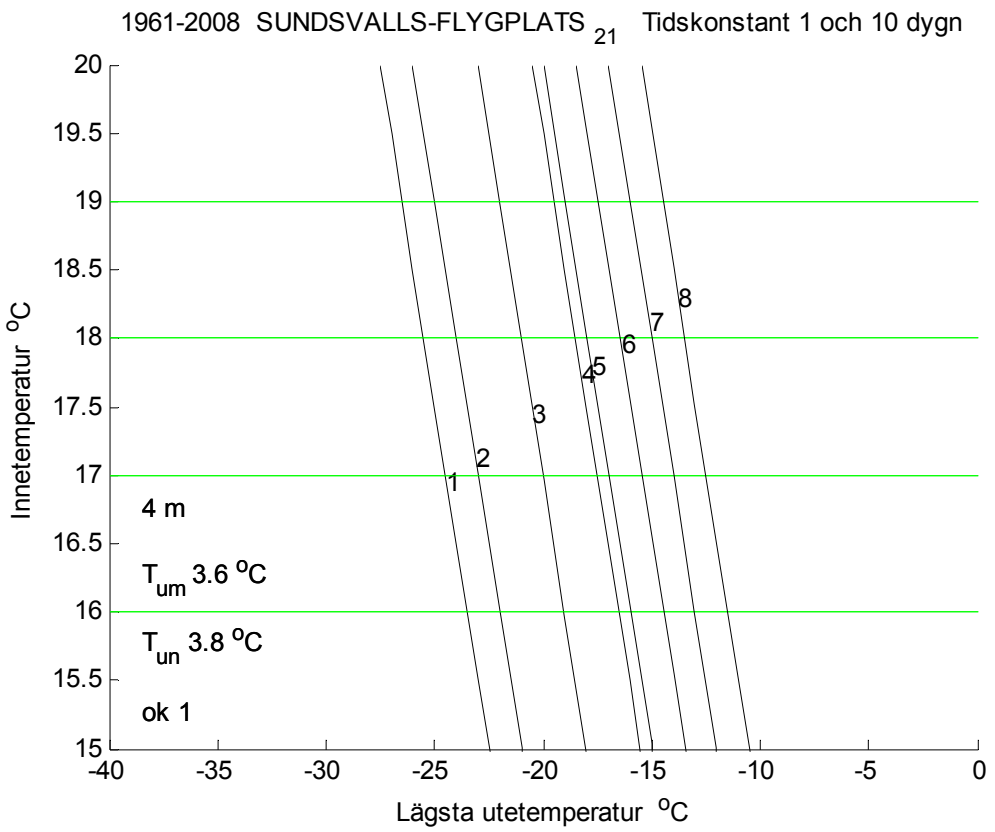
Figur 3.2 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



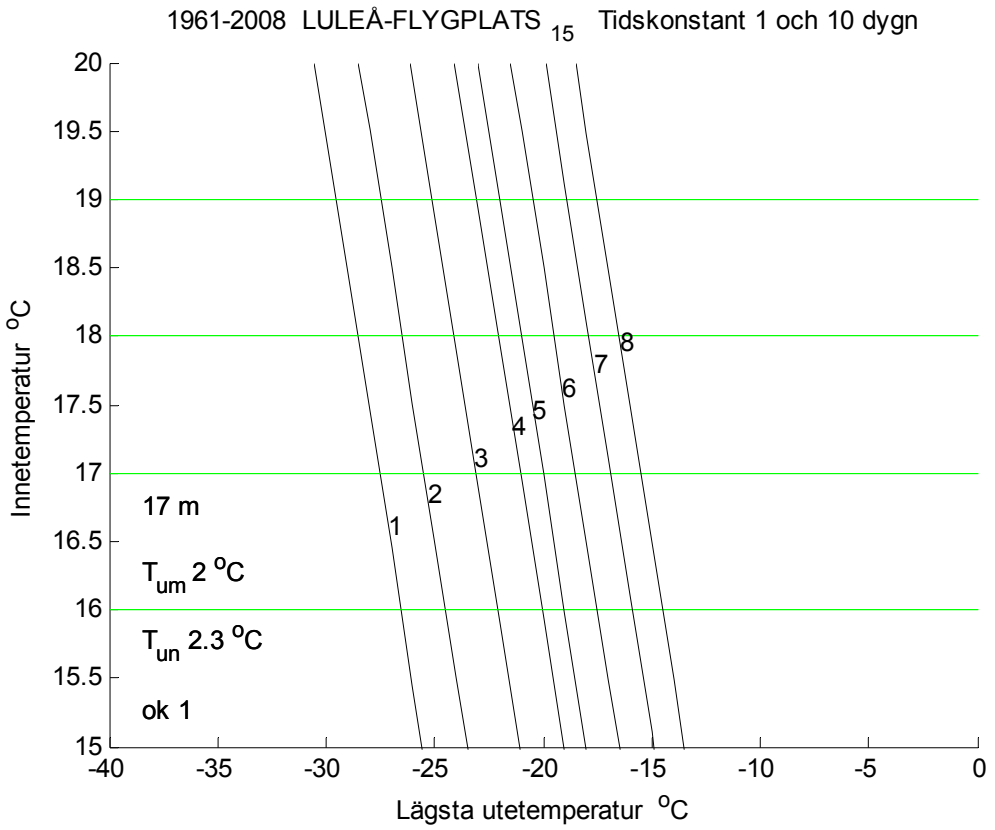
Figur 3.3 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



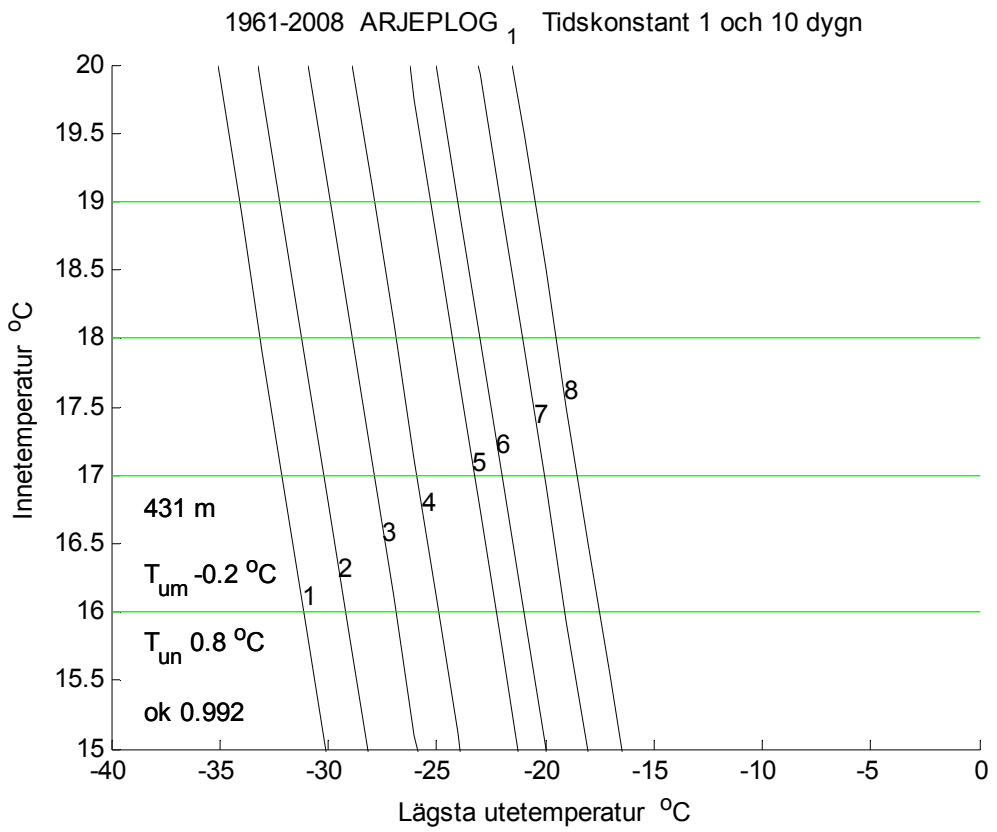
Figur 3.4 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



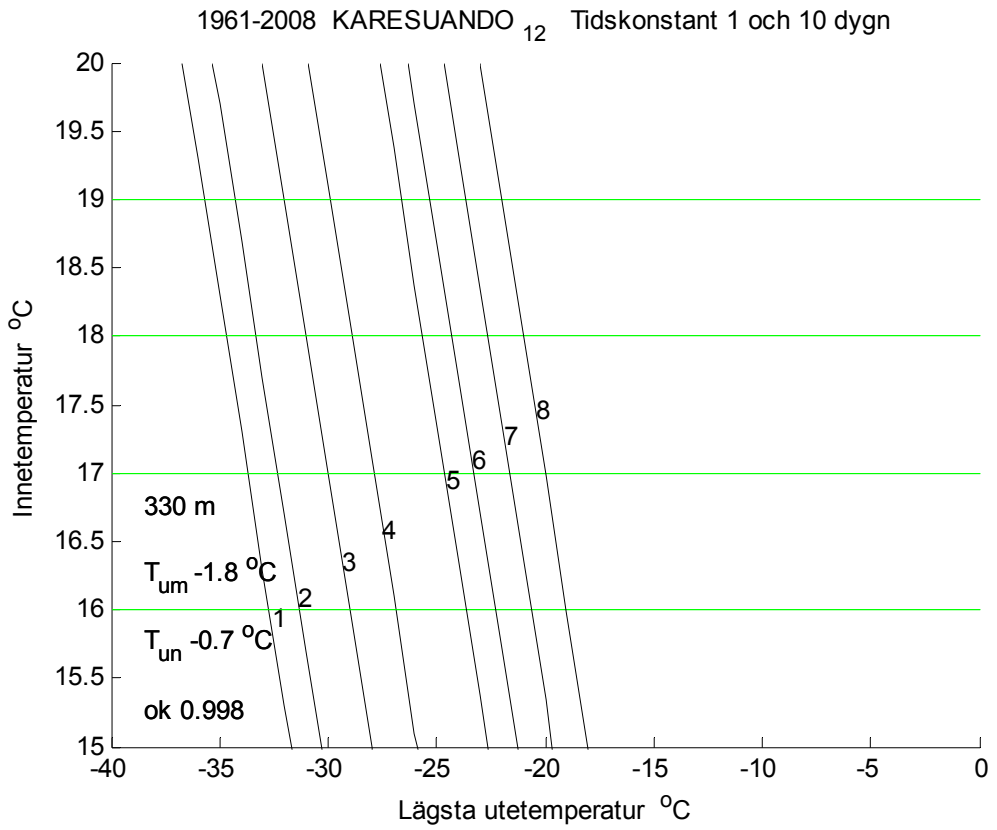
Figur 3.5 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



Figur 3.6 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



Figur 3.7 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.



Figur 3.8 Innetemperatur för lägsta utetemperatur för given varaktighet och tidskonstant.

4 Längsta varaktighet för innetemperatur

Dygnsmedelvärden för åtta orter och åren 1961-2008 har bearbetats genom att beräkna dimensionerande utetemperatur för en given längsta sammanhängande varaktighet om 3 och 7 dygn för en given innetemperatur kombinerat med en enkel modell med olika tidskonstanter från 1 och 10 dygn. Den nominella innetemperaturen är 20 °C.

Resultatet visas i Tabell 4.1 och i Figur 4.1-8 för de åtta orterna. Innetemperaturaxeln är y-axel (15,20) °C och lägsta dimensionerande utetemperatur är x-axel (-40,0) °C.

Linjerna i Figur 4.1-8 har alla lutningen -1 °C/°C. Alla linjer kan därför egentligen ersättas med ett enda siffervärde som kan räknas om till önskad innetemperatur.

Olika avläsningar har sammanställts i Tabell 4.1 för de fyra linjefallen med kombinationer mellan varaktighet 3 och 7 dygn samt tidskonstanterna 1 och 10 dygn för innetemperaturen 18 °C. De beräknade värden har rundats av till närmaste heltal.

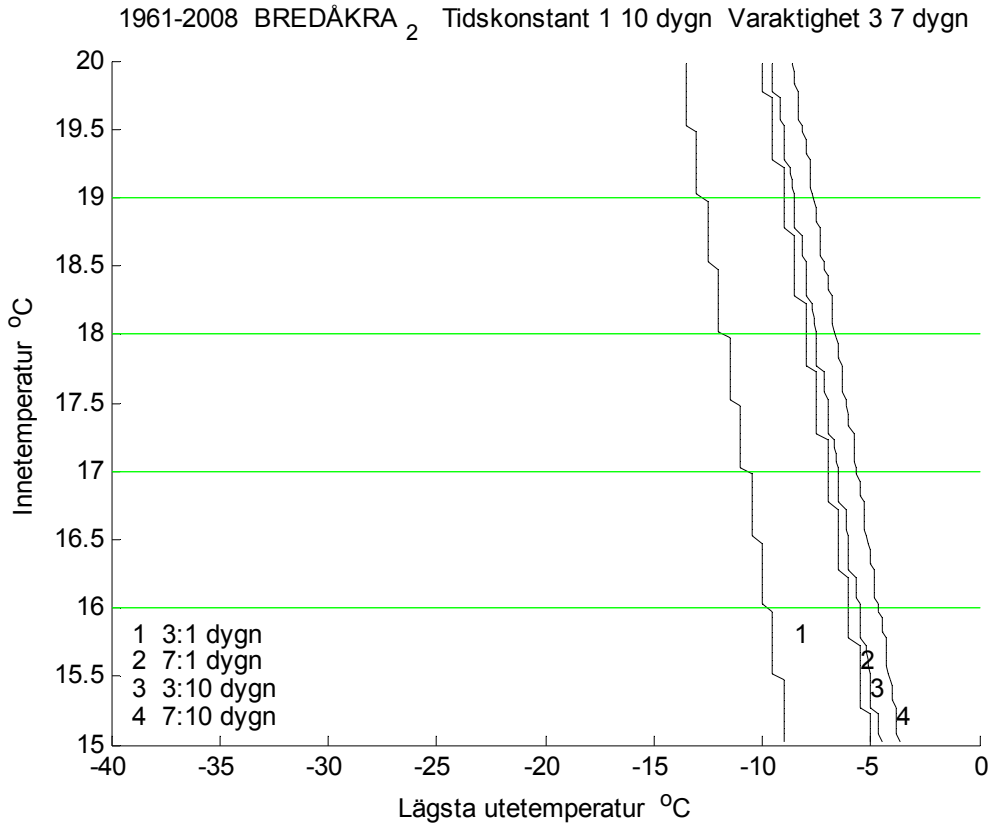
Skillnaderna i dimensionerande lägsta utetemperatur mellan varaktigheteerna 3 och 7 dygn är stor för tidskonstanten 1 dygn och obetydligt för tidskonstanten 10 dygn. Orterna Arjrplog och Karesuando uppvisar ingen skillnad mellan fallen 3:1 och 7:1 dygn. Det skiljer flera grader för orterna Malung, Sundsvall och Luleå för samma fall. Förklaring kan vara att köldperioderna är längre längre norrut.

En jämförelse kan göras med tidigare värden för Bredåkra i avsnitt 3 för samma tidskonstanter och varaktigheten 0.01 att jämföra med varaktigheten 3 dygn nedan. Tabell 4.1 ger att dimensionerande utetemperatur är -10 °C respektive -7 °C. Omräkning till innetemperaturen 20 °C ger -12 °C respektive -9 °C. Detta är snarlikt -14.2 °C respektive -8.9 °C.

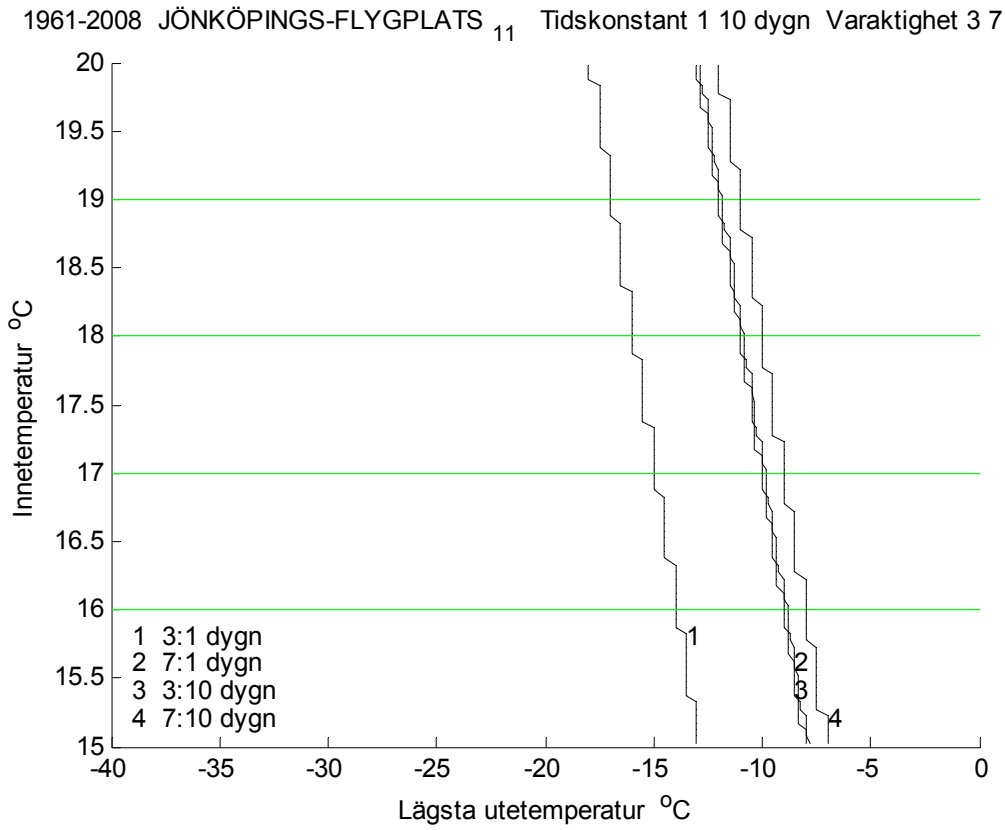
Jämförelser för mellan Tabell 3.1-4 med olika varaktighet och Tabell 4.1 för varaktighet 3 dygn visar att liknade lägsta utetemperatur kan fås olika varaktigheter i Tabell 3.1-4.

Tabell 4.1 Lägsta utetemperatur för given varaktighet för innetemperatur 18 °C

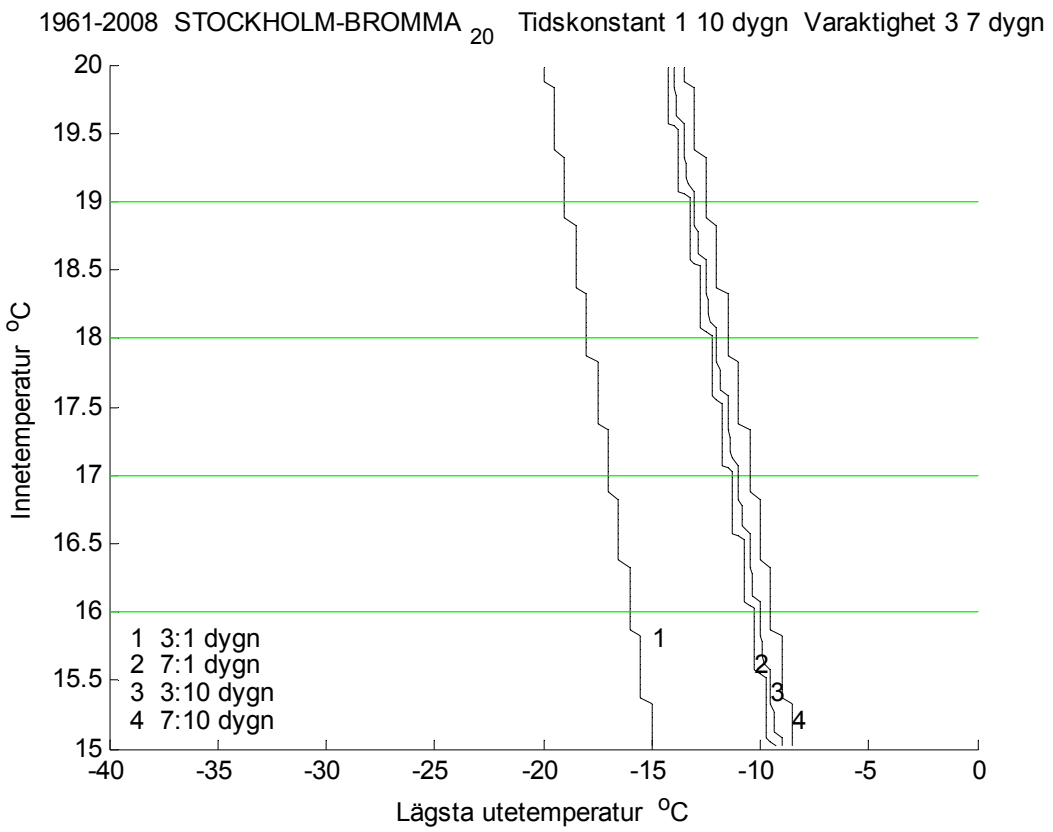
nr	station	Figur	3:1 dygn	7:1 dygn	3:10 dygn	7:10 dygn
2	Bredåkra	4.1	-10	-8	-7	-7
11	Jönköping	4.2	-16	-11	-11	-10
20	Stockholm	4.3	-17	-12	-12	-11
17	Malung	4.4	-24	-20	-20	-19
21	Sundsvall	4.5	-25	-21	-18	-17
15	Luleå	4.6	-26	-21	-21	-20
1	Arjeplog	4.7	-28	-28	-24	-23
12	Karesuando	4.8	-31	-30	-26	-24



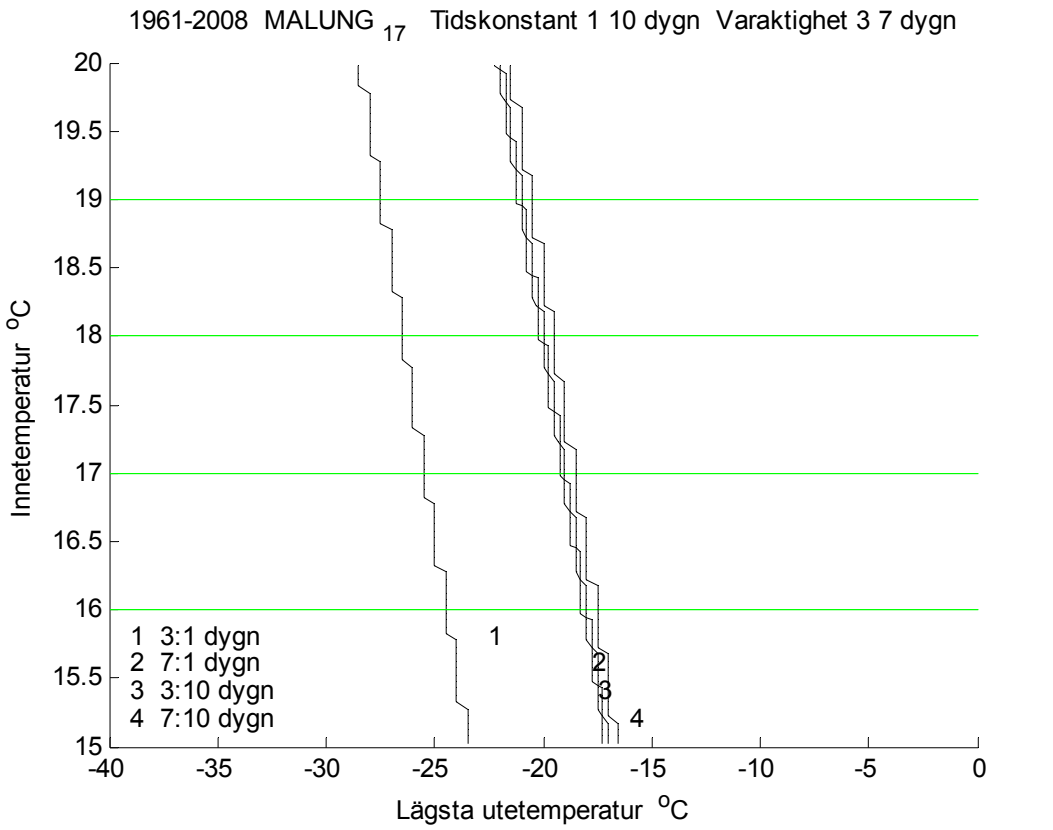
Figur 4.1 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



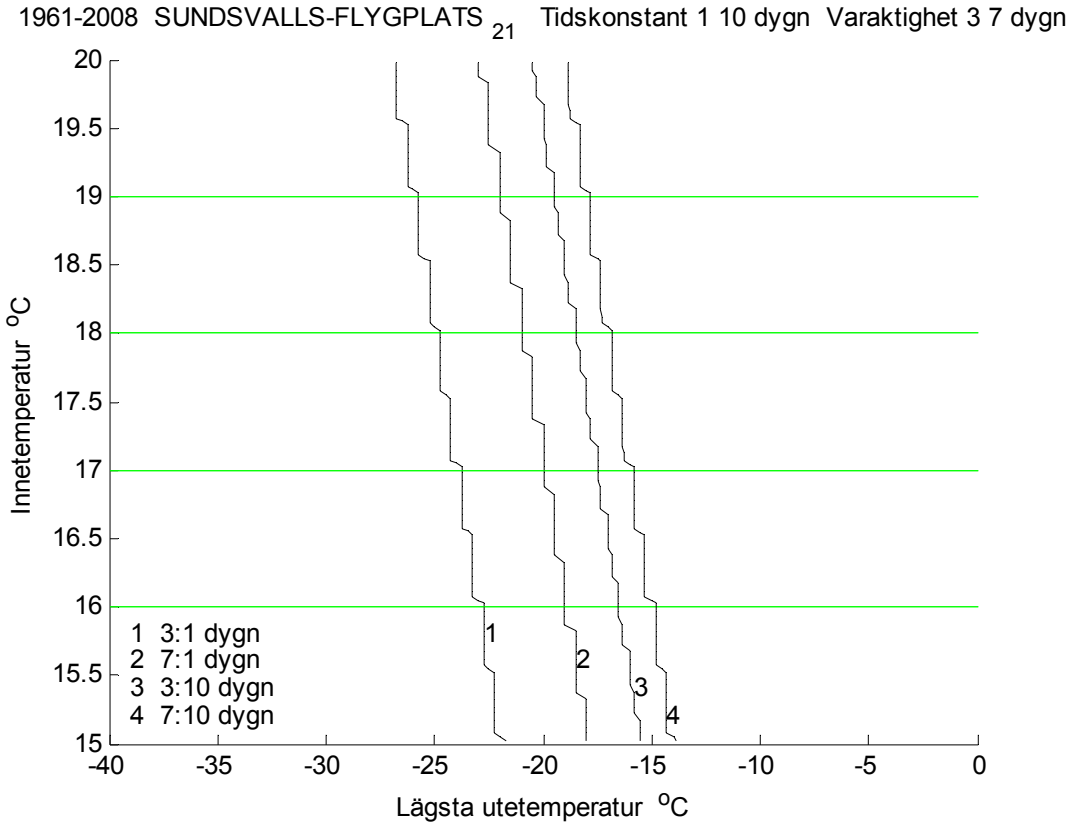
Figur 4.2 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



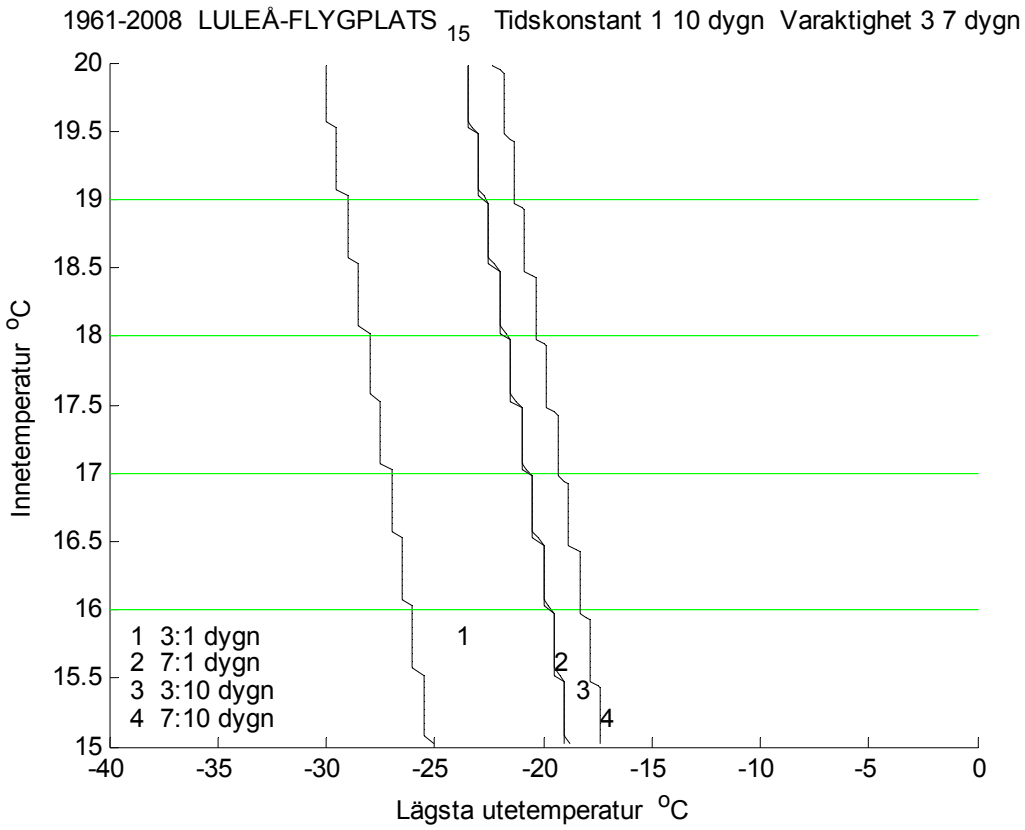
Figur 4.3 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



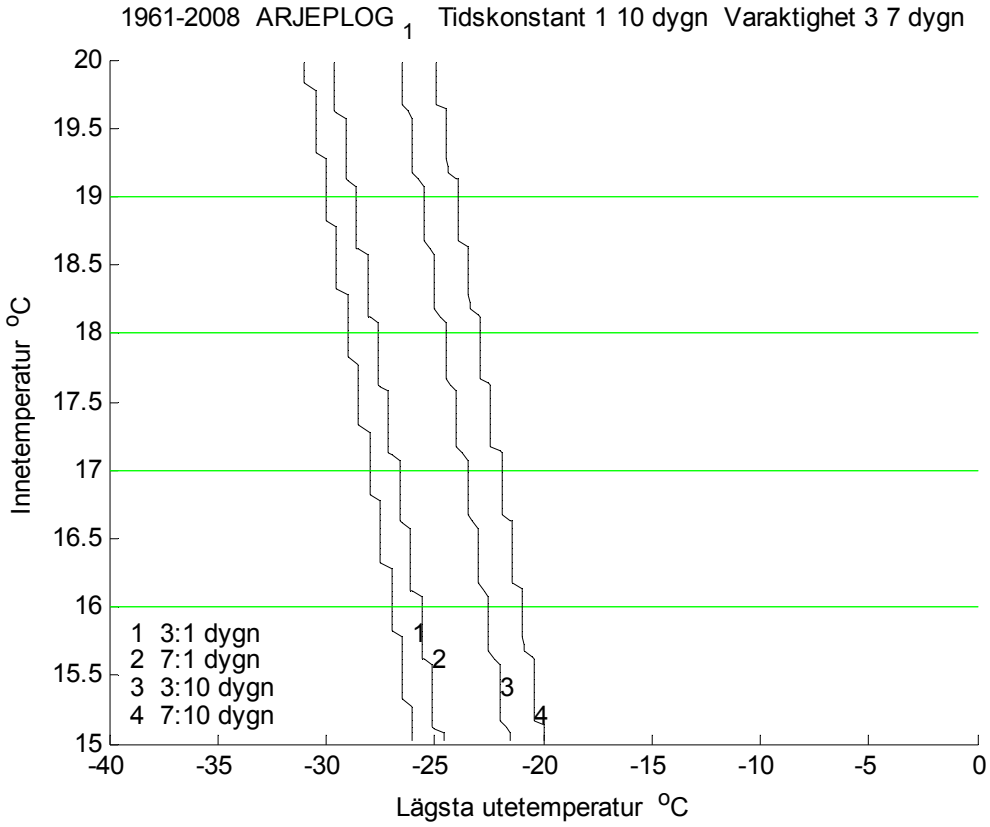
Figur 4.4 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



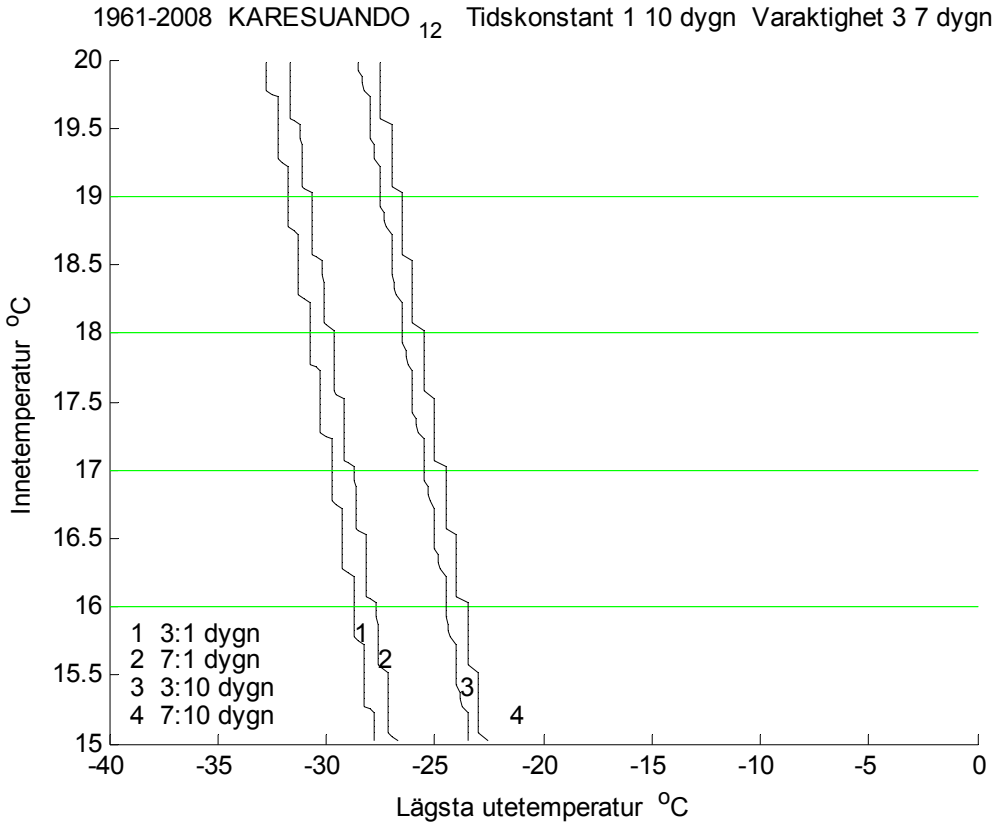
Figur 4.5 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



Figur 4.6 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



Figur 4.7 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.



Figur 4.8 Innetemperatur för lägsta utetemperatur med given varaktighet och tidskonstant.

5 Ekonomisk lägsta utetemperatur

Kostnaden för olägenheten med innetemperatur under 18 °C relativt livshyreskostnaden är varaktigheten $v_{18}(T)$, där T är dimensionerande lägsta utetemperatur som uppvärmnings-systemet är gjort för. Ingen hyra antas utgå om kraven för sanitär olägenhet är uppfyllt.

Kostnaden för uppvärmningssystemets marginalkostnad relativt livshyreskostnaden beroende av den dimensionerande lägsta utetemperaturen T kan skrivas som - aT där a är en relativ marginalkostnad /K. Marginalkostnadsandeln a av den totala livshyreskostnaden kan skattas med kostnadsandelar för byggkostnaden relativt livshyreskostnaden a_b -, uppvärmnings-systemet relativt byggkostnaden a_u - samt kostnadsandelen för en grad a_g /K relativt kostnad-en för uppvärmningssystemet. Parametern a_g beskriver marginalkostnaden för en grad och inte uppvärmningssystemets kostnad dividerad med en dimensionerande temperaturskillnad mellan inne och ute. Effektkostnad för fjärr-värmeanslutning är en marginalkostnad som kan ingå, men tas inte med här. Parametern a kan beskrivas enligt sambandet:

$$a = a_b\, a_u\, a_g \qquad (/K) \qquad (5.1)$$

Totalkostnaden relativt livshyreskostnaden kan nu skrivas som summan av varaktigheten för olägenheten och den temperaturberoende kostnaden för uppvärmningssystemet som en linjär funktion av den dimensionerande lägsta utetemperaturen T här alltid mindre än noll:

$$k(T) = v_{18}(T) - a\, T \qquad (-) \qquad (5.2)$$

Uttrycket (5.2) skulle kunna innehålla en konstant term aT_0 för att beskriva uppvärmnings-systmets kostnad som $a\,(\,T_0 - T\,)$. Termen aT är en förenkling, eftersom kostnaden snarare ökar stegvis för storleksbyte än linjärt. Varaktighetsfunktionen $v_{18}(T)$ kan beräknas för en modell med en given tidskonstant och en given orts klimatdata. Varaktighetskurvor har ritats upp i Figur 5.1-8 för en begränsad del på samma sätt som tidigare i avsnitt 2 för Figur 2.1-8 för åtta olika orter och för innetemperaturen 18 och 20 °C.

Ett viktigt påpekande är att den oberoende variabeln, den dimensionerande lägsta utetempera-turen T är y-axel i Figur 5.1-8 och felvänd, vilket gör att den uppritade varaktighetsfunktionen ökar med ökande värden för den dimensionerande lägsta utetemperaturen (alltså mot noll på y-axeln). Detta har gjorts för att följa den tidigare redovisningen i avsnitt 2 av en snarlik varaktighetsfunktion.

Funktionen enligt (5.2) är summan av två funktioner, en ökande och en avtagande med avseende på variabeln T, den dimensionerande lägsta utetemperaturen. Det finns därför ett minima med avseende på variabeln T. Minimat för $k(T)$ bestäms genom derivering av (5.2) och att derivatan skall vara noll ger sambandet (5.3) där de två funktionernas derivator är lika stora absolut sett, men med olika tecken.

$$dv_{18}(T) / dT = a \qquad (/K) \qquad (5.3)$$

Ett sätt att grafiskt bestämma minimat för ett fall med känt *a*, är att rita upp en linje med lutningen *a* i yx-diagrammet med felvänd y-axel och därefter parallellförskjuta den tills att tangering sker med den valda uppritade varaktighetskurvan. Tangeringspunkten bestämmer både varaktigheten och den dimensionerande lägsta utetemperaturen. Linjer för parametern *a* med värdena 0.00025, 0.0005, 0.001 och 0.002 /K har ritats in i Figur 5.1-8 för den oberoende och felvända y-axeln.

Försök att bestämma minima för en given parameter *a* visar att det finns en mindre osäkerhet, eftersom varaktighetskurvorna har små variationer utöver de stora huvuddragen. Detta innebär att det finns en viss osäkerhet för vad som är en tangeringspunkt. Denna osäkerhet eller okänslighet är välkänd vid minimering och att den funktion som skall minimeras endast ökar något inom ett förhållandevis stort avstånd från minimipunkten.

Ett försök att bestämma minima för Bredåkra i Figur 5.1 för 18 °C, tidskonstanten 1 och 10 dygn och olika marginalkostnaden *a* 0.0005, 0.001 och 0.002 /K ger följande avrundade värden i Tabell 5.1 nedan.

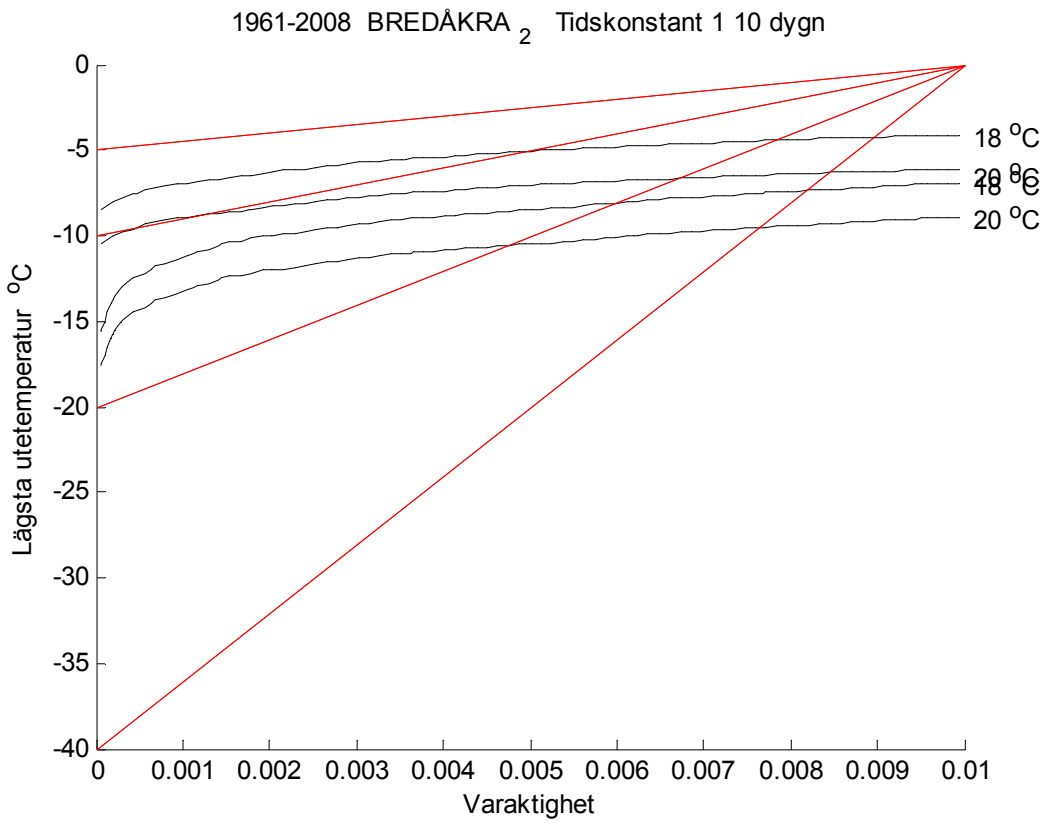
Tabell 5.1 Några avlästa och avrundade värde för Bredåkra i Figur 5.1 för 18 °C.

parameter *a* /K	tidskonstant dygn	varaktighet $v_{18}(T)$ -	*T* °C
0.0005	1	0.0007	-12
0.0010	1	0.0017	-10
0.0020	1	0.0034	-9
0.0005	10	0.0003	-8
0.0010	10	0.0008	-7
0.0020	10	0.0031	-5

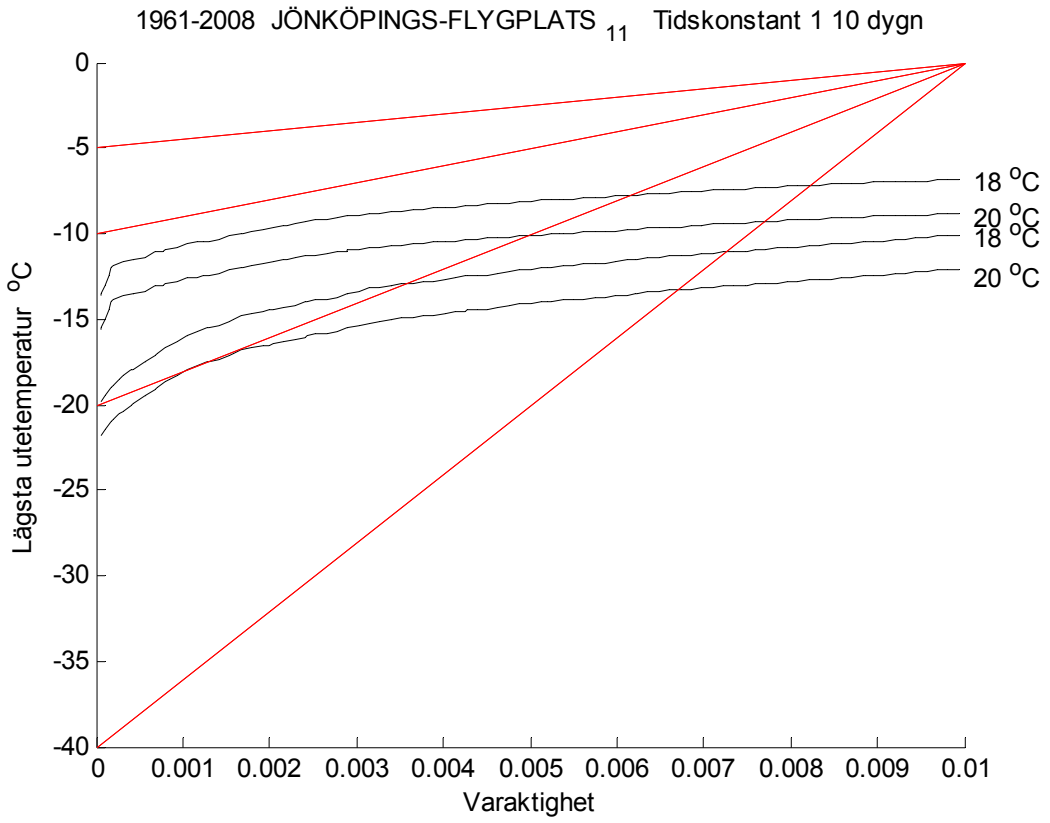
De något osäkra siffrorna för detta exempel visar att den relativa marginalkostnaden enligt parametern *a* påverkar den dimensionerande lägsta utetemperaturen något. En liknande påverkan har tidskonstanten med värdena 1 eller 10 dygn med 4, 3 och 4 °C för de tre *a*-parametrarna. Den bestämda varaktigheten varierar betydligt från som störst över 0.003 nertill under 0.001. En ändring av parametern *a* med en faktor fyra ändrar den dimensionerande utetemperaturen med 3 °C.

Den här redovisade metoden är ett enkelt sätt att värdera den dimensionerande lägsta utetemperaturen inte bara som en olägenhet utan även för själva uppvärmningssystemets marginalkostnad.

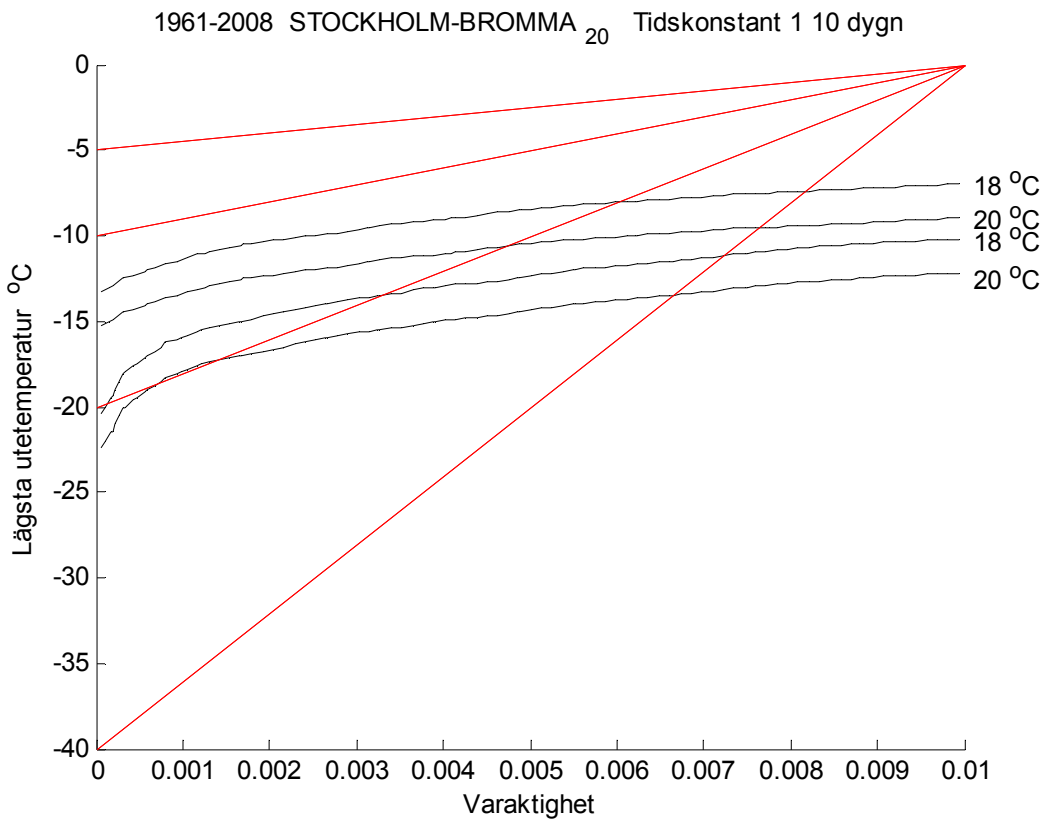
Denna metod utgår från uppvärmningssystemets marginalkostnad, men den påverkas av andra val som klimatskalets och ventilationssystemets termiska egenskaper. En ännu fullständigare minimering av kostnaden kan därför vara att även väga in dessa delars kostnader. Det går att gå ännu längre genom att minimera totalkostnaden där olägenhet, effekt och energi ingår.



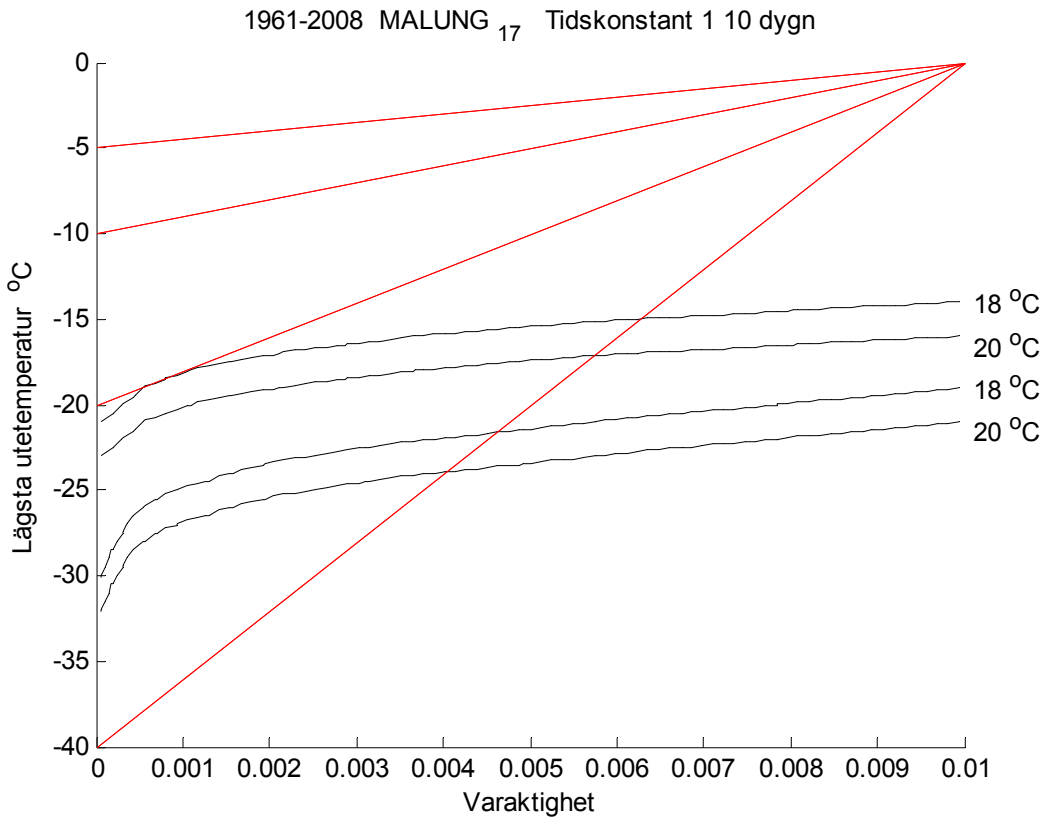
Figur 5.1 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



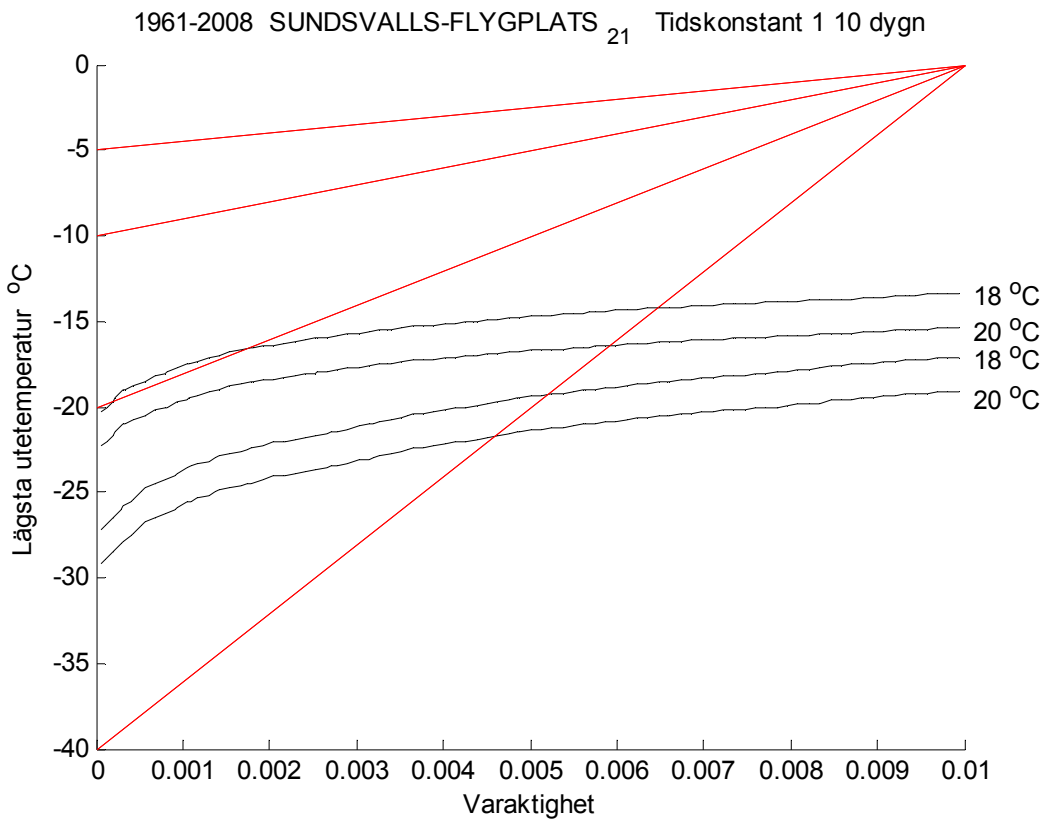
Figur 5.2 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



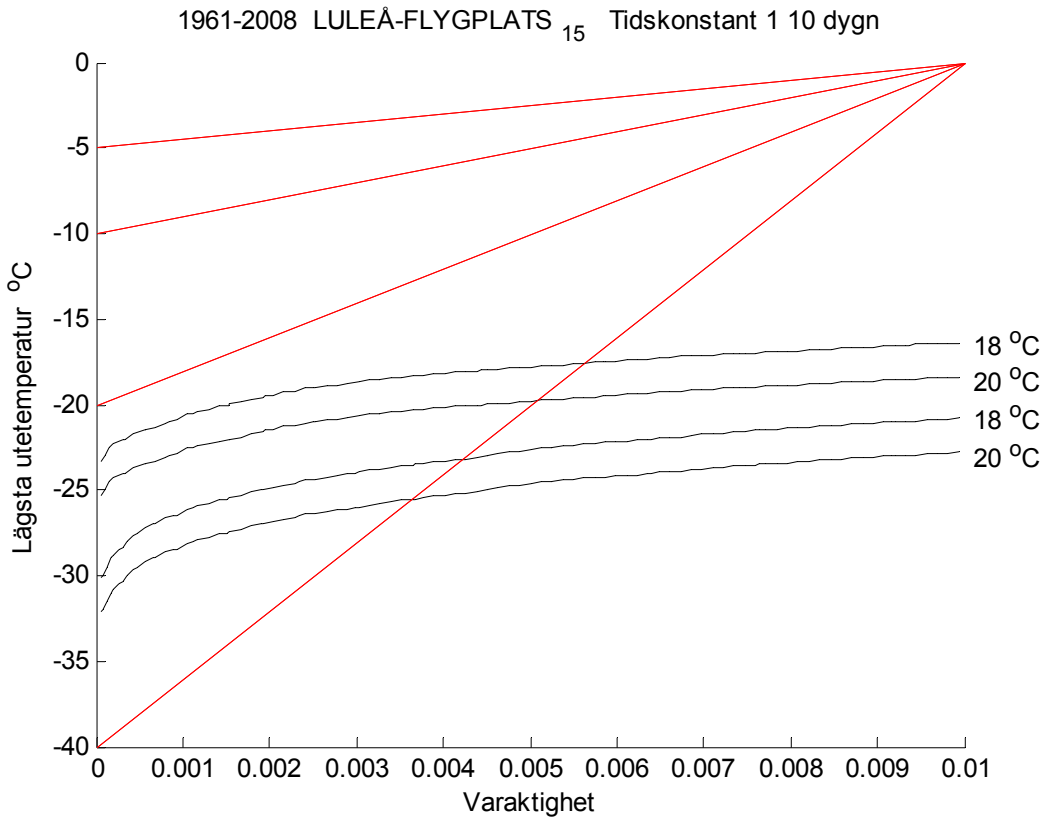
Figur 5.3 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



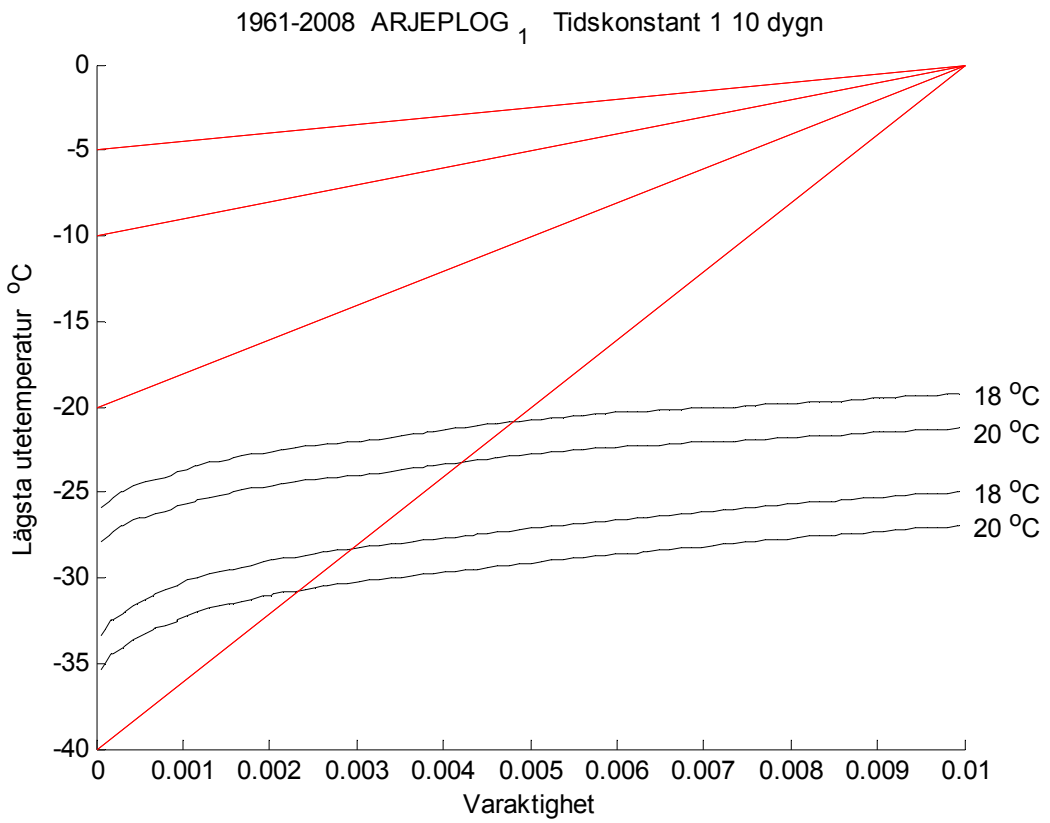
Figur 5.4 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



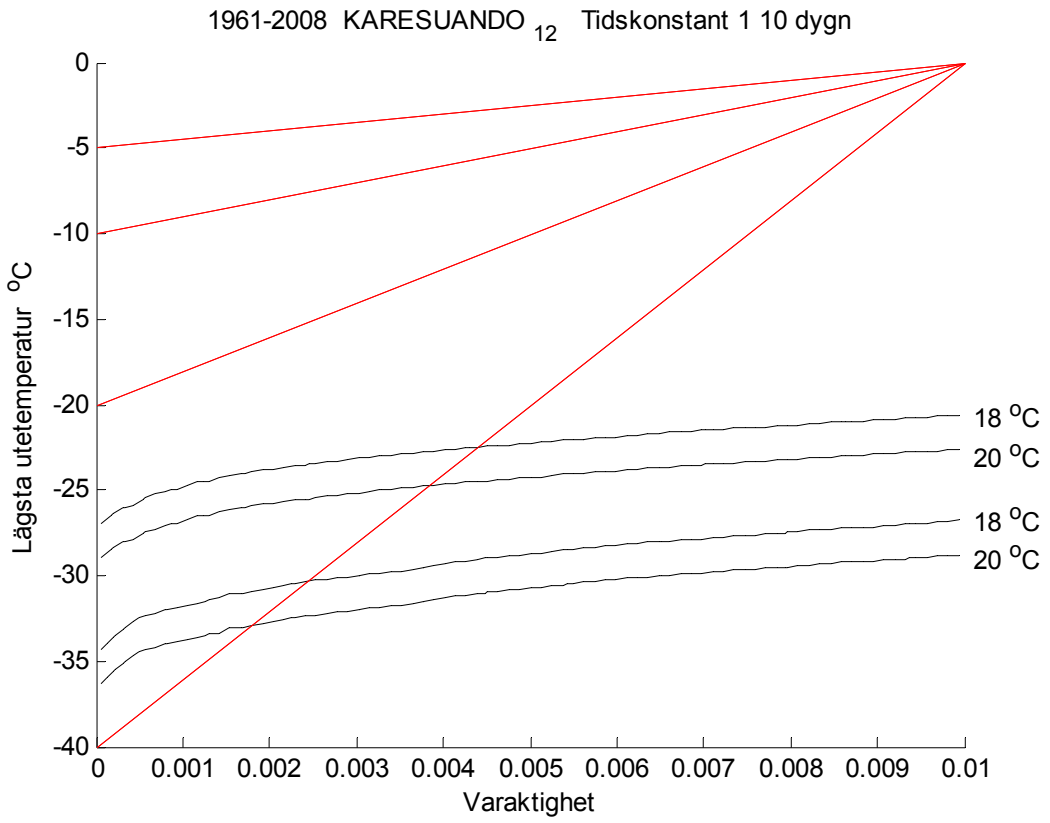
Figur 5.5 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



Figur 5.6 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



Figur 5.7 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.



Figur 5.8 Varaktighet under 18 och 20 °C med *T* 1 och 10 dygn för lägsta utetemperatur.

6 Avslutning och slutsatser

Bestämning av den dimensionerande utetemperaturen har undersökts på ett flertal sätt. En enkel metod är att beräkna varaktigheten för en filtrerad utetemperatur som i avsnitt 2. Detta underskattar varaktigheten, eftersom beräkningen motsvarar ett fall med konstant högsta dimensionerande uppvärmning med övervärmning som följd, vilket minskar inverkan av extrema utetemperaturer. Byggnadens termiska tröghet utnyttjas maximalt.

Innetemperaturen har beräknats som funktion av den lägsta dimensionerande utetemperaturen för olika varaktigheter och tidskonstanter, vilket redovisas i avsnitt 3. Innetemperaturen för en längsta sammanhängande tidsperiod har beräknats även som funktion av den lägsta dimensionerande utetemperaturen för olika varaktigheter och tidskonstanter, vilket redovisas i avsnitt 4.

En ekonomisk minimering av olägenheten av för låga innetemperaturer och marginalkostnaden för uppvärmningssystemet formuleras som en linjär funktion av den dimensionerande utetemperaturen och genomförs i avsnitt 5 för olika tidskonstanter. Marginalkostnaden är i praktiken inte en kontinuerlig funktion utan snarare en för storleksbyten stegvis ökande funktion.

Vad de fyra olika metoderna innebär redovisas med siffror för Bredåkra med avrundade värden för innetemperaturen 20 °C. Varaktigheten 0.001 motsvarar 8.76 h räknat på ett år. Siffrorna visar att den stora skillnaden för den dimensionerande utetemperaturen är mellan tidskonstanten 1 och 10 dygn. Skillnaden mellan metoderna för avsnitt 3 och 4 med en varaktighet för alla innetemperaturer under en given gräns eller med en enda utslagsgivande varaktighet, 3 eller 7 dygn, är inte särskilt stor. Skillnaden för de avrundade värdena är noll för tidskonstanten 10 dygn.

Tabell 6.1 Jämförelser av lägsta utetemperatur för olika metoder för Bredåkra

avsnitt	parameter *a* /K	tidskonstant 1 dygn		tidskonstant 10 dygn	
		varaktighet	LUT °C	varaktighet	LUT °C
2	-	0.001	-13	0.001	-9
3	-	0.001	-14	0.001	-9
4	-	3 dygn	-12	3 dygn	-9
4	-	7 dygn	-10	7 dygn	-9
5	0.0005	0.0007	-12	0.0003	-8
5	0.001	0.0017	-10	0.0008	-7
5	0.002	0.0034	-9	0.0031	-5

Den viktigaste slutsatsen är att den dimensionerande utetemperaturen kan bestämmas med en ekonomisk bedömning av olägenheten och uppvärmningssystemets marginalkostnad och inte något ensidigt krav med en högsta varaktighet för något krav för innetemperaturen. Valet att räkna av hela hyreskostnaden för den tid som sanitär olägenhet råder, kan vara väl strängt. Byggnaden är ju inte direkt obeboelig.