LUND UNIVERSITY

Utetemperaturens osäkerhet - Arbetsrapport för forskningsprojektet: Analys av osäkerhet i beräkning av energianvändning i hus och utveckling av säkerhetsfaktorer

Jensen, Lars

2010

Link to publication

Citation for published version (APA):
Jensen, L. (2010). *Utetemperaturens osäkerhet - Arbetsrapport för forskningsprojektet: Analys av osäkerhet i beräkning av energianvändning i hus och utveckling av säkerhetsfaktorer*. (TVIT; Vol. TVIT-7044). 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

Download date: 12. Oct. 2024

Utetemperaturens osäkerhet

Arbetsrapport för forskningsprojektet:
Analys av osäkerhet i beräkning av energianvändning
i hus och utveckling av säkerhetsfaktorer

Med stöd från Energimyndigheten 30007-1 och SBUF 11768

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2010
Rapport TVIT--10/7044

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.

Utetemperaturens osäkerhet

Arbetsrapport för forskningsprojektet:
Analys av osäkerhet i beräkning av energianvändning
i hus och utveckling av säkerhetsfaktorer
Med stöd från Energimyndigheten 30007-1 och SBUF 11768

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2010
ISRN LUTVDG/TVIT--10/7044--SE(94)

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 Tjugofem väderstationer 7

3 Utetemperaturens långtidsvariation 23

4 Tidsberoende osäkerhet för utetemperaturen 27
Förenklad °Ch-funktion 59
Uppsummering 64

5 Ortsberoende osäkerhet för utetemperaturen 67
Ortsberoende enligt Meteonorm 67
Avstånd mellan tjugofem stationer 67
Jämförelse med grannstationer 68
Sammanvägning efter avstånd 84
Sammanvägning efter geografisk läge 86
Gemensam sammanvägning efter geografiskt läge 89
Uppsummering 94

1 Inledning och problemställning

Syftet med denna arbetsrapport är att undersöka och redovisa hur osäkerhet för årsenergiberäkning för uppvärmning och ventilation beror på utetemperaturens osäkerhet eller variation mellan olika år. Gradtimmevärden för olika gränstemperaturer kommer att användas som ett mått på årsenergien.

Årsenergiberäkningar sker ofta med ett referensår eller normalår för den aktuella orten eller en närliggande ort. Det finns också datorprogram som skapar ett syntetiskt år med hjälp av klimatdata för flera närliggande orter.

Det finns därför två osäkerhetsproblem. Det ena är hur mycket varierar klimatet från år till år för en och samma ort. Det andra är hur osäkert är ett framräknat (interpolerat) klimat för en ort som saknar mätdata.

Klimatdata från SMHI för åren 1961-2008 från tjugofem väderstationer i Sverige kommer att användas. De olika väderstationerna beskrivs i avsnitt 2.

Klimatdata anges som dygnsvärden, men det finns totalt fem uppmätta värden och ett beräknat värden för varje dygn. De fem uppmätta värden är utetemperaturen kl 06, 12 och 18 samt lägsta och högsta utetemperatur. Det beräknade värdet är ett framräknat dygnsmedelvärde enligt Ekholm-Modéns formel som är en linjär viktning av de uppmätta temperaturerna.

De fem uppmätta värden gör det möjligt att ganska väl beskriva utetemperaturens dygnsvariation. Beräkningar kommer att genomföras med enbart beräknade och angivna dygnsmedelvärden.

Utetemperaturens variation över lång tid undersöks i avsnitt 3 med årsmedelvärden.

Utetemperaturens variation från år till år undersöks i avsnitt 4 med hjälp av gradtimmevärden. Gradtimmevärden är ett bra mått på energibehovet för uppvärmning och ventilation för ett helt år. En uppsummering av resultatet görs sist i avsnitt 4.

Utetemperaturens osäkerhet för ett på något sätt framräknat klimat för en ort som saknar klimatdata behandlas i avsnitt 5. En uppsummering av resultatet görs sist i avsnitt 5.

En viktig avgränsning är att andra klimatvariabler som sol och vind undersöks inte.

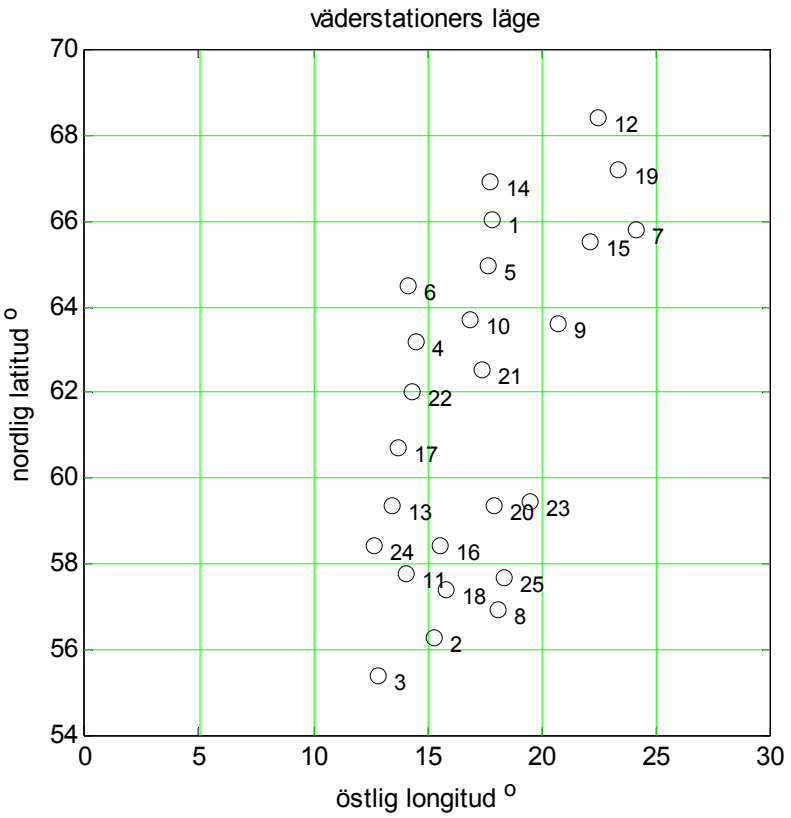
2 Tjugofem väderstationer

Data för de tjugofem väderstationerna redovisas i Tabell 2.1 i form av ett löpnummer, ett stationsnummer, ett stationsnamn, en position och en höjd över havet. Positionsvärden anges med decimala grader. En kommentar är att flera av stationerna är flygplatser. Detta innebär att mikroklimatet kan vara något annorlunda än för vad som gäller för normal bebyggelse. En annan kommentar är att flera av stationerna är kända fyrplatser och ligger därför vid kusten.

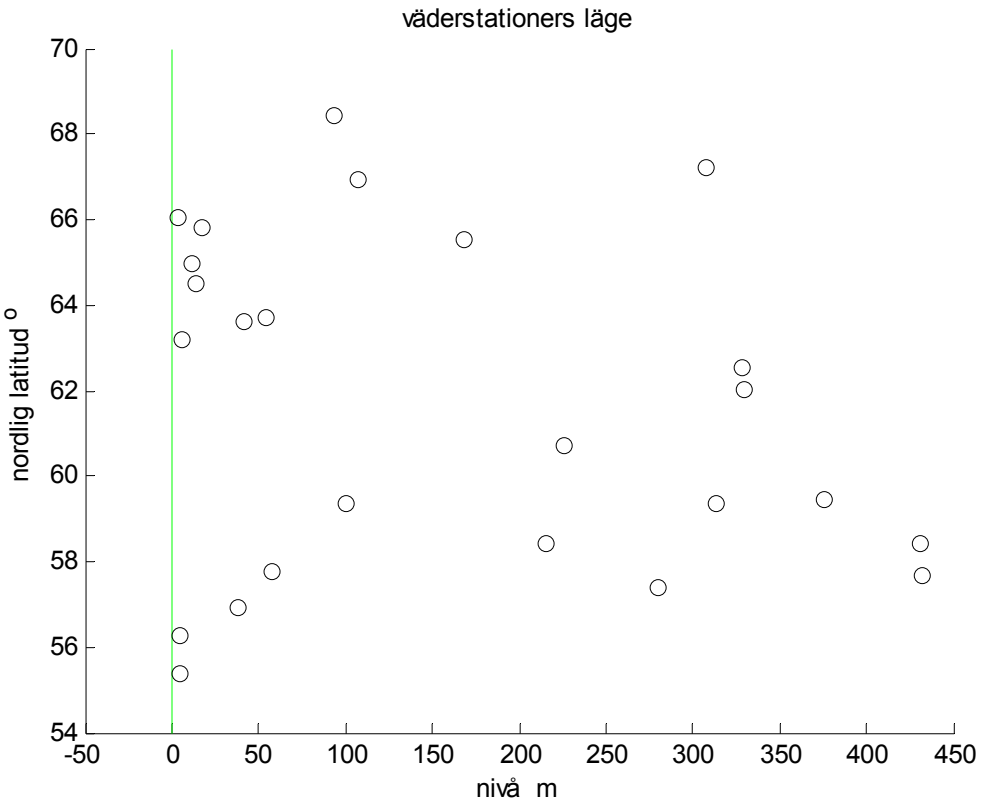
Tabell 2.1 Data för tjugofem väderstationer

nr	stations-nummer	stationsnamn	platstyp	antal år	latitud norr	longitud ost	höjdnivå m
1	16771	Arjeplog		46	66.0456	17.8671	431
2	6516	Bredåkra	flygplats	48	56.2619	15.2742	58
3	5223	Falsterbo	fyrplats	47	55.3836	12.8203	5
4	13411	Frösön		48	63.1974	14.4863	376
5	14757	Gunnarn		47	64.9603	17.7083	280
6	14430	Gäddede		45	64.5000	14.1300	328
7	16395	Haparanda		48	65.8272	24.1438	5
8	6855	Hoburg	fyrplats	46	56.9222	18.1471	38
9	14036	Holmögadd	fyrplats	46	63.5949	20.7565	6
10	13642	Junsele		44	63.6968	16.8723	215
11	7446	Jönköping	flygplats	43	57.7514	14.0733	226
12	19283	Karesuando		47	68.4422	22.4900	330
13	9322	Karlstad	flygplats	48	59.3591	13.4732	107
14	16798	Kvikkjokk-Årrenjarka		47	66.9556	17.7309	314
15	16286	Luleå	flygplats	48	65.5434	22.1193	17
16	8524	Malmslätt	flygplats	48	58.4004	15.5327	93
17	10341	Malung		48	60.7041	13.6909	308
18	7524	Målilla		41	57.3945	15.8250	100
19	18376	Pajala		47	67.2101	23.3928	168
20	9720	Stockholm-Bromma	flygplats	48	59.3537	17.9513	14
21	12731	Sundsvall	flygplats	48	62.5246	17.4410	4
22	12402	Sveg		48	62.0291	14.3508	432
23	9927	Svenska-Högarna	fyrplats	48	59.4445	19.5059	12
24	8226	Såtenäs	flygplats	48	58.4358	12.7075	54
25	7840	Visby	flygplats	48	57.6614	18.3428	42

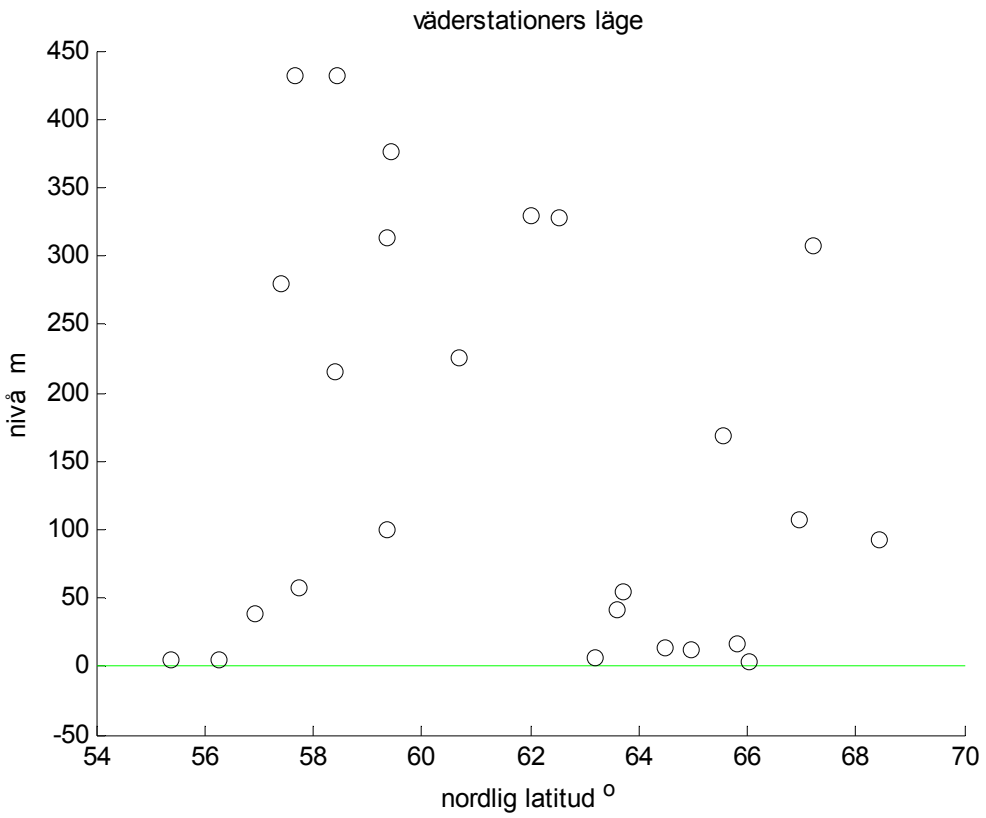
Hur den geografiska spridningen är för de tjugofemstationerna redovisas i Figur 2.1 som funktion av latitud och longitud. Hur latitud och nivå är fördelat för de tjugofem väderstationerna redovisas i Figur 2.2 och 2.3. Beräknad dygnsmedeltemperatur redovisas med glidande medelvärde för tjugo dygn för de tjugofem väderstationerna i Figur 2.4-28, där figurtitelns stationsnamn följs av stationsnummer, löpnummer, saknade dygnsvärden och antalet använda år med mer än 335 dygnsvärden. Saknade dygnsvärden visas som -99 °C.



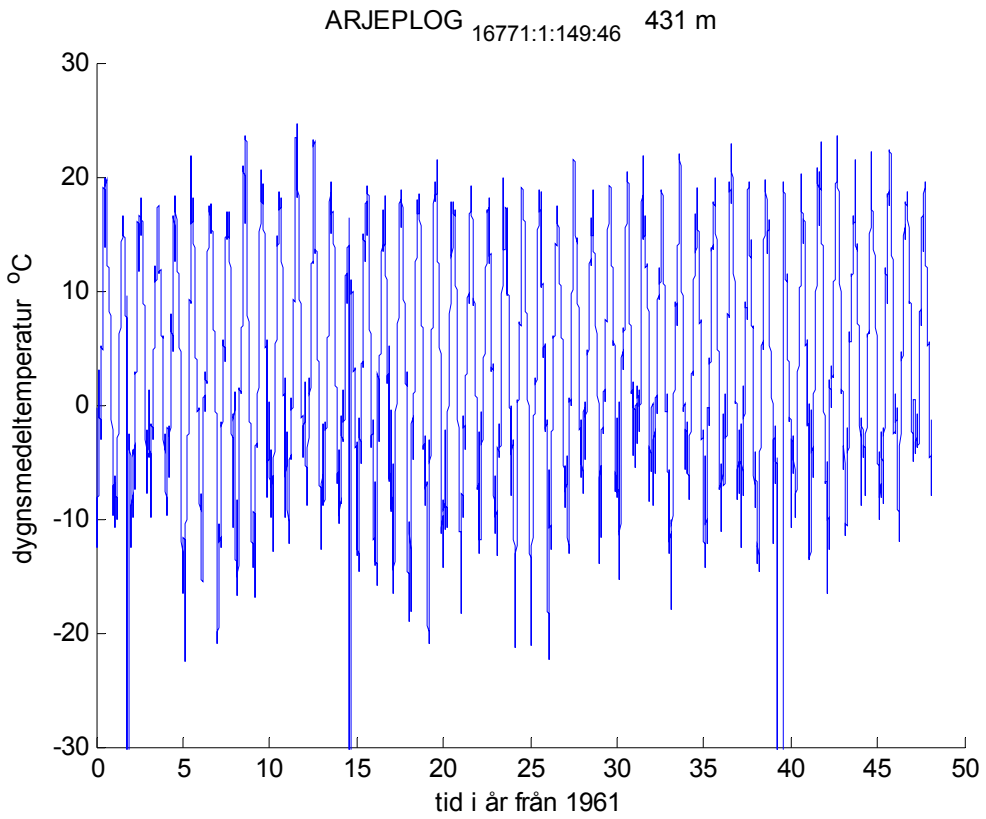
Figur 2.1 Tjugofem väderstationers latitud och longitud.



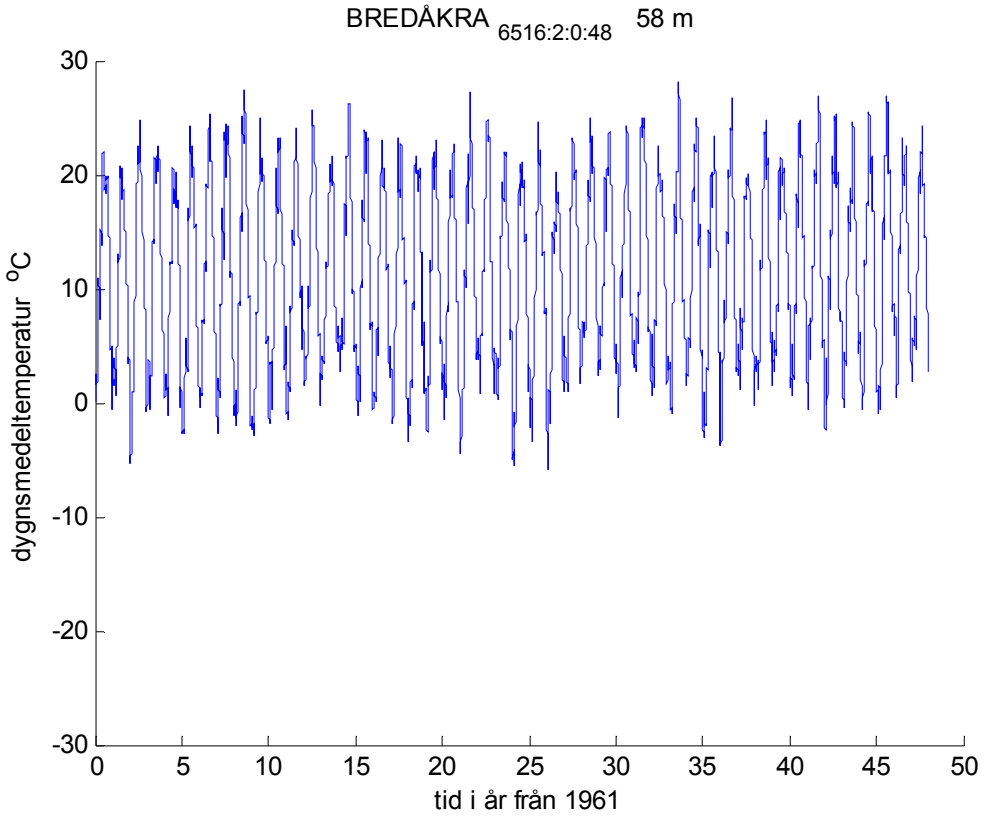
Figur 2.2 Tjugofem väderstationers latitud som funktion av nivå.



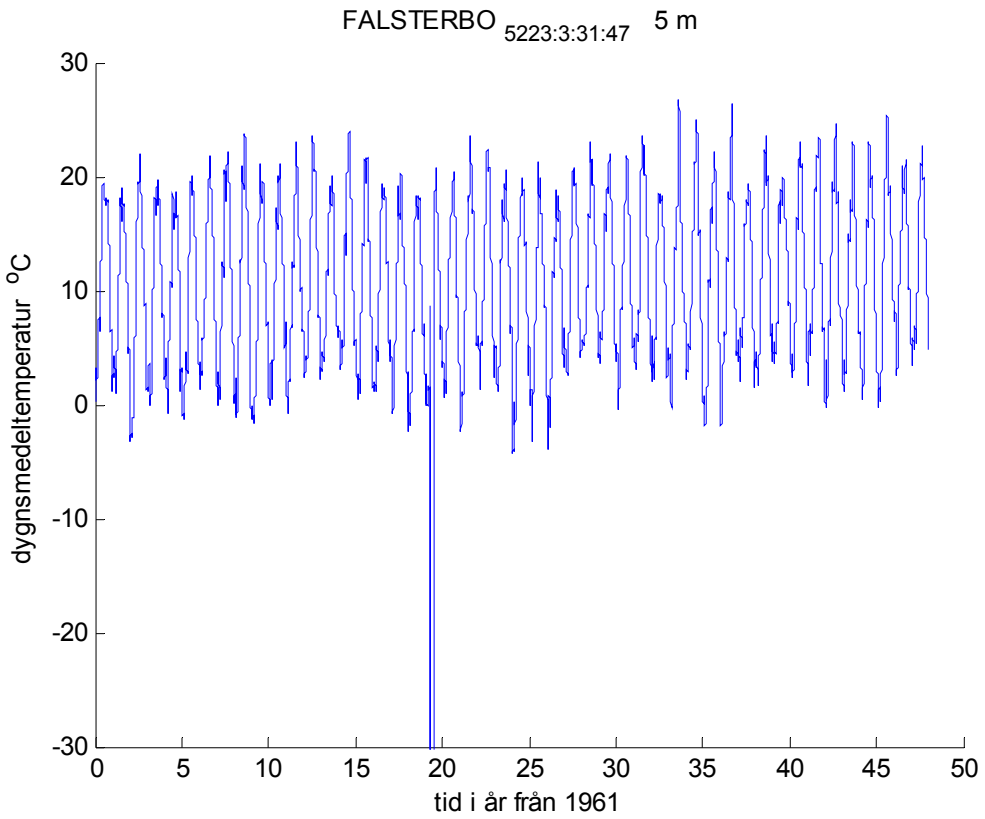
Figur 2.3 Tjugofem väderstationers nivå som funktion av latitud.



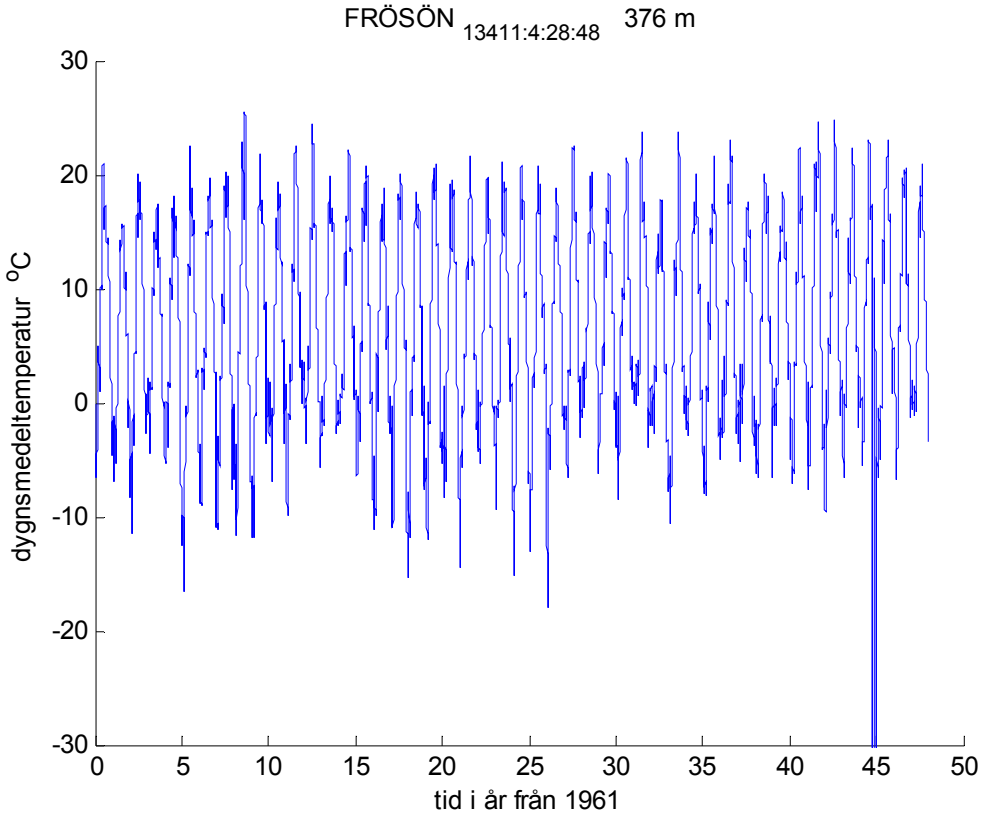
Figur 2.4 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



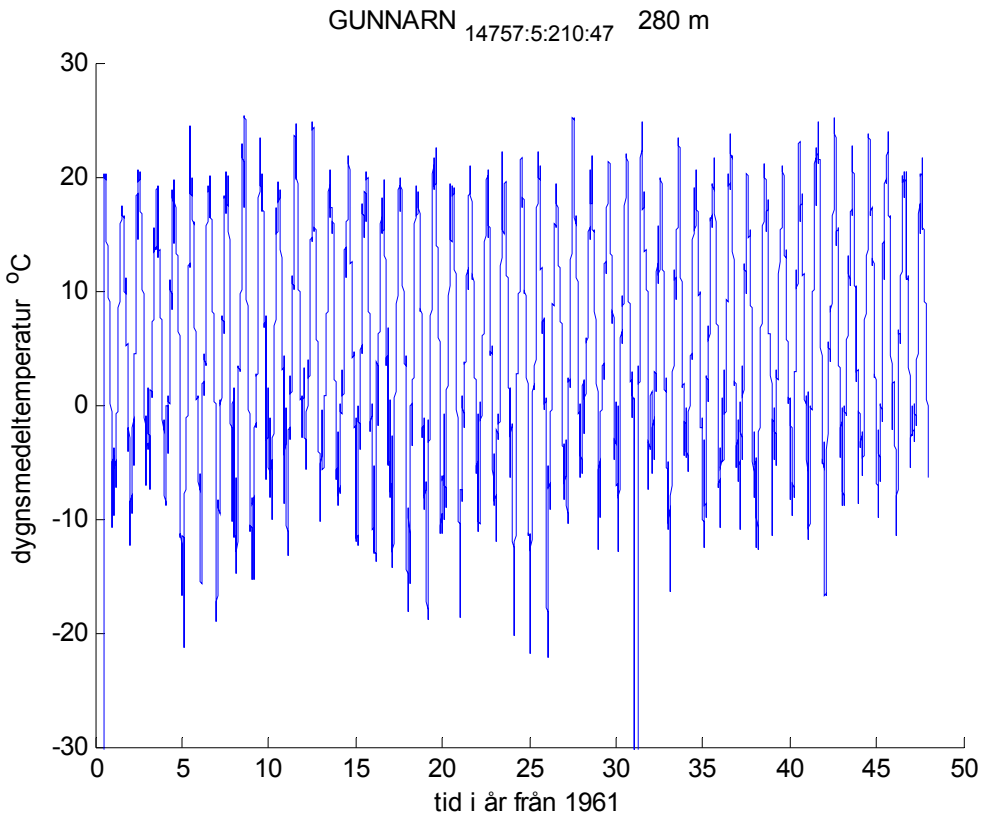
Figur 2.5 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



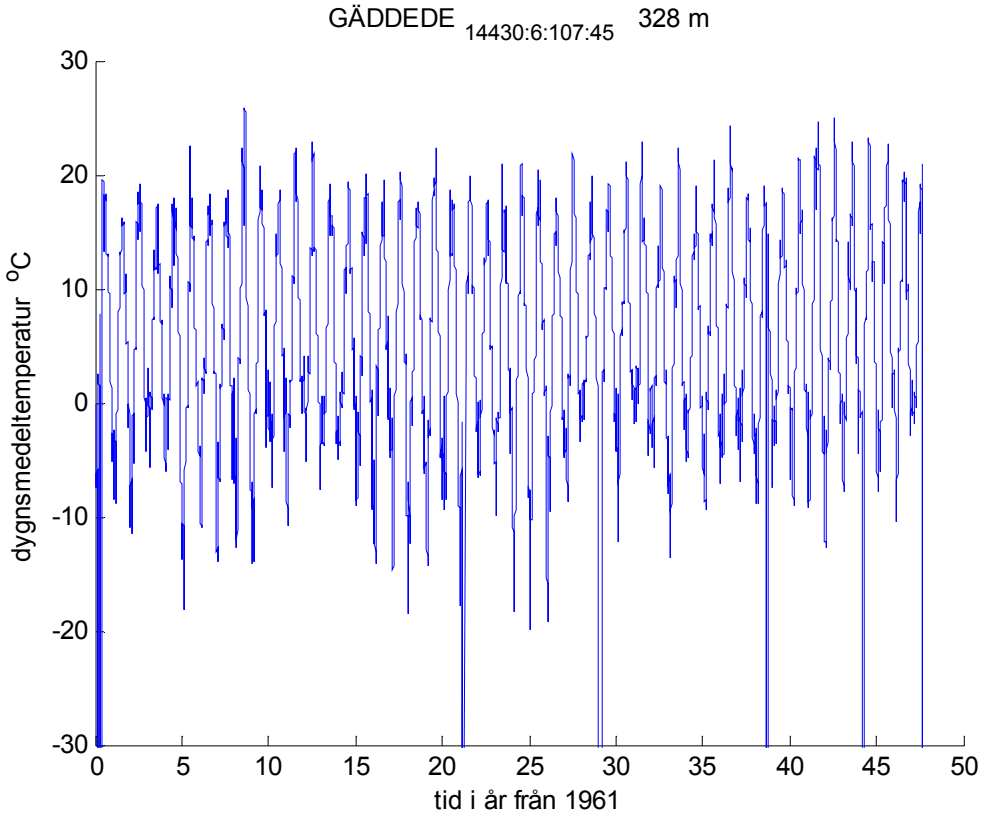
Figur 2.6 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



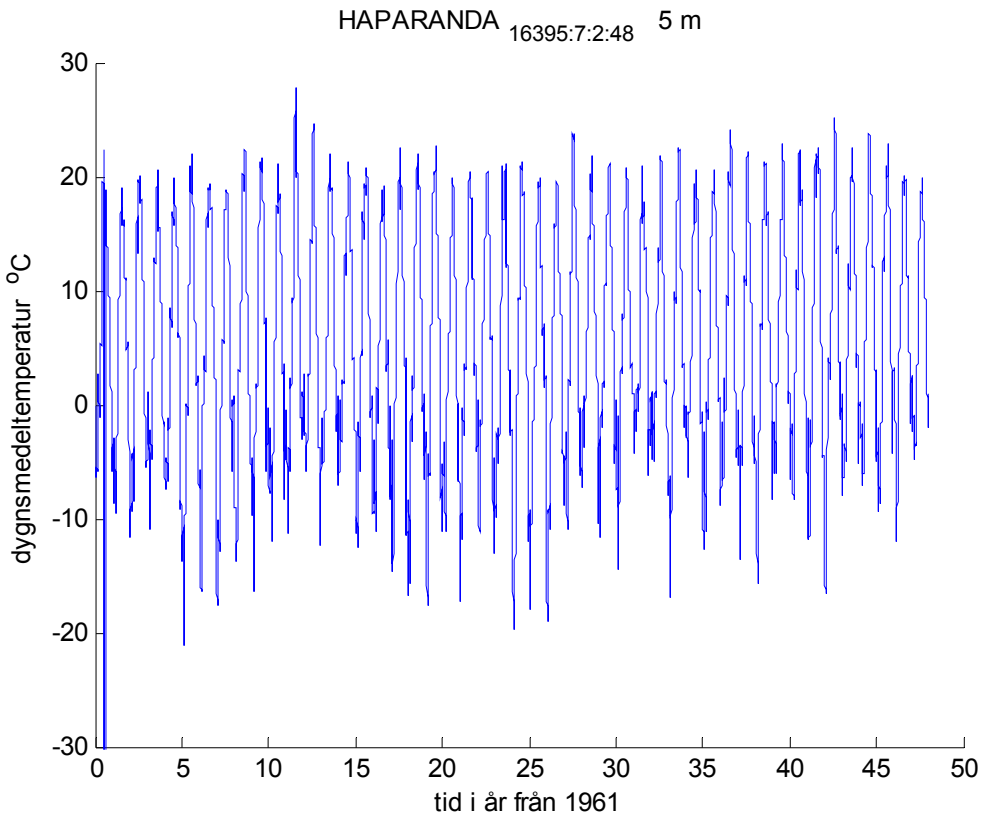
Figur 2.7 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



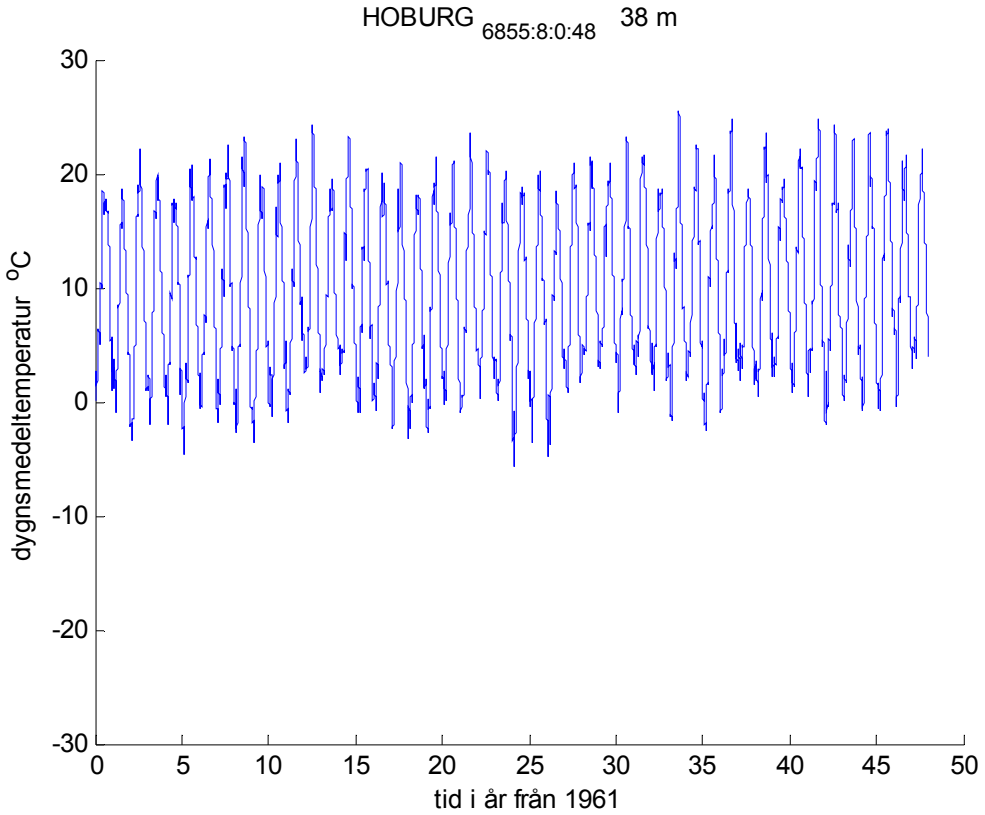
Figur 2.8 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



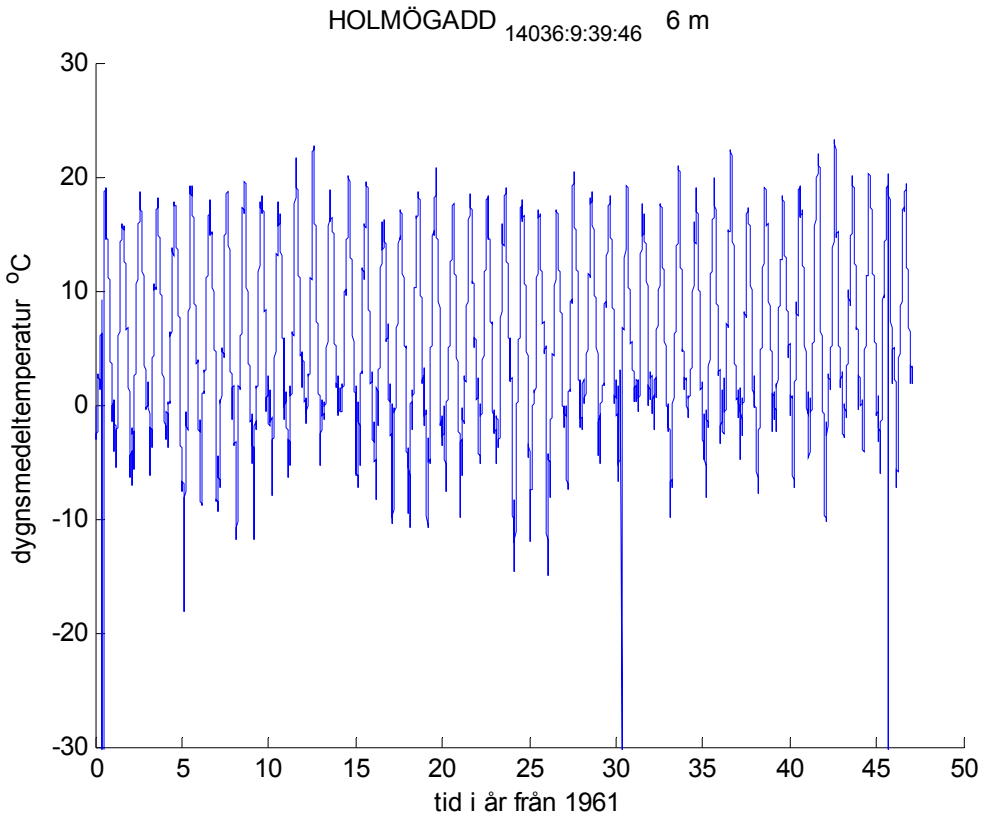
Figur 2.9 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



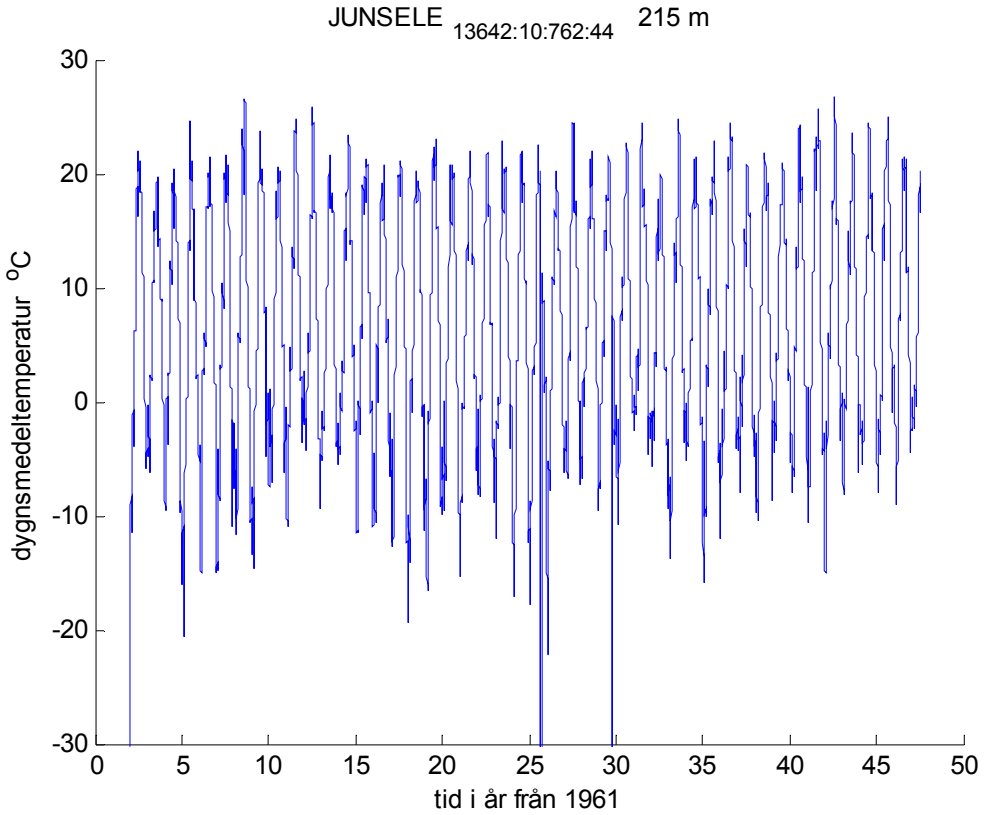
Figur 2.10 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



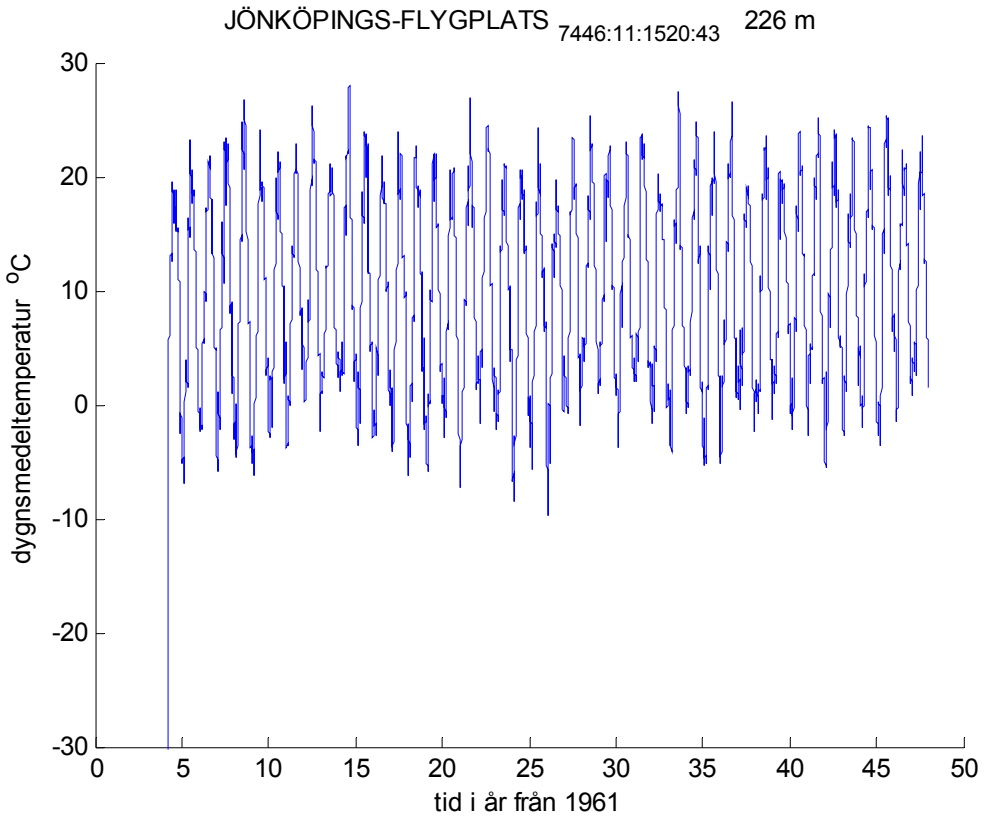
Figur 2.11 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



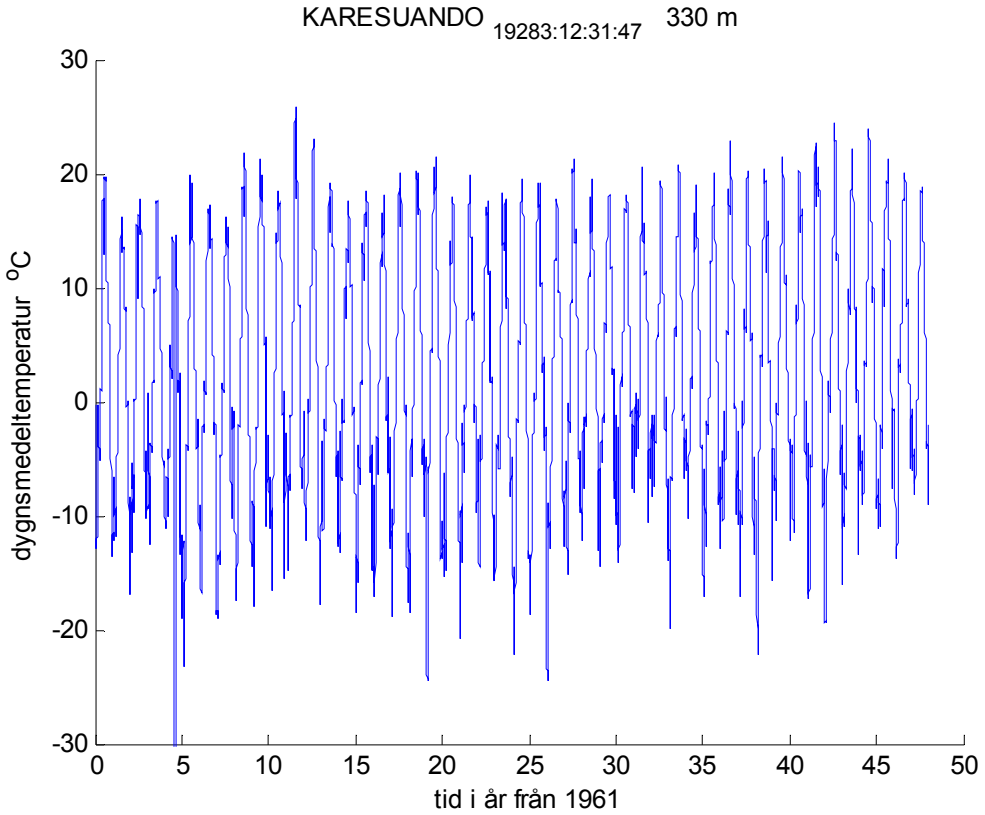
Figur 2.12 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



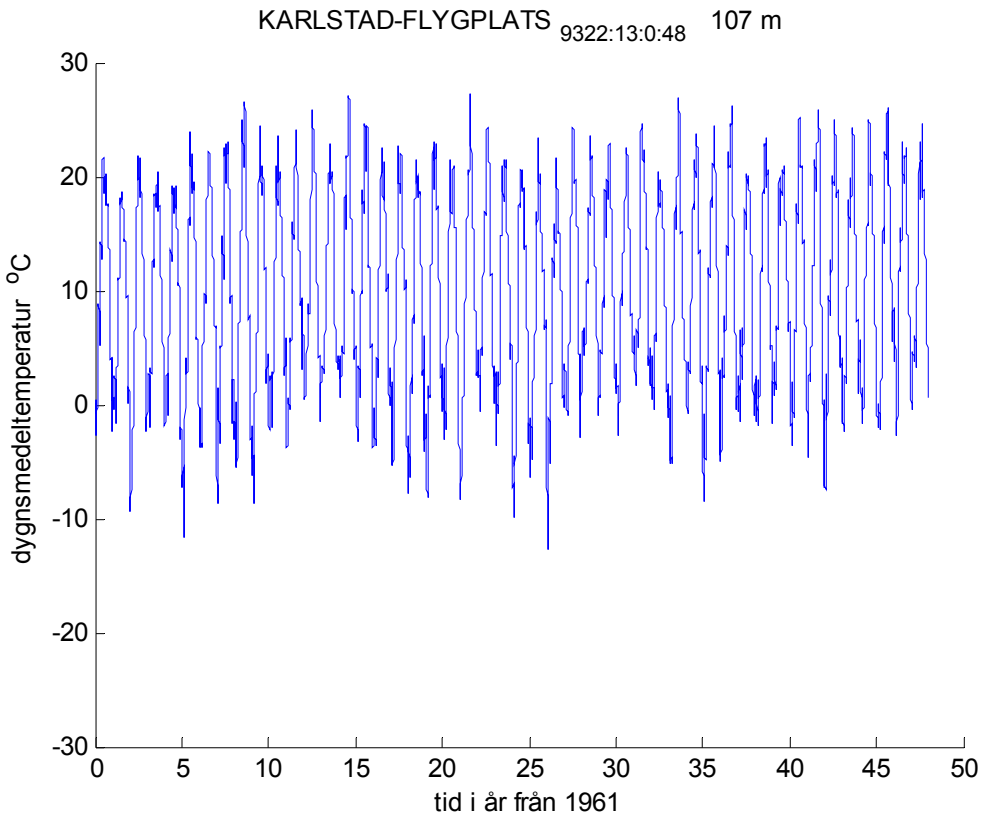
Figur 2.13 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



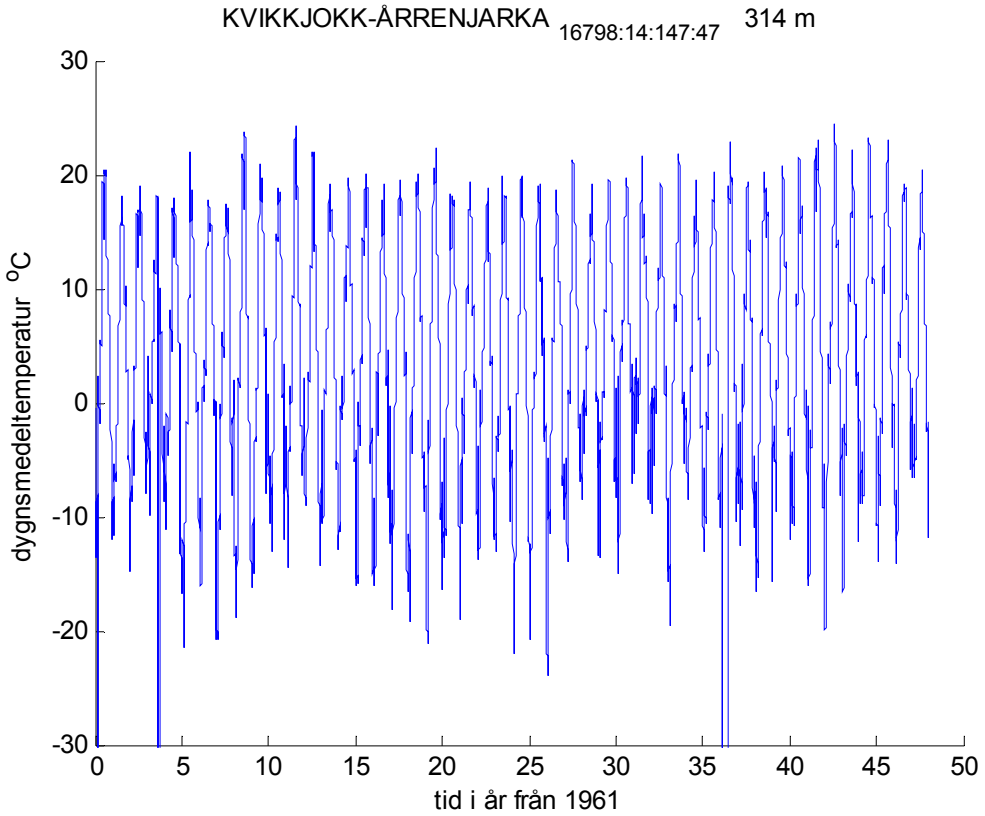
Figur 2.14 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



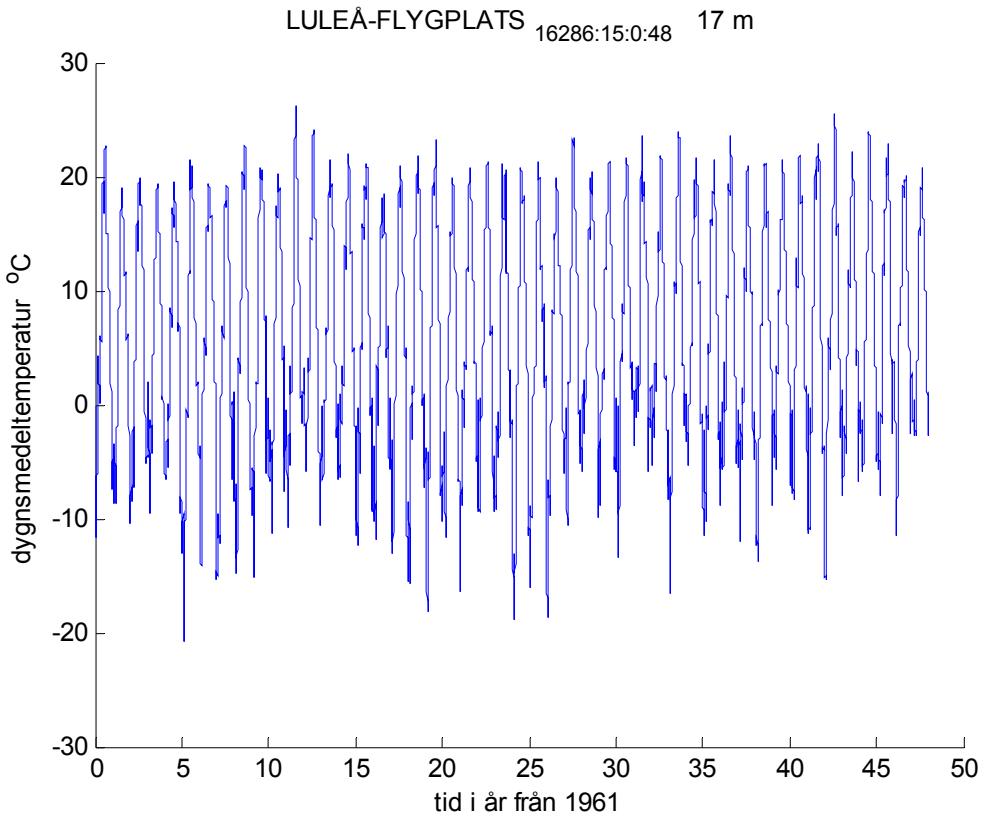
Figur 2.15 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



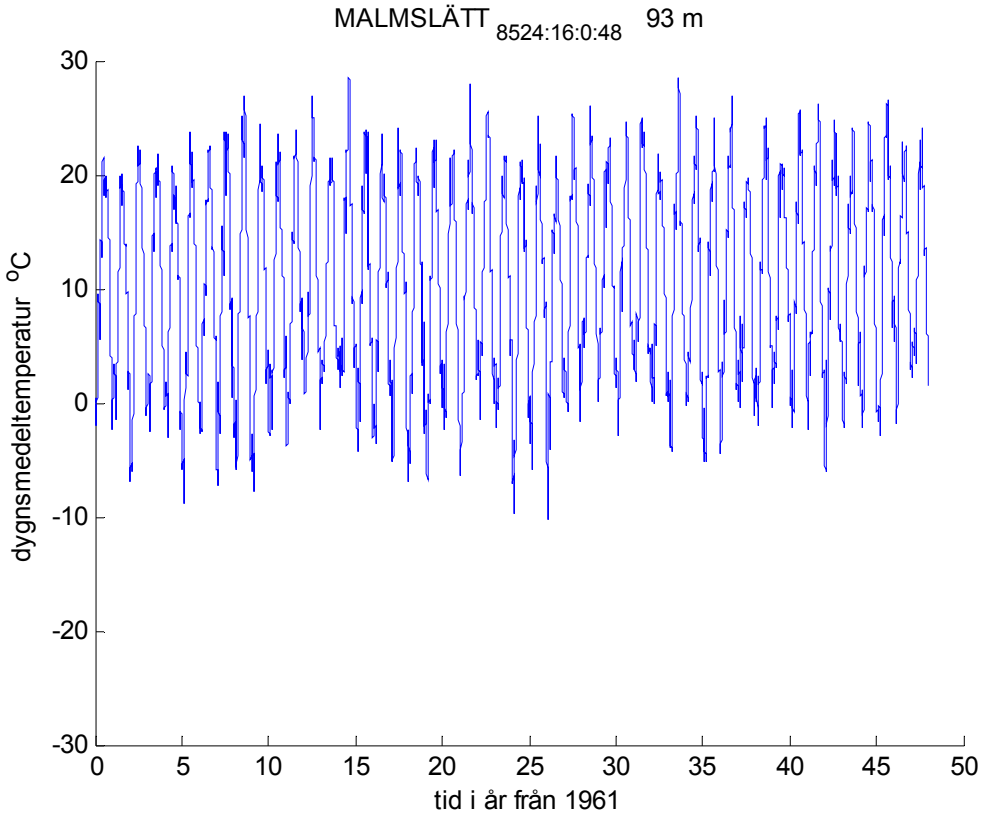
Figur 2.16 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



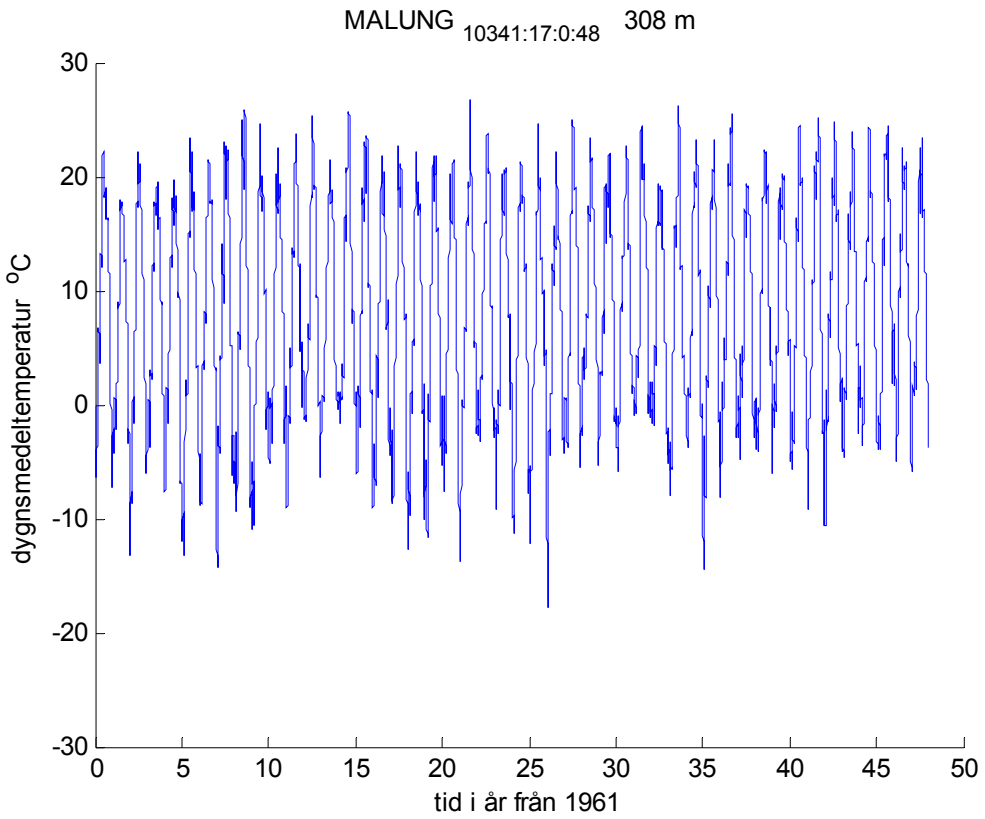
Figur 2.17 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



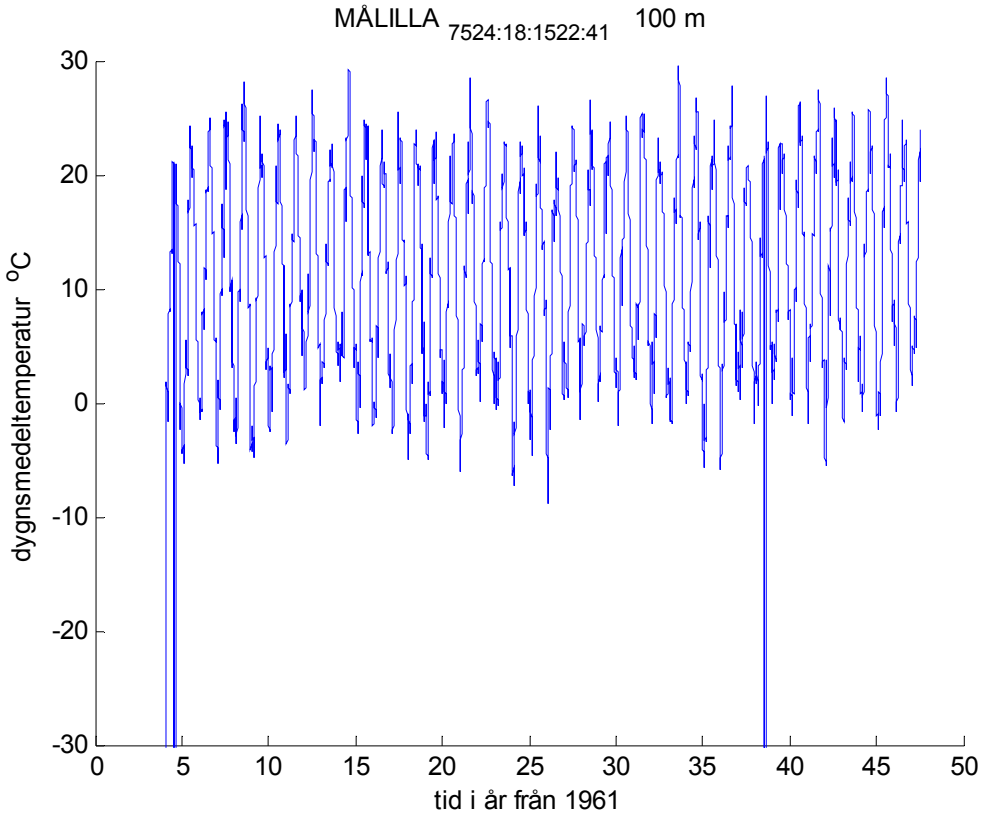
Figur 2.18 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



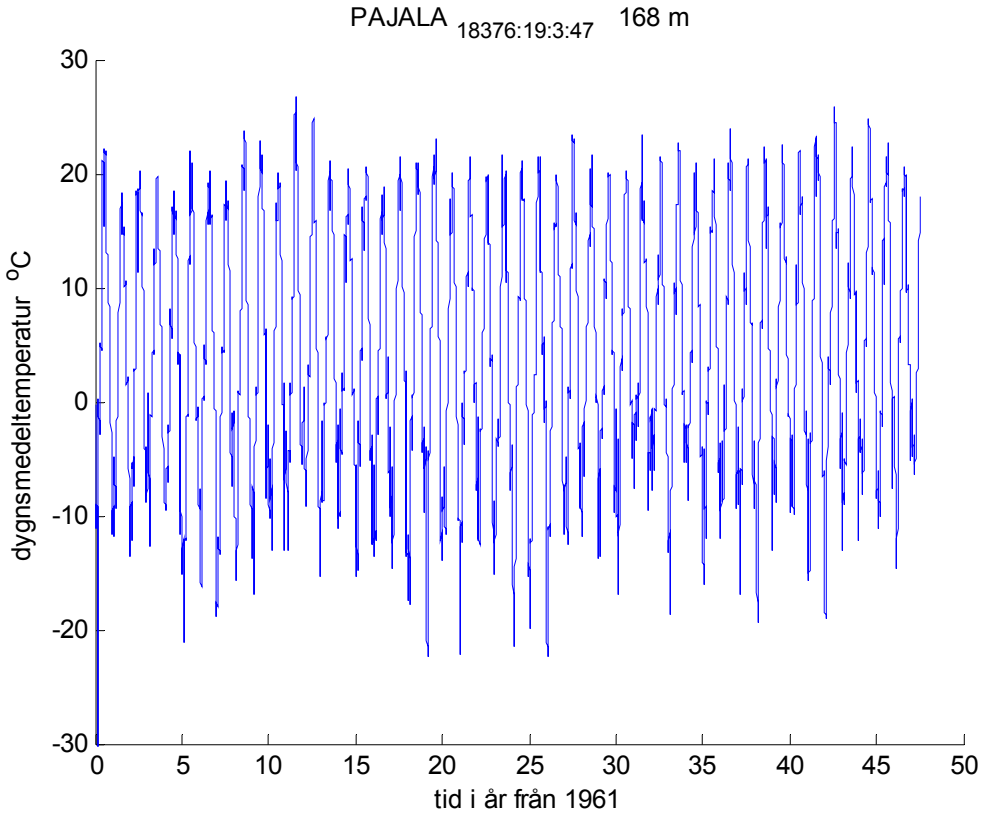
Figur 2.19 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



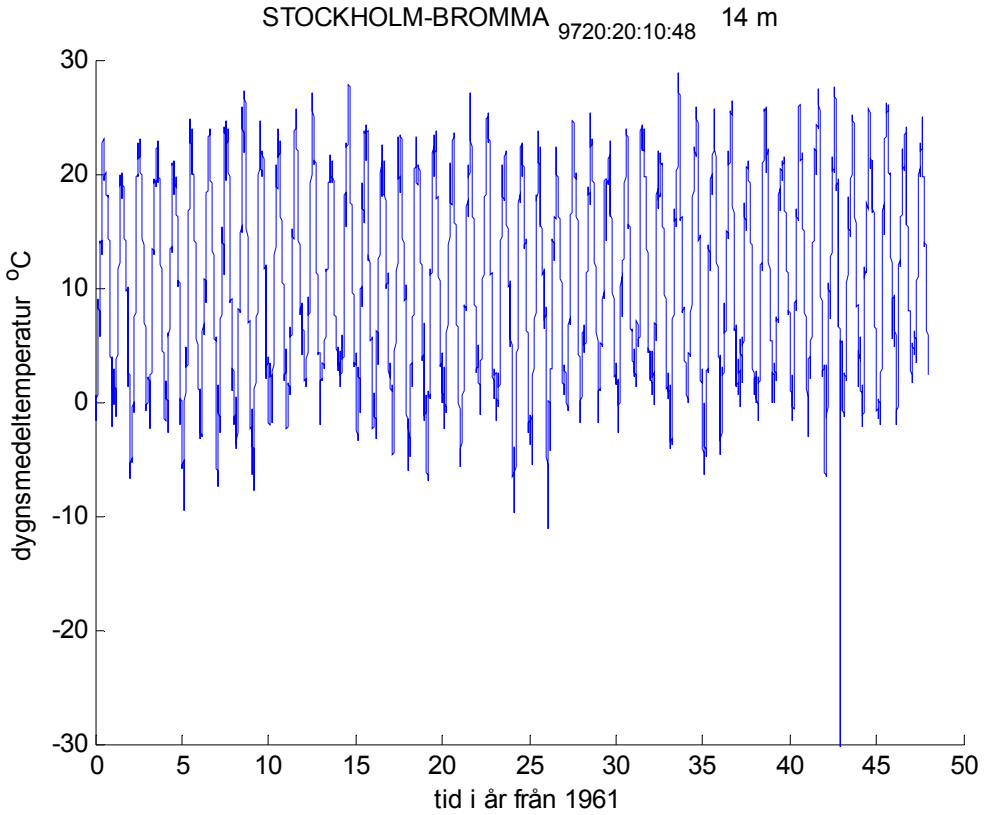
Figur 2.20 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



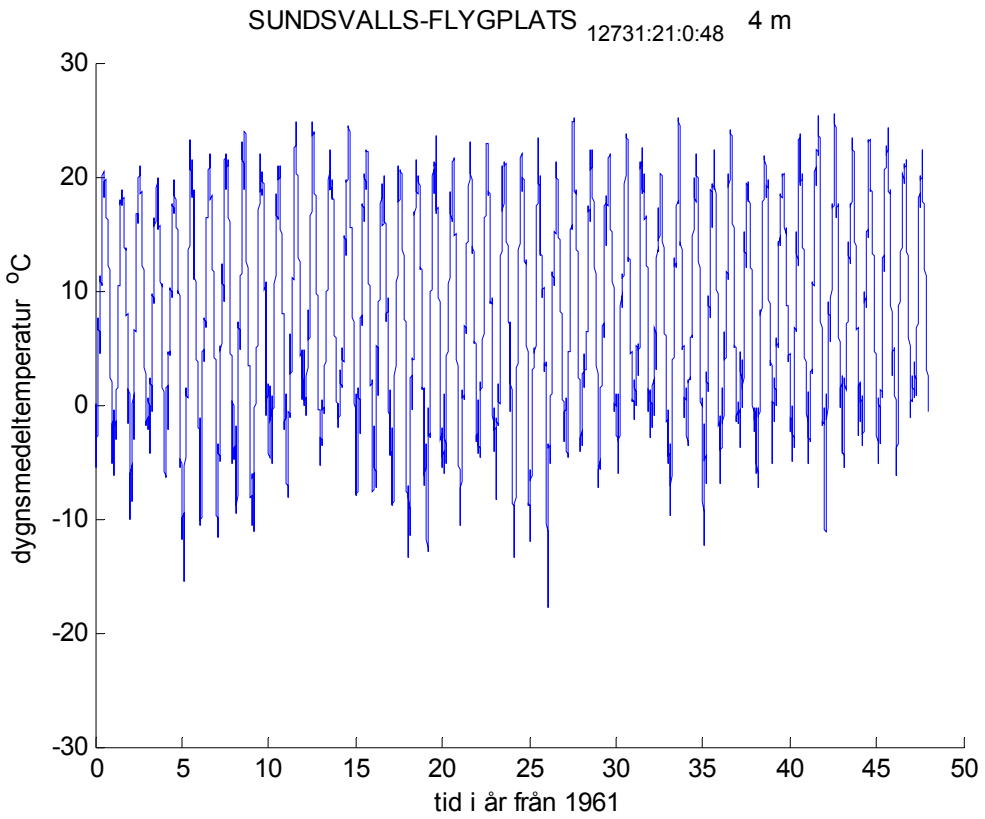
Figur 2.21 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



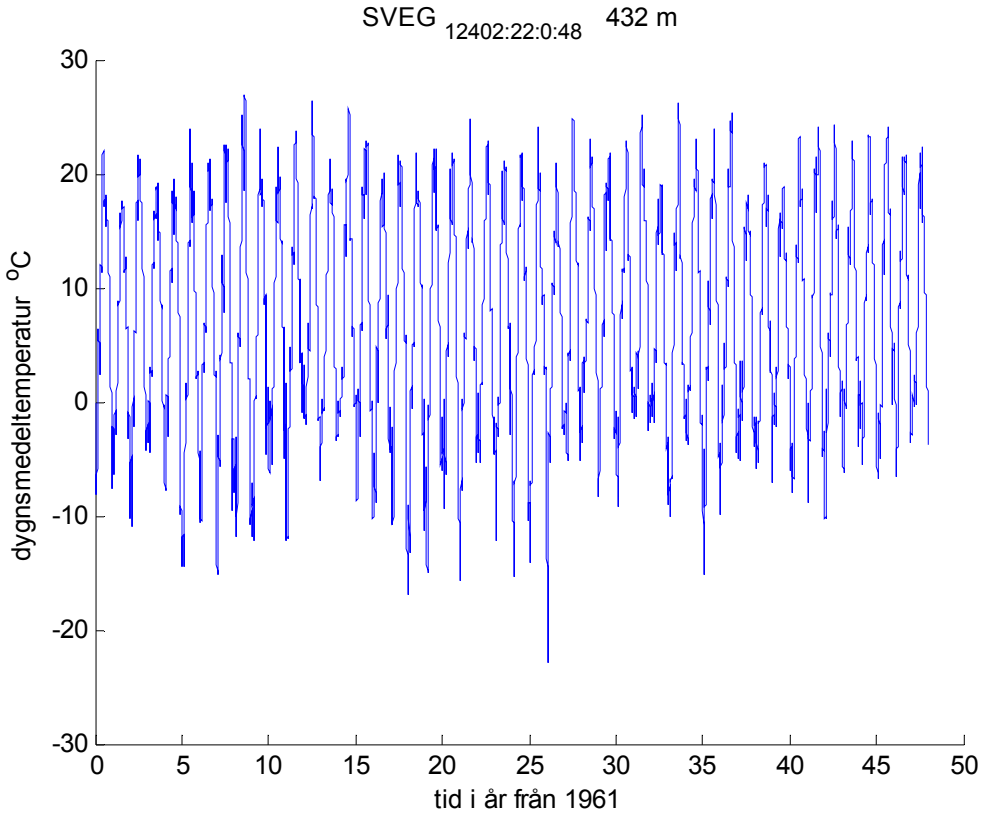
Figur 2.22 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



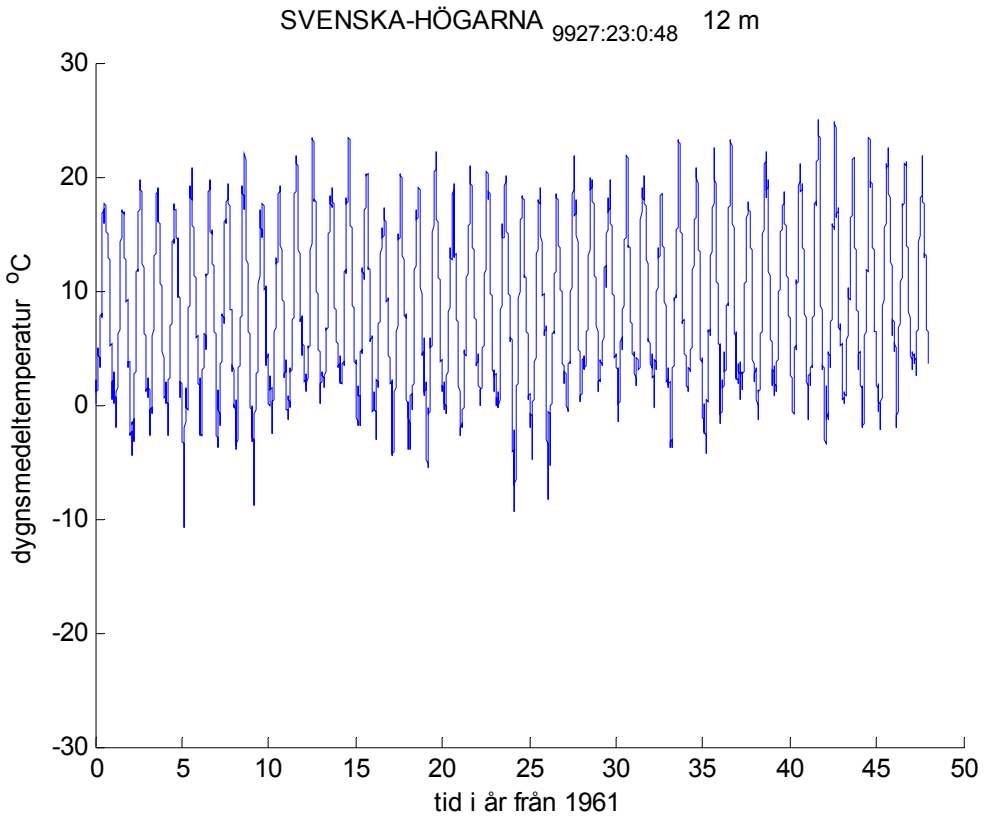
Figur 2.23 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



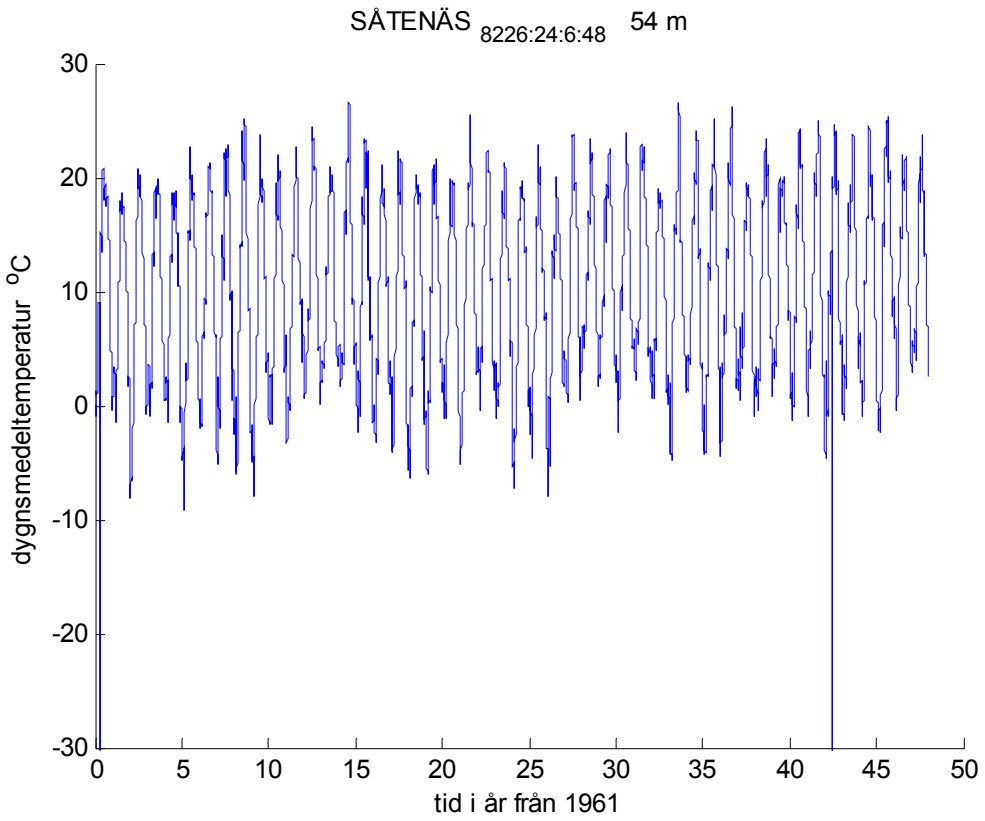
Figur 2.24 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



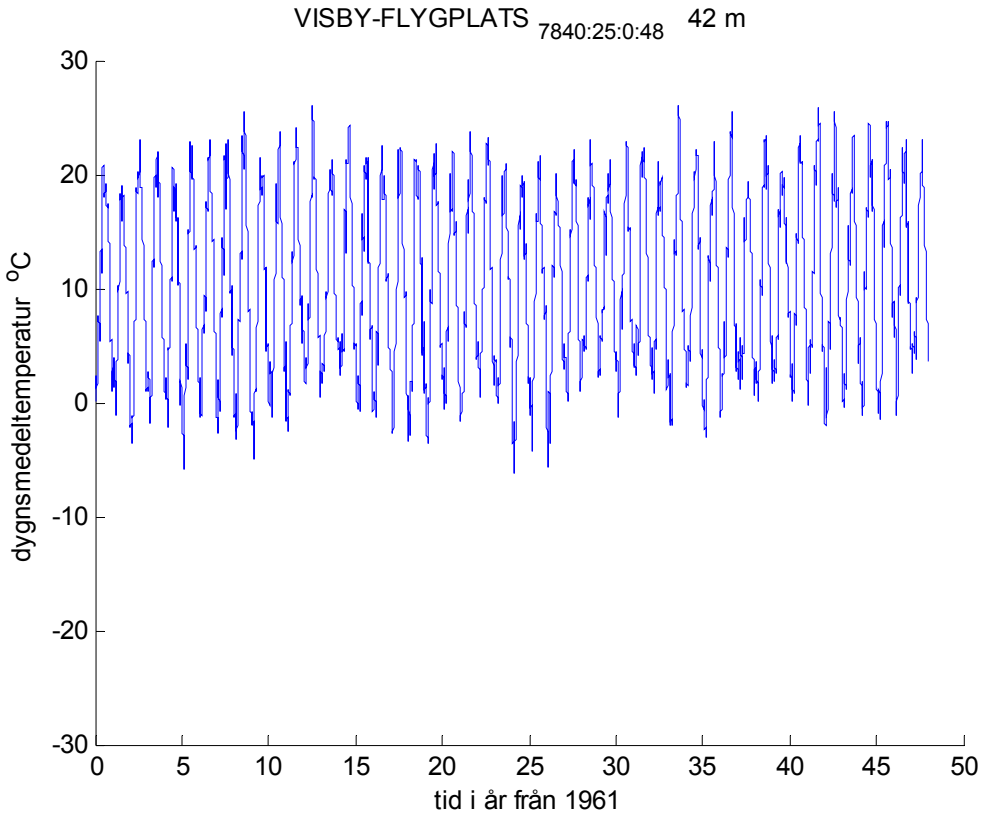
Figur 2.25 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



Figur 2.26 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008

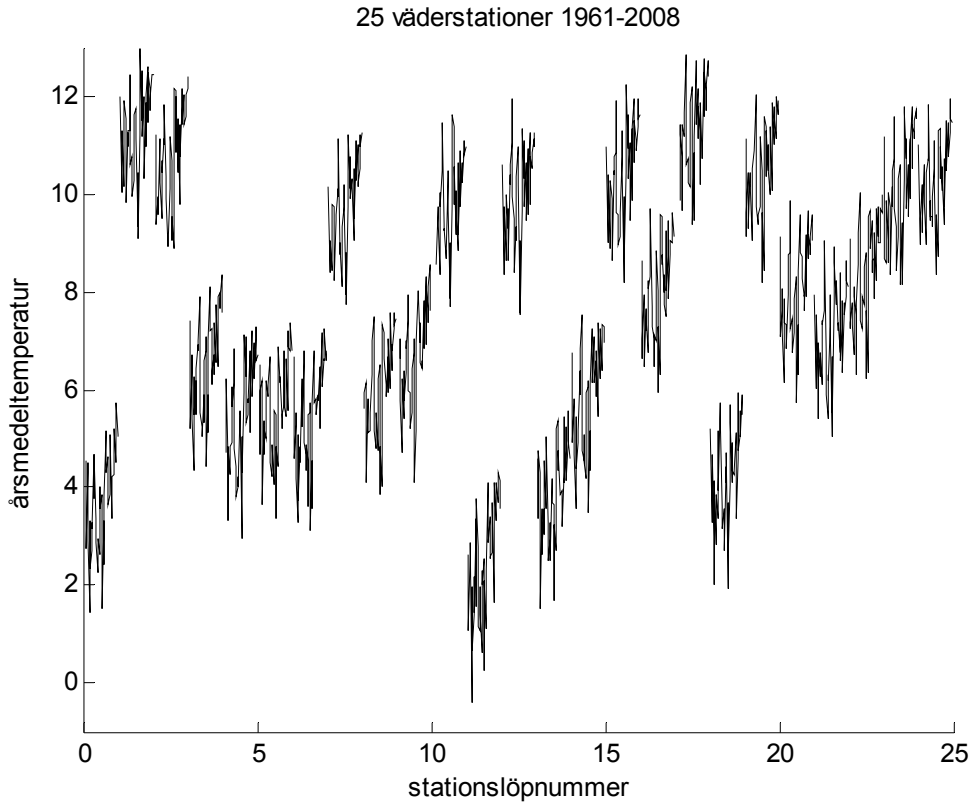


Figur 2.27 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008



Figur 2.28 Glidande medelvärde för dygnstemperatur för 1961-2008

De filtrerade dygnsmedeltemperaturerna med glidande medelvärde för tjugo dygn i Figur 2.4-28 har snarlika mönster för väderstationerna för snarlika orter. Det finns också en liten uppåtgående trend som är svår att se okulärt. Detta mönster kan förstärkas genom att redovisa en följd årsmedelvärden för alla väderstationer som i Figur 2.29. I nästa avsnitt görs en ingående undersökning hur årsmedelvärden ändras med tiden och andra parametrar.



Figur 2.29 Beräknade årsmedeltemperaturer för tjugofem väderstationer.

3 Utetemperaturens långtidsvariation

En del av utetemperaturens osäkerhet är långtidsvariationer beroende på klimatförändringar. Hur mycket utetemperaturen har förändrats under tidsperioden 1961-2008 har undersökts med årsmedelvärden för de tjugofem väderstationerna. Samtliga stationers årsmedelvärden redovisas enskilt i Figur 3.1 och med ett gemensamt medelvärde för hela Sverige i Figur 3.2 med samma y-axel.

Kurvorna i Figur 3.1 och 3.2 uppvisar en mindre ökning av medeltemperaturen. Det gemensamma medelvärdet har ritats om med en annan y-axel i Figur 3.3. En påpekande är att spridningen är betydande. Standardavvikelsen för årsmedeltemperaturen kan beräknas till 0.99 ºC, vilket innebär med antagande om normalfördelning att en tredjedel av fallen ligger mer än 0.99 ºC över eller under medelvärdet för tidsperioden 1961-2008, vilket är 7.70 °C. Notera att detta medelvärde kan inte tolkas som ett medelvärde för Sverige utan är endast ett medelvärde för de tjugofem väderstationerna.

Anpassning av en konstant, en linjär och en kvadratisk tidsfunktion har gjorts för att bestämma hur utetemperaturen varierar på lång sikt. Resultatet redovisas i Tabell 3.1 med modellparametrarna *a, b* och *c*, deras standardavvikelse och modellfelet standardavviklse. Tidsmodellen, där tidsparametern anges som t = 1(1)48 år, kan skrivas som:

$$T_m(t) = a + bt + ct^2 \qquad (ºC) \qquad (3.1)$$

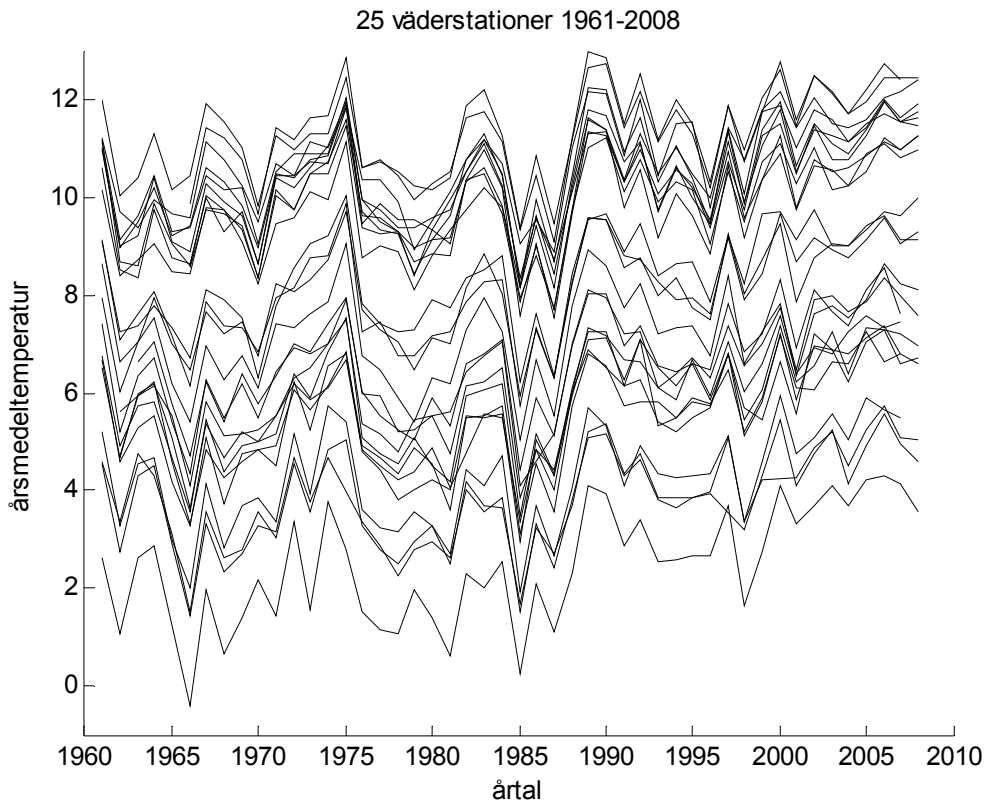
Tabell 3.1 Modellparametrar enligt (3.1), dito standardavvikelse samt modellfelets dito.

modell	*a*	std(*a*)	*b*	std(*b*)	*c*	std(*c*)	std(fel)
konstant	7.7010	0.1437	-	-	-	-	0.9912
linjär	6.7291	0.2657	0.0397	0.0094	-	-	0.8210
kvadratisk	7.2559	0.4015	-0.0235	0.0378	0.0013	0.0007	0.7900

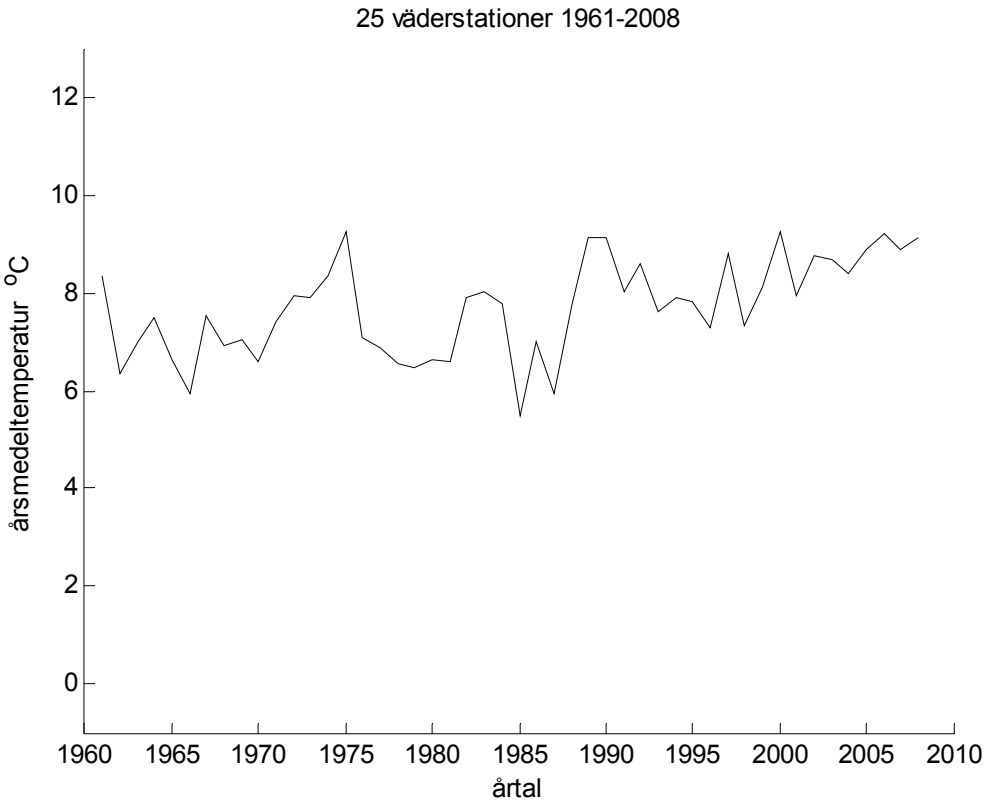
Modellfelets standardavvikelse minskar något från 0.99 ºC till 0.82 ºC från övergång mellan en konstant och en linjär modell. Den kvadratiska modellen med ytterligare en parameter ger en obetydligt förbättring jämför med den linjära modellen från 0.82 ºC till 0.79 ºC. De tre modellerna beskriver mätdata dåligt. Detta visar också korrelationskoefficienten, vilken är 0.00, 0.56 och 0.60 för de tre modellerna.

De tre anpassade tidsfunktionerna redovisas i Figur 3.4 tillsammans med mätdata.

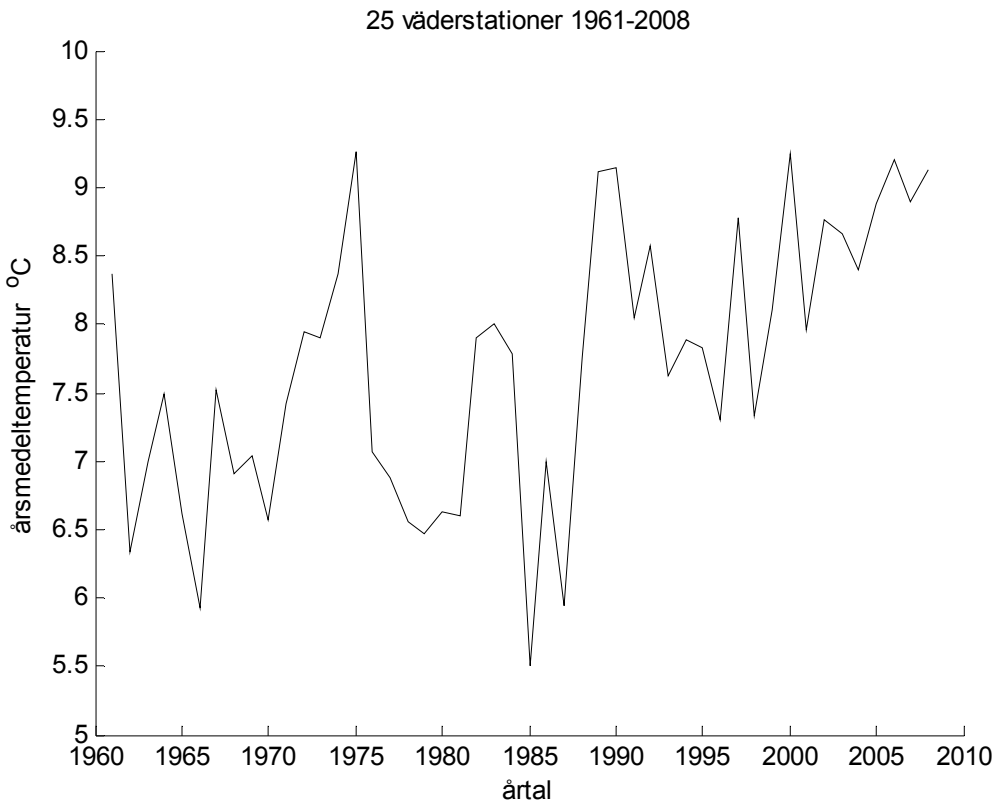
Den linjära modellens parameter *b* ger den årliga förändringen 0.0397 ºC/år och dess standardavvikelse är 0.0094 ºC/år. Temperaturökningen på femtio år blir avrundat 2 ºC. Den årliga förändringen har också beräknats för varje väderstation, vilket gett medelvärde på 0.0377 ºC/år och en standardavvikelse på 0.0060 ºC/år Den minsta ökning blev 0.0262 ºC/år och den största 0.0516 ºC/år.



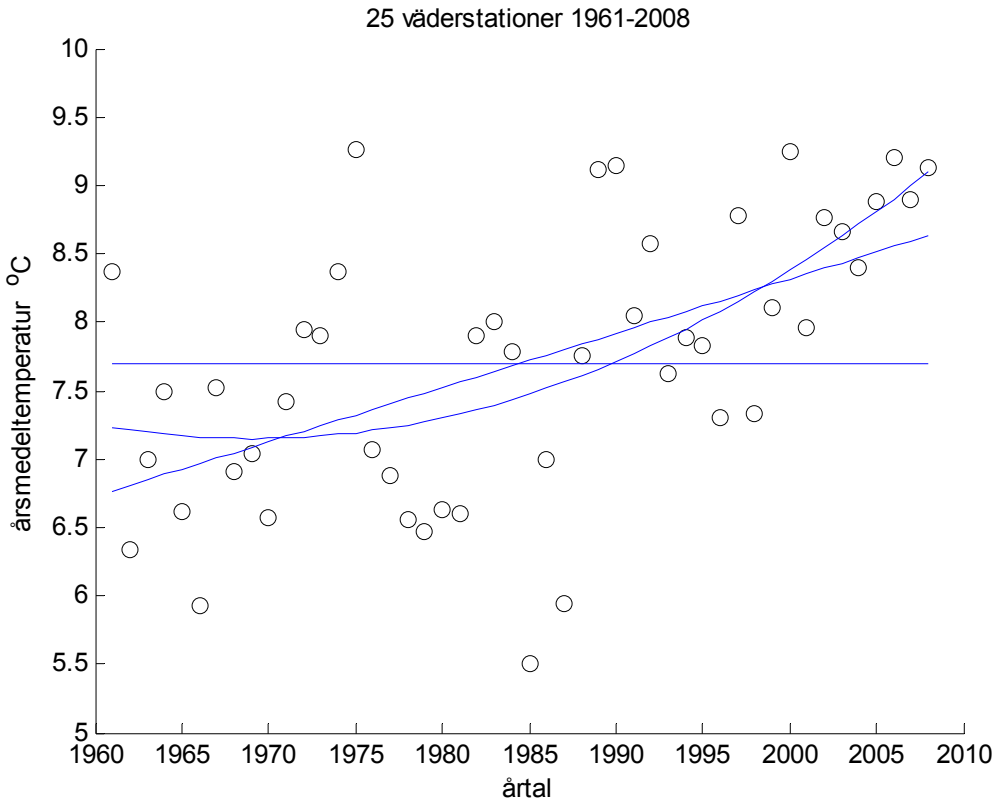
Figur 3.1 Enskilda årsmedelvärden för 25 väderstationer för tidsperioden 1961-2008.



Figur 3.2 Gemensamt årsmedelvärde för 25 väderstationer för tidsperioden 1961-2008.



Figur 3.3 Gemensamt årsmedelvärde för 25 väderstationer för tidsperioden 1961-2008.

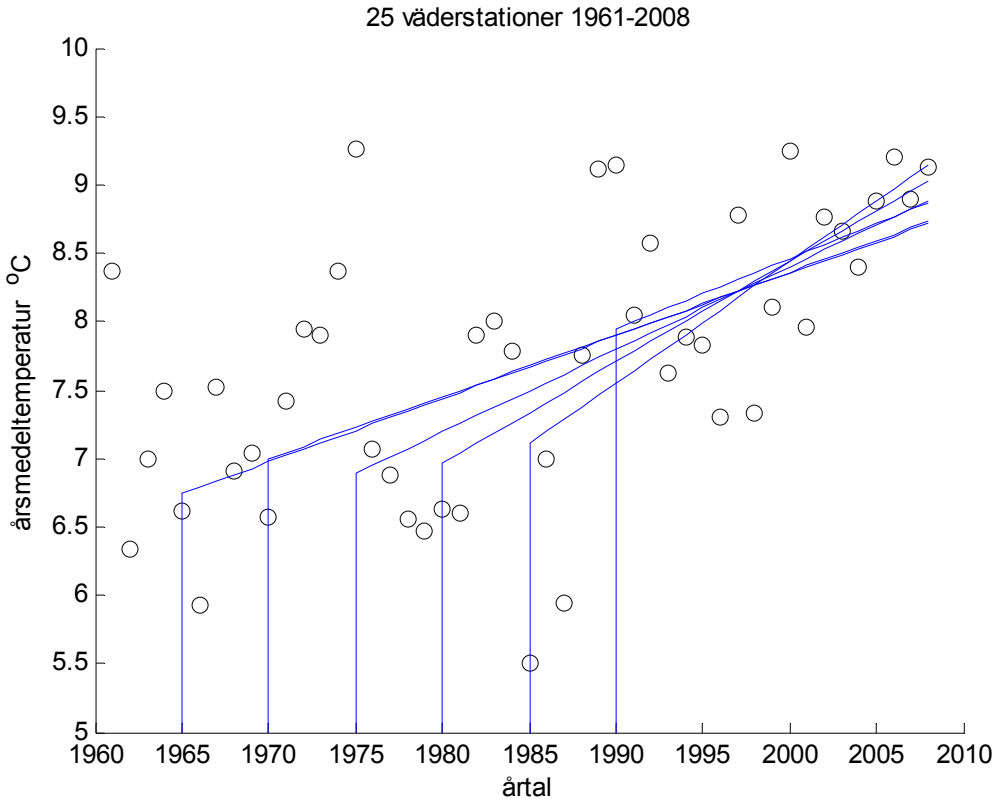


Figur 3.4 Gemensamt årsmedelvärde för 25 väderstationer för tidsperioden 1961-2008 och tre anpassade tidsfunktioner, en konstant, en linjär och en kvadratisk.

Den linjära temperaturändringen för årsmedeltemperaturen påverkas givetvis av valet av tidsintervall. Resultatet för beräkning med startårtal 1965(5)1990 och med slutår 2008 visas i Tabell 3.2 och i Figur 3.5. Den linjära temperaturökningen ökar med ökande startårtal fram till 1985 och faller därefter tillbaka något för årtal 1990. Ett viktigt påpekande är att korrelationen för samtliga modeller är mindre än 0.65. Modellfelets standardavvikelse är stor i förhållande till årsmedeltemperaturens standardavvikelse. Nyttan med modellerna är liten.

Tabell 3.2 Modellparametrar, standardavvikelse för fel och signal (årsmedeltemperatur) samt korrelation för linjära modeller för tidsintervall med olika startårtal

startårtal	*a* ºC	*b* ºC/år	std(fel) ºC	std(signal) ºC	korrelation -
1965	6.51	0.0462	0.81	1.00	0.59
1970	6.55	0.0452	0.84	0.99	0.52
1975	5.98	0.0605	0.83	1.03	0.59
1980	5.50	0.0736	0.76	0.98	0.64
1985	4.92	0.0878	0.78	1.00	0.62
1990	6.41	0.0511	0.57	0.63	0.45



Figur 3.5 Gemensamt årsmedelvärde för 25 väderstationer för tidsperioden 1961-2008 och sex linjära anpassade tidsfunktioner för olika tidsintervall.

Slutsatsen är att den här redovisade årliga ändringen på avrundat 0.04 ºC/år inte har någon betydelse för att bestämma uteklimatet ett år framåt i tiden som för fallet vid en beräkning av energibehovet för uppvärmning och ventilation. Den årliga variationen för medelvärdet för hela Sverige för tidsperioden 1961-2008 är betydande. Standardavvikelsen är avrundat 1 ºC.

4 Tidsberoende osäkerhet för utetemperaturen

Avsikten med detta avsnitt är att undersöka hur utetemperaturen kan variera i tiden från år till år för en och samma ort. Detta görs först förenklat med årsmedelvärden och därefter med gradtimmevärden. Hur årsmedeltemperaturen varierar för de tjugofem väderstationerna under tidsperioden 1961-2008 har sammanställts i Tabell 4.1 genom att beräkna lägsta, medel, högsta och standardavvikelse för årsmedeltemperaturen. Osäkerheten beskrivs bäst med standardavvikelsen i Tabell 4.1.

Antalet år som ingår i beräkningarna anges också i Tabell 4.1. Det totala bortfallet är tjugoåtta år, vilket i genomsnitt är obetydligt mer än ett år per väderstation i genomsnitt. Större delen av bortfallet sker för åren 1961-1965 med femton utav tjugoåtta. Det största bortfall har nr 18 Målilla med sju år varav alla åren 1961-1965. Detta kan till en del förklara att Målilla har den högsta medeltemperaturen på 11.33 ºC, eftersom årsmedeltemperaturerna har ökat med tiden.

Tabell 4.1 Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse för årsmedeltemperatur för tidsperioden 1961-2008 för tjugofem väderstationer enskilt

station	min	medel	max	std	antal år
1	1.46	3.80	5.73	1.03	46
2	9.09	11.30	13.00	0.94	48
3	8.91	10.81	12.40	0.97	47
4	4.34	6.59	8.35	1.02	48
5	2.97	5.56	7.31	1.12	47
6	3.34	5.61	7.35	0.98	45
7	3.11	5.48	7.24	1.06	48
8	7.73	9.74	11.24	0.97	46
9	3.83	6.07	7.59	0.97	46
10	4.10	6.69	8.54	1.03	44
11	7.71	9.87	11.65	0.95	43
12	-0.41	2.47	4.30	1.18	47
13	7.53	9.98	11.94	1.02	48
14	1.50	3.86	5.56	0.98	47
15	3.46	5.88	7.52	1.08	48
16	8.17	10.42	12.26	1.06	48
17	5.94	8.06	9.72	1.00	48
18	9.38	11.33	12.87	0.95	41
19	1.94	4.25	5.92	1.03	47
20	8.17	10.51	12.06	0.97	48
21	5.73	8.11	9.88	1.00	48
22	5.03	7.18	9.06	0.96	48
23	6.23	8.40	10.02	1.02	48
24	8.14	10.17	11.81	1.09	48
25	8.36	10.33	11.94	0.87	48

Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse för de fyra kolumnerna i Tabell 4.1 har beräknats och redovisas i Tabell 4.2. Siffrorna för standardavvikelsen visar att medelvärdet är 1.01 ºC och att minsta och största värde är 0.87 ºC respektive 1.18 ºC. Spridningen är måttlig. Standaravvikelsen för standardavvikelsen är endast 0.06 ºC.

Slutsatsen av denna enkla undersökning är att årsmedelvärdet för utetemperaturen för en ort har en standardavvikelse något avrundat till 1 ºC.

Tabell 4.2 Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse för årsmedeltemperatur för tidsperioden 1961-2008 för tjugofem väderstationer gemensamt

	min	medel	max	std
min	-0.41	2.47	4.30	0.87
medel	5.43	7.70	9.41	1.01
max	9.38	11.33	13.00	1.18
std	2.82	2.67	2.63	0.06

Hur mycket årsmedeltemperaturen ändras från år till år har undersökts genom att beräkna absoluta differenser för fjorton av de tjugofem väderstationerna med fullständiga data. Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse redovisas i Tabell 4.3. Det totala medelvärdet redovisas nederst i Tabell 4.3. Siffrorna visar att medeländringen mellan två år är 0.80 ºC, men det kan förekomma stora absoluta skillnader. Standardavvikelser ligger omkring 0.6 ºC. De högsta differenserna ligger över 2 ºC och för dessa medelvärdet är 2.44 ºC. Lägsta värden ligger nära 0 ºC, vilket styrker prognosen att nästa år är lika med nuvarande år.

Tabell 4.3 Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse för absoluta differenser i årsmedeltemperatur för väderstationer med hela tidsperioden 1961-2008

station	min ºC	medel ºC	max ºC	std ºC
2	0.00	0.83	2.13	0.58
4	0.07	0.80	2.64	0.60
7	0.02	0.81	2.62	0.67
8	0.01	0.74	2.38	0.56
13	0.07	0.90	2.64	0.63
15	0.02	0.84	2.74	0.64
16	0.03	0.89	2.28	0.65
17	0.02	0.78	2.09	0.57
20	0.00	0.77	2.32	0.60
21	0.01	0.73	2.64	0.67
22	0.04	0.86	2.30	0.62
23	0.00	0.72	2.57	0.62
24	0.06	0.84	2.51	0.61
25	0.00	0.75	2.34	0.55
medel	0.02	0.80	2.44	0.61

Gradtimmevärden beräknas för åren 1961-2008 för de tjugofem väderstationerna. Om antalet dygnsvärden är mindre än 335 utelämnas året helt annars sker en uppskalning till 365 dygn. Sista dygnet slopas för skottår. Nerskalning till 365 dygn hade varit en bättre lösning.

Gränstemperaturen kommer att varieras från 0 °C till 25 °C i steg om 1 °C. Gradtimmevärden för området 20-25 °C kan användas för att skatta bruttobehovet för uppvärmning och ventilation. Gradtimmevärden för området 5-15 °C kan användas för att skatta nettobehovet för uppvärmning och ventilation. Gradtimmevärden för gränstemperaturer under 0 °C är bara av intresse för extremhus av passivtyp.

Hur minsta, medel, största och standardavvikelse för gradtimmevärde redovisas i Figur 4.1(2)49 som funktion av gränstemperaturen. En förenklad °Ch-funktion med två parametrar har anpassats till den uppmätta gradtimmefunktionen och redovisas med ringar för varje °C i Figur 4.1(2)49. De två parametrar är temperaturgränser som bildar ett temperaturintervall med en konstant frekvens h/°C. Detta innebär att °Ch-funktionen är kvadratisk i intervallet samt noll undre den lägre gränsen och linjär över den övre gränsen. En fullständig beskrivning av den förenklade °Ch-funktionen görs i underavsnittet Förenklad °Ch-funktion på sidan 59.

Standardavvikelsen i Figur 4.1(2)49 ökar något, men den relativa osäkerheten avtar, eftersom °Ch-värdet ökar nästan kvadratiskt med ökande gränstemperatur.

Standardavvikelsen har räknats om till en spridning eller osäkerhet i utetemperaturen genom att dividera standardavvikelsen för ºCh-värdet med drifttiden för samma gränstemperatur. Division har även skett med 8760 h för att visa hur utetemperaturens osäkerhet blir utslagen över hela året. De två kvoterna som beskriver spridningen eller osäkerheten i utetemperatur redovisas i Figur 4.2(2)50 som funktion av gränstemperaturen.

De två kurvorna i Figur 4.2(2)50 skall givetvis sammanfalla när drifttiden omfattar hela året. Detta kan ske för ett godtyckligt värde och hjälplinjen 1 °C är bara en hjälplinje och inte någon antagen konvergensgräns för två kurvorna.

Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse samt standardavvikelse omräknad till en spridning i utetemperatur på två olika sätt för beräknade gradtimmevärden för perioden 1961-2008 redovisas för de tjugofem väderstationerna för gränstemperaturerna 0(5)25 °C i Tabell 4.4-9.

Lägsta, medel, högsta och standardavvikelse samt standardavvikelse omräknad till en spridning i utetemperatur på två olika sätt för värden för de tjugofem väderstationerna i Tabell 4.4-9 sammanställs för lägsta, medel, högsta och standardavvikelse i Tabell 4.10-13.

Notera att osäkerheten eller spridningen i utetemperatur avtar med ökande gränstemperatur.

Osäkerheten för ett °Ch-värde kan för samtliga väderstationer, för ett godtyckligt år och gränstemperaturerna 20 °C och 25 °C enligt Tabell 4.11 anges som 8300 °Ch respektive 8740 °Ch. Osäkerheten motsvarande osäkerhet kan anges som 730 °Ch respektive 610 °Ch.

Tabell 4.4 Min, medel, max och std för °Ch samt utetemperaturosäkerhet för 0 °C

station	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
1	13.70	23.86	39.56	6.36	2.03	0.73
2	0.05	1.74	5.85	1.45	2.10	0.17
3	0.00	0.80	4.25	1.05	2.66	0.12
4	3.51	11.45	24.69	5.21	2.48	0.59
5	8.94	19.11	37.38	6.60	2.54	0.75
6	5.11	14.58	30.77	5.84	2.54	0.67
7	7.74	18.43	37.20	6.54	2.57	0.75
8	0.00	1.41	4.91	1.34	2.07	0.15
9	2.03	8.79	23.18	4.81	2.56	0.55
10	6.89	15.93	33.46	6.08	2.62	0.69
11	0.42	3.88	10.07	2.50	2.17	0.29
12	18.55	30.37	47.80	7.14	1.98	0.81
13	0.33	4.89	14.17	3.25	2.77	0.37
14	14.81	25.88	41.08	6.30	2.14	0.72
15	6.69	17.23	35.75	6.36	2.59	0.73
16	0.29	4.03	11.33	2.79	2.58	0.32
17	3.09	10.18	22.24	4.78	2.55	0.55
18	0.17	2.96	8.41	2.03	2.26	0.23
19	14.19	25.30	43.38	6.39	2.04	0.73
20	0.28	3.80	12.55	2.69	2.54	0.31
21	1.94	9.84	24.70	4.80	2.68	0.55
22	3.90	13.13	27.85	5.56	2.66	0.63
23	0.08	2.52	8.99	2.33	2.52	0.27
24	0.04	3.16	8.96	2.57	2.78	0.29
25	0.04	1.74	5.88	1.52	2.05	0.17

Tabell 4.5 Min, medel, max och std för °Ch samt utetemperaturosäkerhet för 5 °C

station	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
1	31.34	43.63	61.10	7.41	1.58	0.85
2	2.99	9.44	18.89	3.97	1.66	0.45
3	1.54	6.85	15.67	3.79	1.75	0.43
4	15.64	26.93	43.00	6.73	1.69	0.77
5	23.23	36.43	56.72	7.85	1.86	0.90
6	19.09	31.32	50.02	7.03	1.64	0.80
7	24.28	36.33	57.04	7.59	1.75	0.87
8	2.31	9.72	18.66	4.20	1.48	0.48
9	14.47	24.86	41.75	6.46	1.51	0.74
10	20.22	32.06	51.30	7.19	1.82	0.82
11	5.98	14.54	25.25	4.81	1.60	0.55
12	38.68	52.52	73.58	8.23	1.62	0.94
13	5.64	15.01	29.47	5.54	1.93	0.63
14	31.08	44.52	61.32	7.46	1.68	0.85
15	21.72	34.26	54.54	7.59	1.82	0.87
16	5.27	13.89	26.27	5.23	1.88	0.60
17	13.29	24.17	39.14	6.47	1.78	0.74
18	4.84	11.83	21.93	4.30	1.66	0.49
19	33.48	45.10	63.78	7.30	1.58	0.83
20	5.40	13.56	27.50	4.84	1.70	0.55
21	12.55	23.51	41.68	6.40	1.82	0.73
22	16.54	28.20	44.83	6.80	1.78	0.78
23	4.70	13.07	25.18	4.99	1.48	0.57
24	3.56	12.19	22.56	5.20	1.94	0.59
25	3.39	10.39	19.74	4.05	1.46	0.46

Tabell 4.6 Min, medel, max och std för °Ch samt utetemperaturosäkerhet för 10 °C

station	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
1	57.58	70.55	90.14	7.97	1.33	0.91
2	15.34	25.88	38.30	5.53	1.36	0.63
3	14.48	23.50	35.02	5.29	1.25	0.60
4	38.79	50.59	68.65	7.49	1.39	0.85
5	47.08	60.88	81.62	8.63	1.57	0.98
6	43.83	56.55	76.02	7.58	1.32	0.87
7	47.60	61.26	82.27	8.27	1.49	0.94
8	18.39	29.12	40.30	5.51	1.18	0.63
9	36.52	50.15	69.12	7.36	1.28	0.84
10	41.10	55.02	75.12	7.84	1.52	0.90
11	22.09	33.60	46.69	5.96	1.33	0.68
12	66.28	81.07	105.04	9.02	1.45	1.03
13	22.00	33.46	50.92	6.75	1.55	0.77
14	56.03	70.65	90.27	8.08	1.38	0.92
15	44.05	58.43	79.07	8.38	1.54	0.96
16	19.04	31.79	47.34	6.67	1.56	0.76
17	32.49	45.58	61.74	7.29	1.50	0.83
18	18.03	28.79	41.47	5.70	1.40	0.65
19	57.51	71.12	90.32	8.04	1.40	0.92
20	21.09	31.83	48.62	6.04	1.40	0.69
21	31.51	44.66	64.08	7.34	1.52	0.84
22	38.36	50.76	68.35	7.41	1.45	0.85
23	23.99	34.98	49.23	6.27	1.21	0.72
24	17.81	30.18	43.95	6.69	1.54	0.76
25	18.63	28.82	40.83	5.26	1.19	0.60

Tabell 4.7 Min, medel, max och std för °Ch samt utetemperaturosäkerhet för 15 °C

station	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
1	90.71	103.79	124.35	8.36	1.15	0.95
2	37.26	49.61	63.02	6.35	1.17	0.73
3	36.38	48.50	60.87	6.26	1.09	0.72
4	68.88	81.49	100.72	8.03	1.16	0.92
5	75.79	91.57	113.01	9.09	1.34	1.04
6	76.60	89.02	108.85	7.83	1.09	0.89
7	77.50	92.02	113.28	8.70	1.30	0.99
8	42.71	56.15	68.58	6.61	1.08	0.75
9	68.18	82.51	101.45	7.91	1.10	0.90
10	68.29	84.02	104.75	8.29	1.29	0.95
11	46.61	59.48	73.54	6.74	1.15	0.77
12	100.09	115.17	140.72	9.60	1.30	1.10
13	46.46	58.76	76.81	7.41	1.29	0.85
14	88.96	103.55	124.39	8.32	1.15	0.95
15	73.36	88.74	109.50	8.83	1.33	1.01
16	41.97	56.58	73.48	7.52	1.34	0.86
17	58.42	73.21	89.75	7.88	1.27	0.90
18	40.10	52.41	66.02	6.47	1.21	0.74
19	87.76	102.72	122.64	8.46	1.23	0.97
20	43.04	56.70	74.85	6.78	1.21	0.77
21	56.98	72.23	92.30	7.93	1.29	0.91
22	66.39	79.68	97.29	7.72	1.20	0.88
23	51.11	64.77	81.33	7.34	1.09	0.84
24	40.85	55.60	70.71	7.65	1.31	0.87
25	42.80	54.53	68.26	6.11	1.05	0.70

Tabell 4.8 Min, medel, max och std för °Ch samt utetemperaturosäkerhet för 20 °C

station	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
1	127.38	143.15	164.29	8.78	1.06	1.00
2	67.61	81.25	96.28	7.22	1.00	0.82
3	69.20	82.59	97.38	7.62	0.98	0.87
4	105.96	119.39	139.33	8.62	1.07	0.98
5	113.44	128.84	150.81	9.49	1.19	1.08
6	114.31	127.80	147.32	8.24	1.01	0.94
7	114.56	129.07	150.12	8.98	1.12	1.02
8	77.60	91.72	107.60	7.85	0.98	0.90
9	108.96	122.37	141.71	8.37	0.98	0.95
10	104.28	119.76	141.36	8.59	1.10	0.98
11	79.23	93.06	108.62	7.50	1.00	0.86
12	139.72	154.80	180.50	10.05	1.21	1.15
13	77.77	91.77	110.87	8.15	1.09	0.93
14	128.44	142.71	164.03	8.48	1.03	0.97
15	110.93	125.51	146.32	9.10	1.13	1.04
16	72.95	88.93	106.63	8.30	1.14	0.95
17	94.18	108.13	125.32	8.34	1.09	0.95
18	69.30	83.03	97.67	7.19	1.04	0.82
19	125.36	140.20	160.33	8.76	1.09	1.00
20	74.34	88.57	107.44	7.46	1.05	0.85
21	91.76	106.98	127.40	8.36	1.08	0.95
22	101.15	115.62	133.64	8.01	1.03	0.91
23	88.58	102.59	120.67	8.50	1.03	0.97
24	74.06	89.46	105.16	8.72	1.15	1.00
25	76.44	88.10	103.63	6.89	0.91	0.79

Tabell 4.9 Min, medel, max och std för °Ch samt utetemperaturosäkerhet för 25 °C

station	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
1	168.87	185.81	206.59	8.98	1.03	1.03
2	106.29	120.70	139.36	8.00	0.96	0.91
3	110.36	124.39	140.99	8.45	0.98	0.96
4	146.25	161.45	181.26	8.92	1.03	1.02
5	155.62	170.55	193.07	9.80	1.14	1.12
6	154.94	170.03	189.74	8.55	0.99	0.98
7	155.94	171.16	191.99	9.25	1.07	1.06
8	120.54	133.82	151.25	8.48	0.98	0.97
9	152.53	165.79	185.42	8.52	0.97	0.97
10	145.51	160.83	183.19	8.93	1.05	1.02
11	118.48	133.22	151.47	8.08	0.96	0.92
12	181.51	197.49	222.82	10.26	1.18	1.17
13	115.78	132.04	153.07	8.77	1.04	1.00
14	170.44	185.27	206.30	8.59	0.99	0.98
15	153.17	167.65	188.75	9.37	1.08	1.07
16	112.38	128.55	147.61	8.96	1.07	1.02
17	135.14	148.88	167.03	8.65	1.02	0.99
18	108.17	121.14	137.29	7.87	0.96	0.90
19	167.30	182.04	202.15	8.98	1.04	1.03
20	114.95	127.78	147.64	8.16	0.98	0.93
21	133.18	148.26	168.94	8.71	1.01	0.99
22	141.15	156.64	175.12	8.30	0.98	0.95
23	131.48	145.44	164.38	8.94	1.02	1.02
24	115.80	130.32	147.76	9.41	1.10	1.07
25	115.24	128.92	145.79	7.46	0.87	0.85

Tabell 4.10 Minvärden för min, medel, max, std samt utetemperaturosäkerhet

°C	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
0	0.00	0.80	4.25	1.05	1.98	0.12
5	1.54	6.85	15.67	3.79	1.46	0.43
10	14.48	23.50	35.02	5.26	1.18	0.60
15	36.38	48.50	60.87	6.11	1.05	0.70
20	67.61	81.25	96.28	6.89	0.91	0.79
25	106.29	120.70	137.29	7.46	0.87	0.85

Tabell 4.11 Medelvärden för min, medel, max, std samt utetemperaturosäkerhet

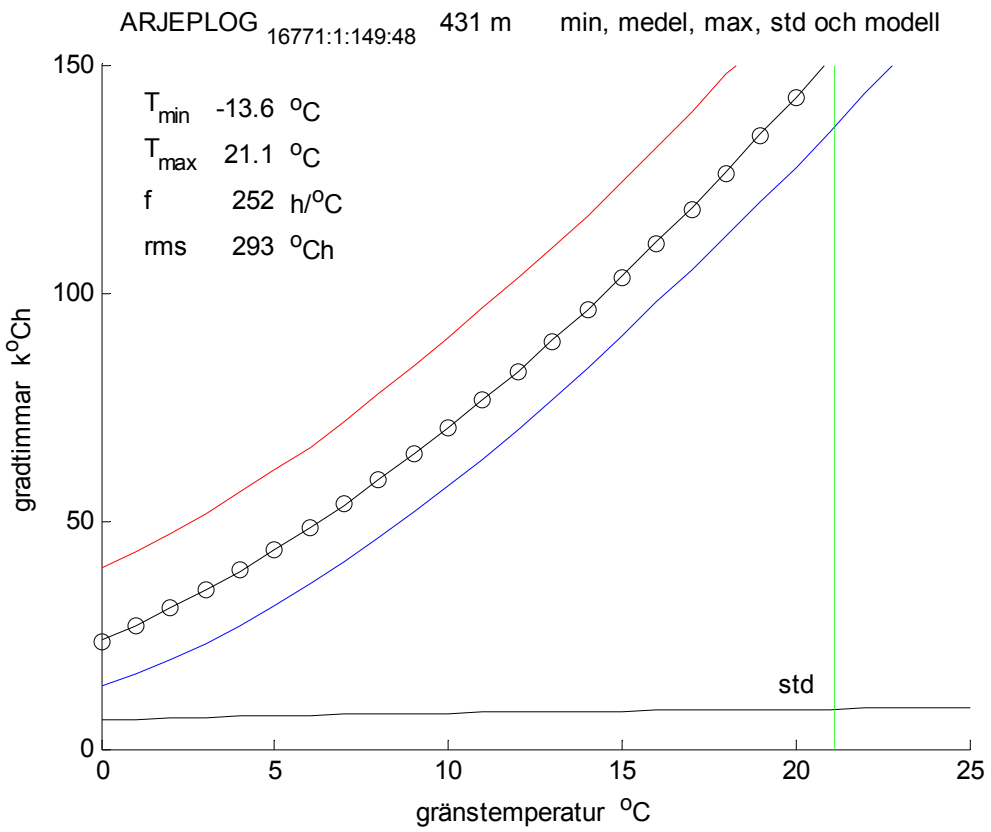
°C	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
0	4.51	11.00	22.58	4.25	2.42	0.49
5	14.45	24.57	39.64	6.06	1.70	0.69
10	33.98	46.37	63.38	7.06	1.40	0.81
15	61.09	74.91	92.82	7.69	1.21	0.88
20	96.30	110.62	129.38	8.30	1.06	0.95
25	137.24	151.93	171.56	8.74	1.02	1.00

Tabell 4.12 Maxvärden för min, medel, max, std samt utetemperaturosäkerhet

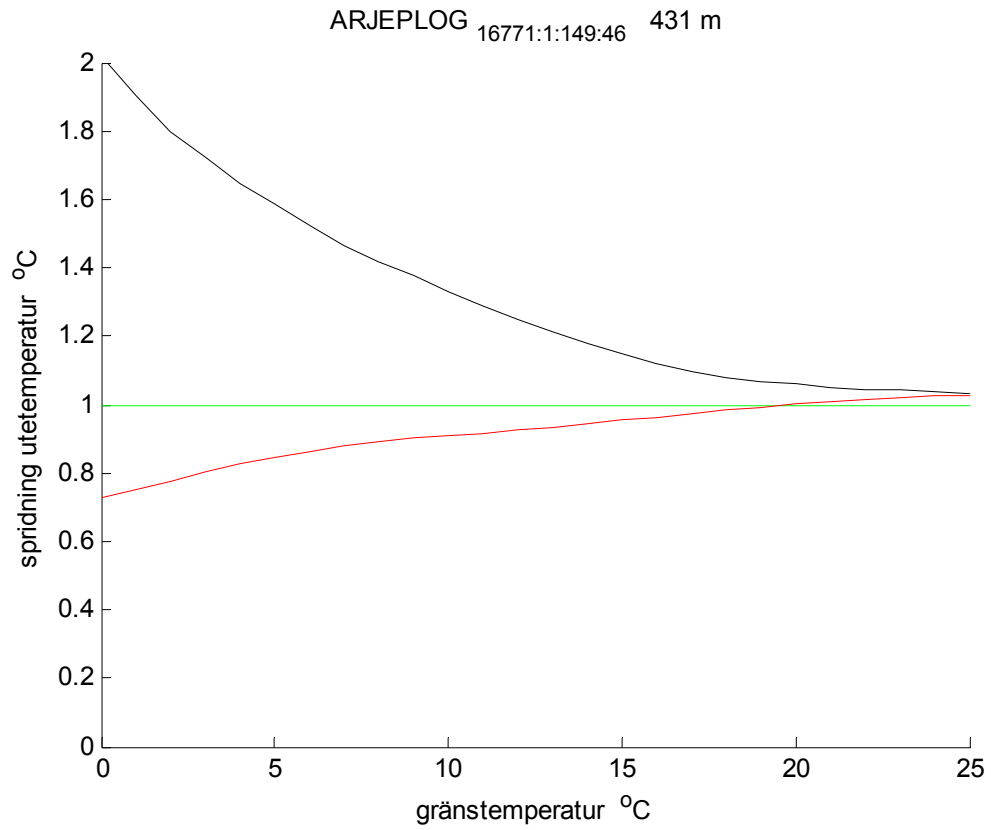
°C	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
0	18.55	30.37	47.80	7.14	2.78	0.81
5	38.68	52.52	73.58	8.23	1.94	0.94
10	66.28	81.07	105.04	9.02	1.57	1.03
15	100.09	115.17	140.72	9.60	1.34	1.10
20	139.72	154.80	180.50	10.05	1.21	1.15
25	181.51	197.49	222.82	10.26	1.18	1.17

Tabell 4.13 Standardavvikelse för min, medel, max, std samt utetemperaturosäkerhet

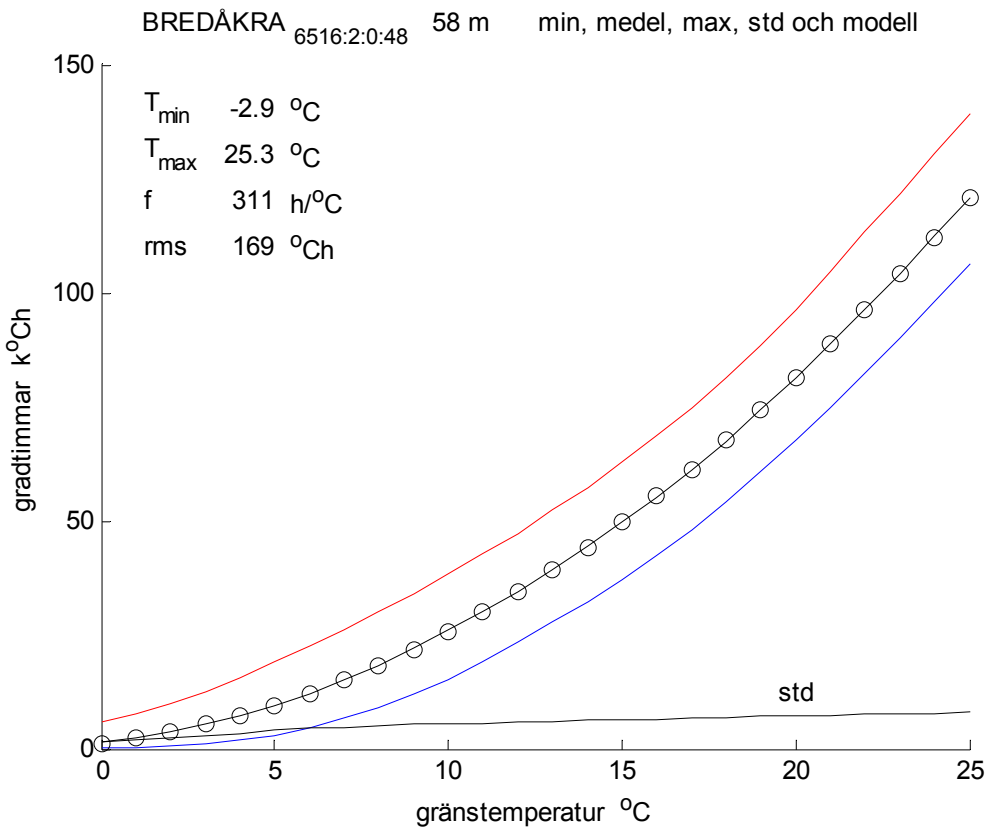
°C	min k°Ch	medel k°Ch	max k°Ch	std k°Ch	ΔT_t °C	ΔT_{8760} °C
0	5.58	8.97	14.08	2.04	0.26	0.23
5	11.17	13.38	17.16	1.41	0.14	0.16
10	15.54	16.84	20.07	1.12	0.12	0.13
15	19.25	19.87	22.92	0.93	0.09	0.11
20	21.90	22.22	24.68	0.73	0.07	0.08
25	22.68	23.15	24.75	0.61	0.07	0.07



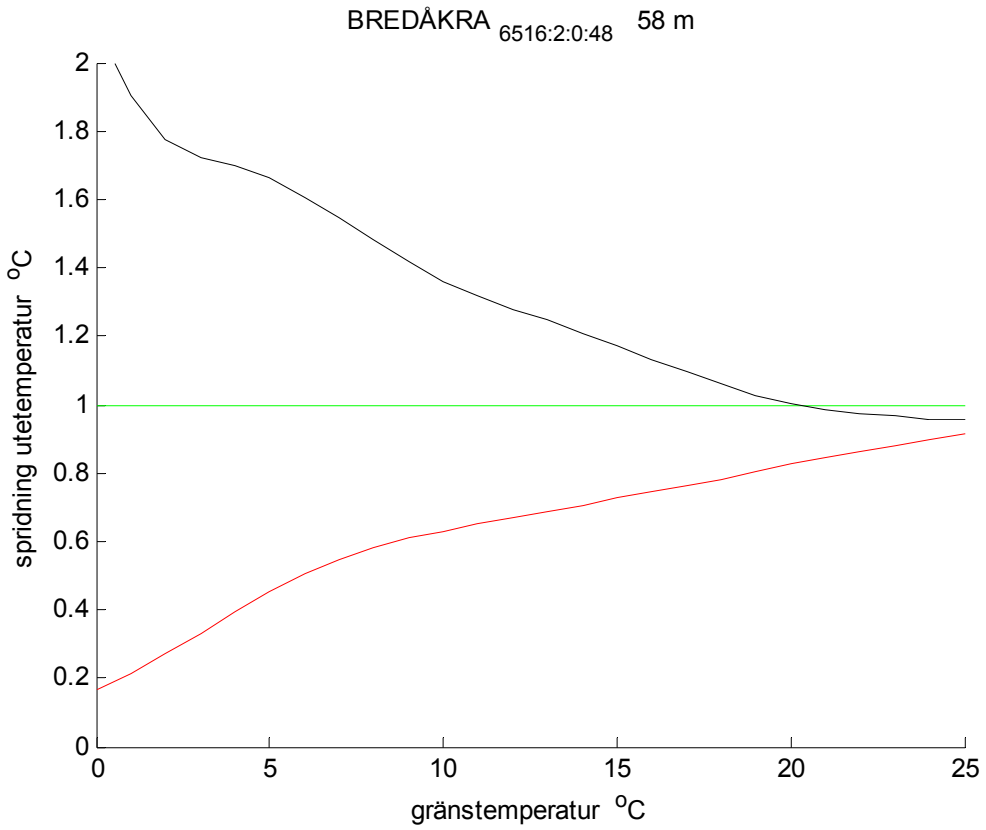
Figur 4.1 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



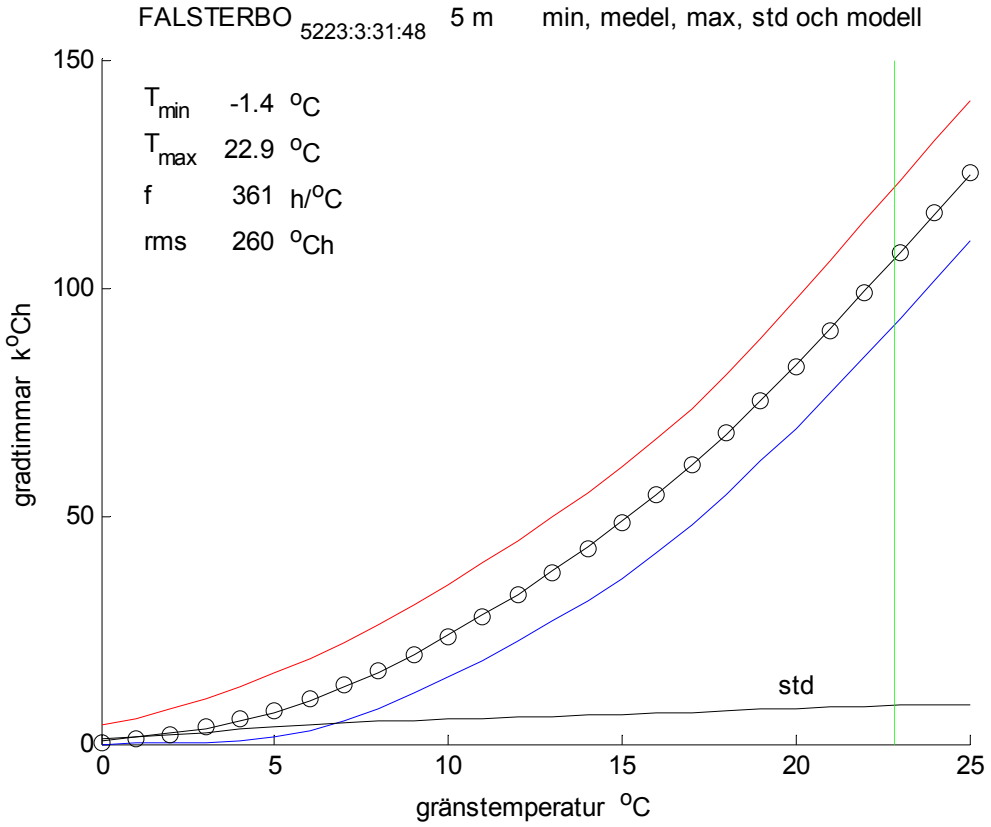
Figur 4.2 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



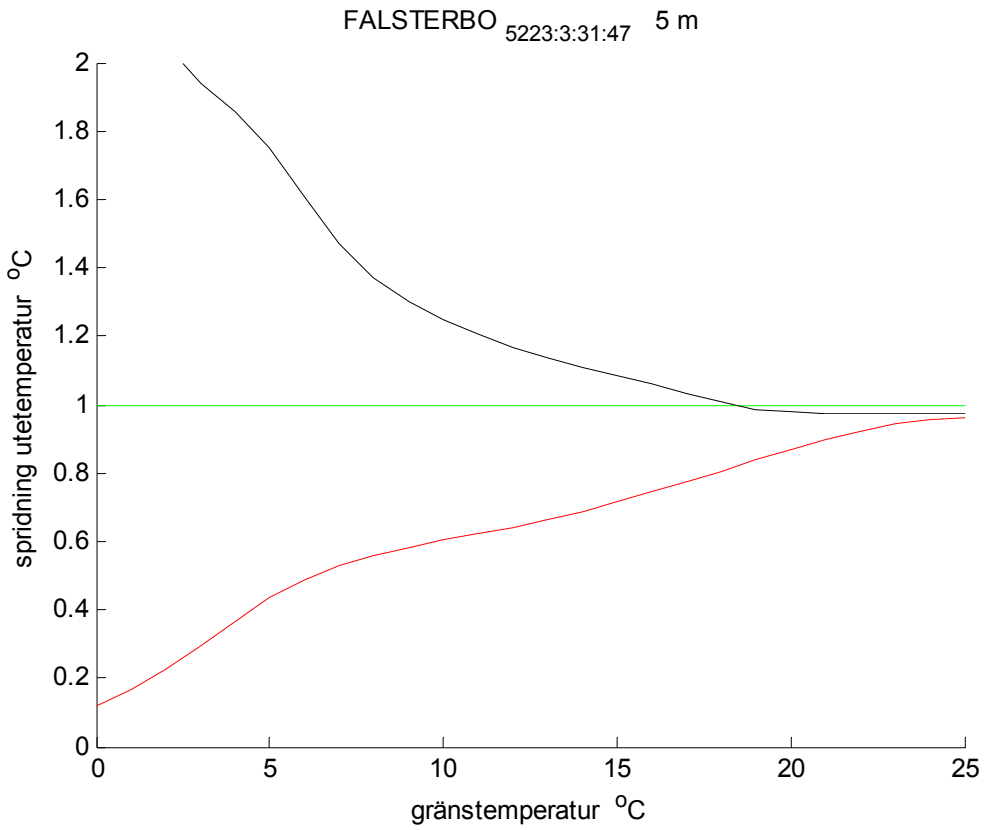
Figur 4.3 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



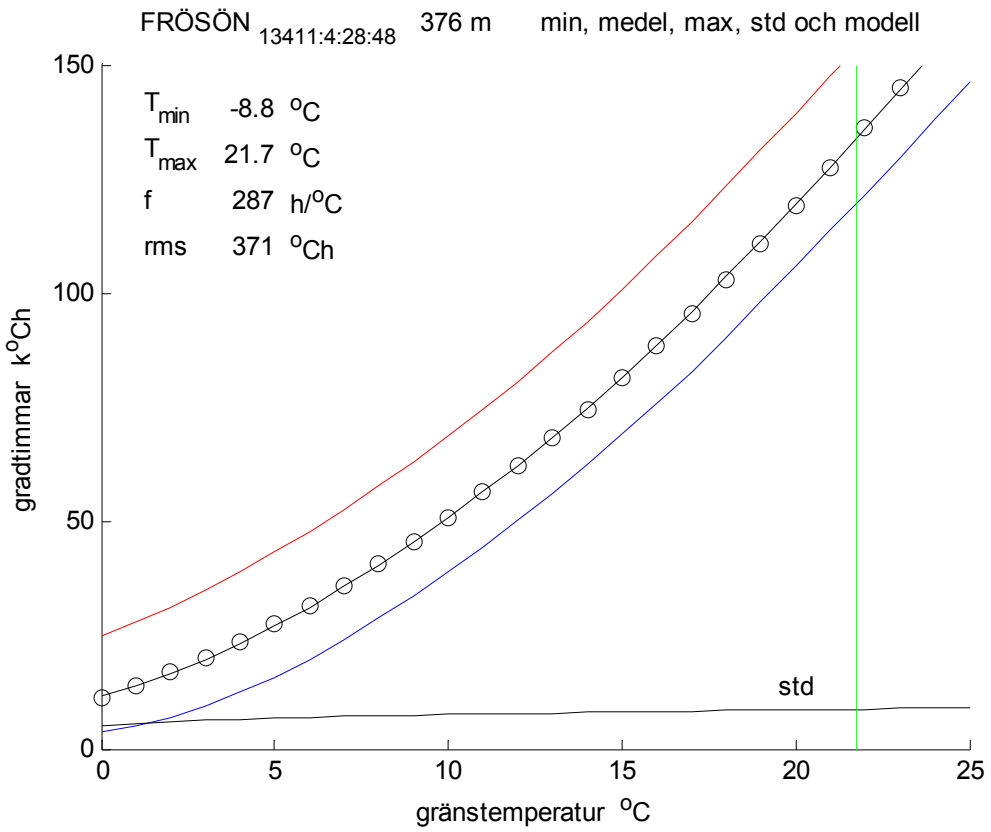
Figur 4.4 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



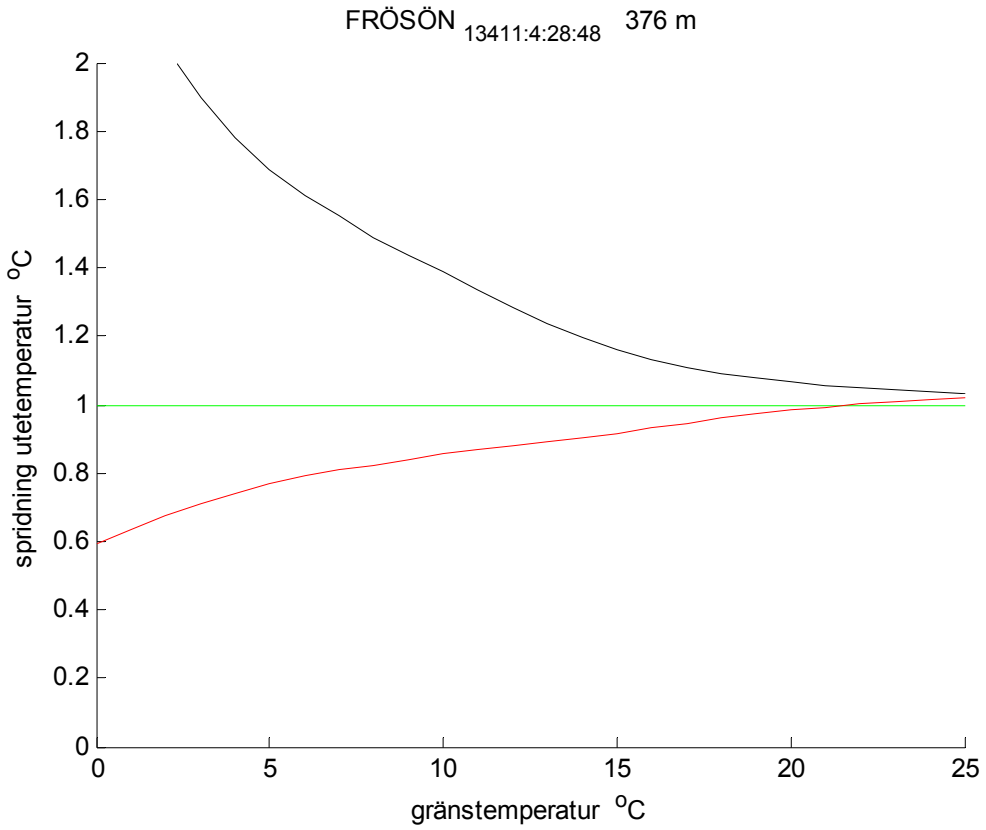
Figur 4.5 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



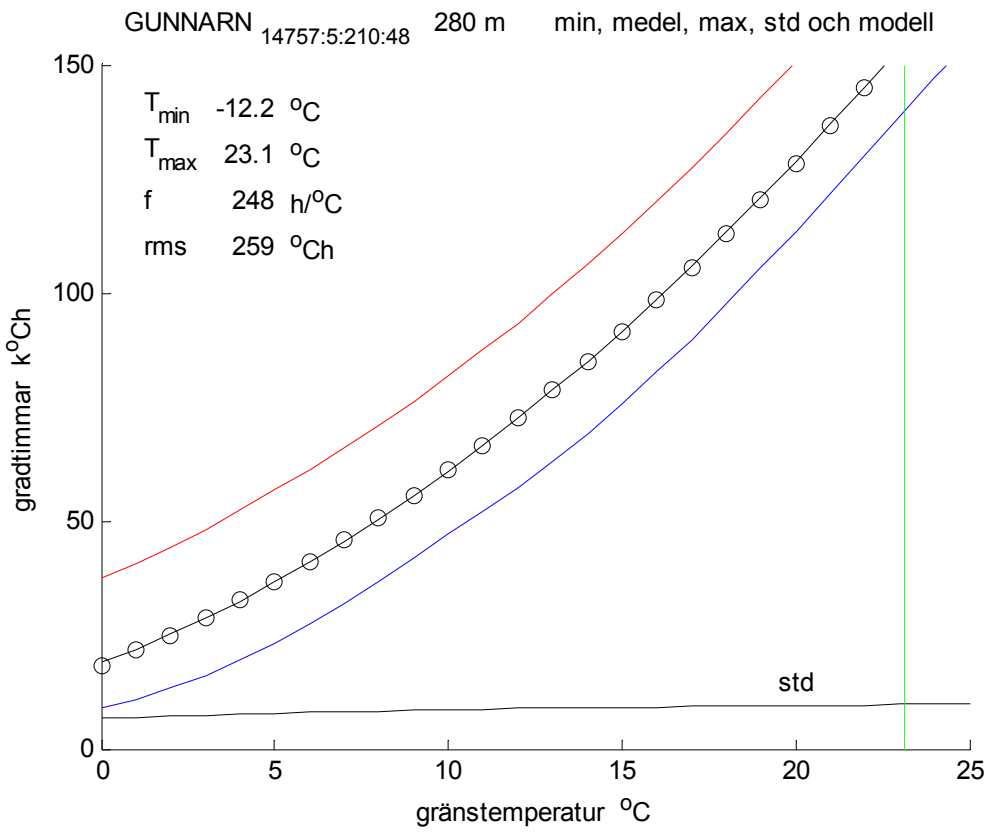
Figur 4.6 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



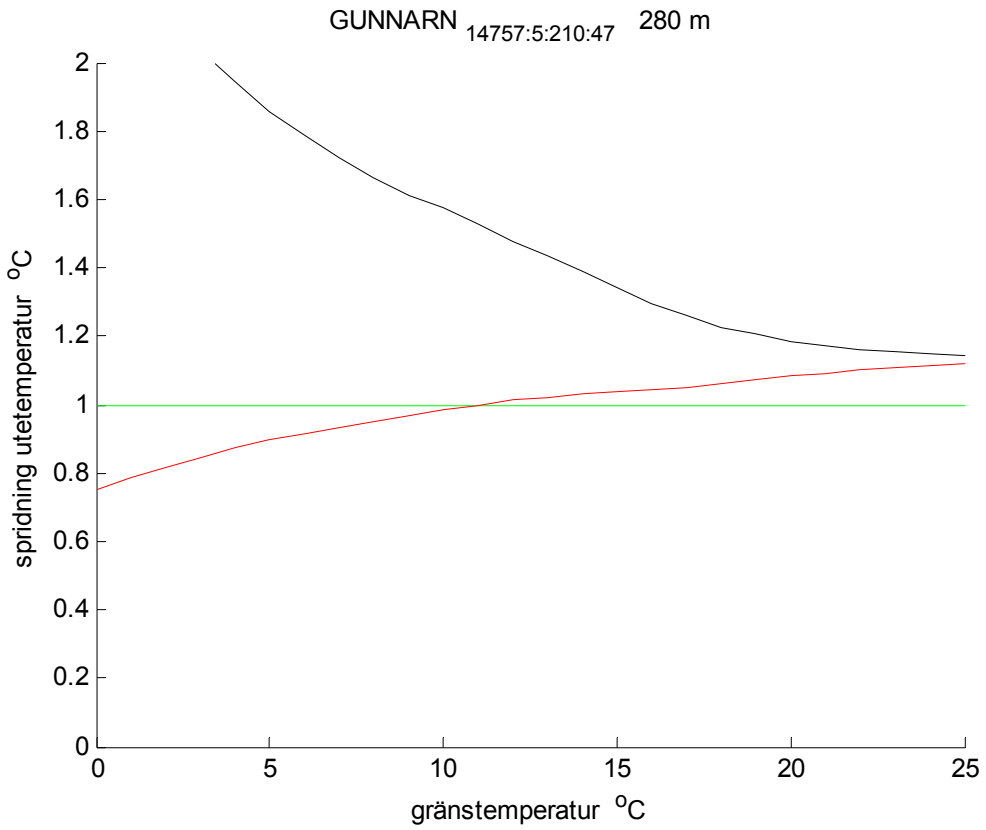
Figur 4.7 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



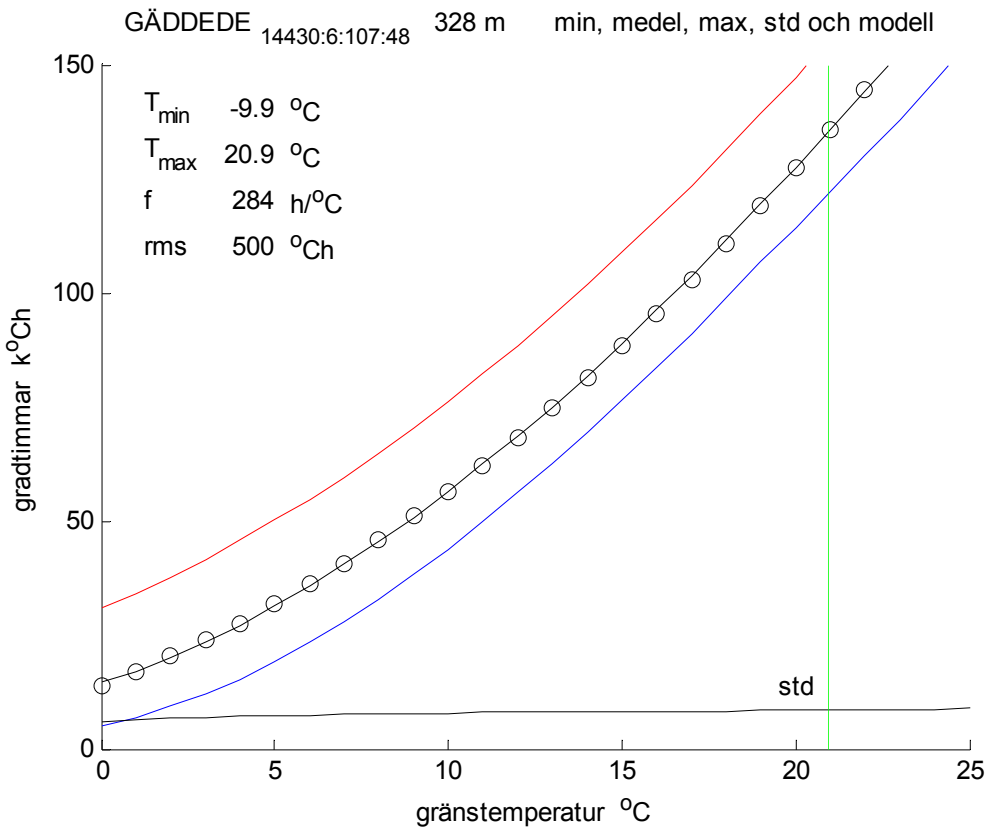
Figur 4.8 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



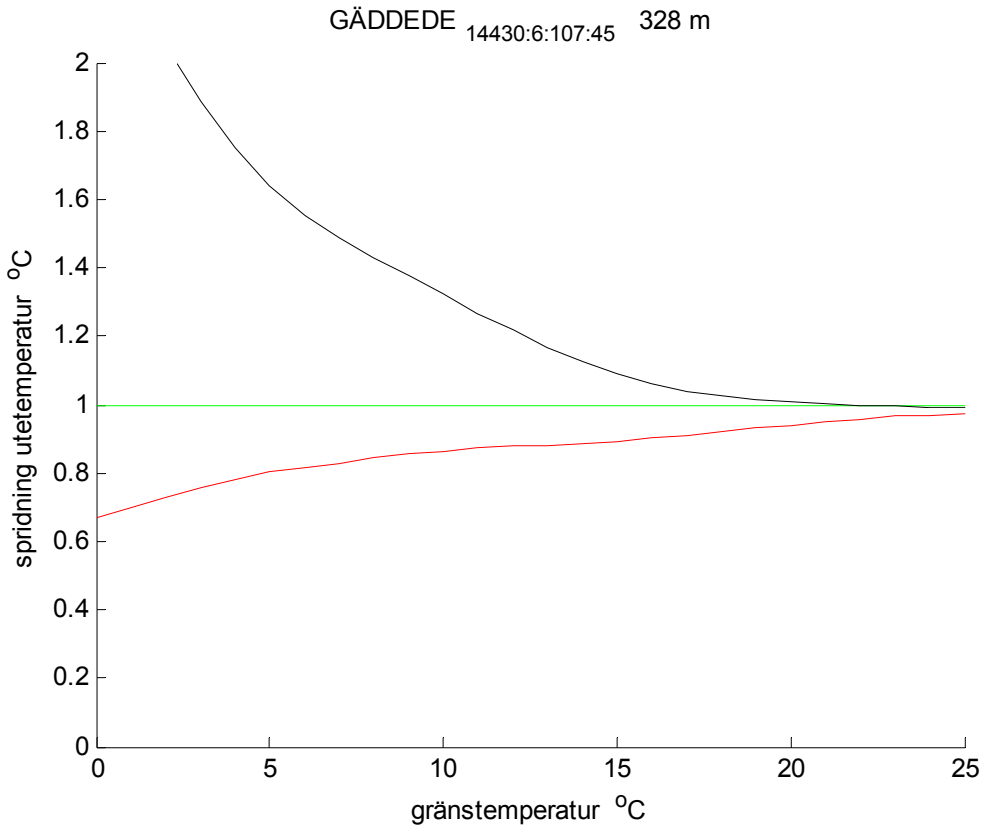
Figur 4.9 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



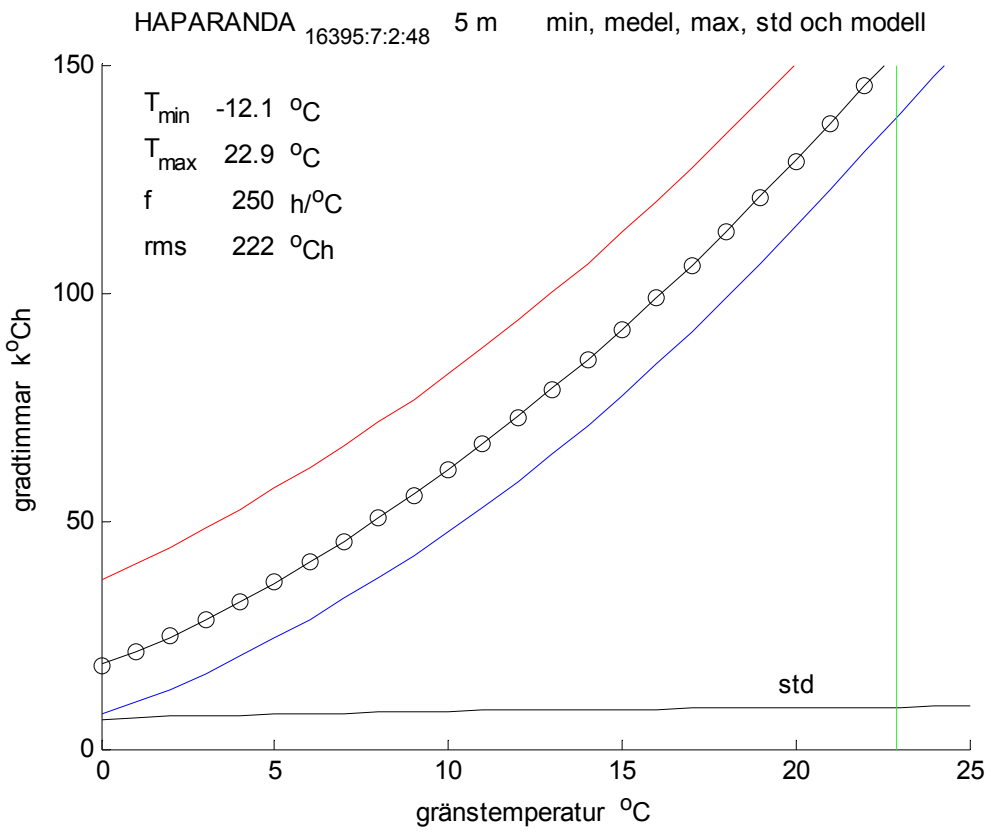
Figur 4.10 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



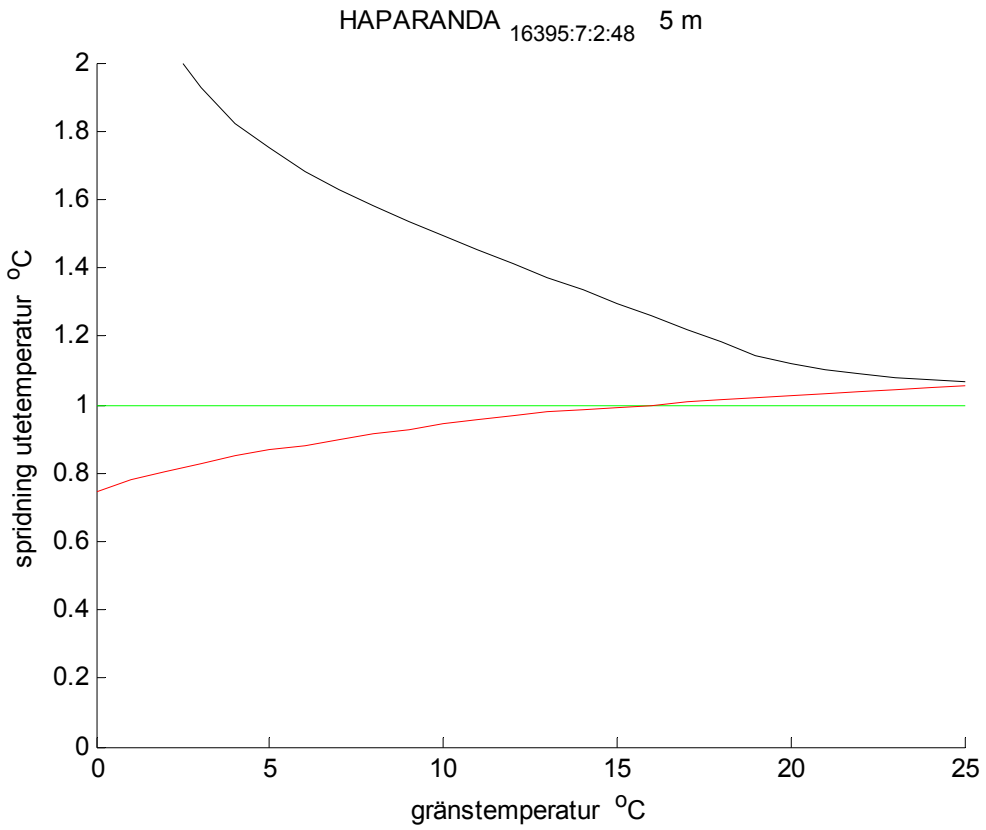
Figur 4.11 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



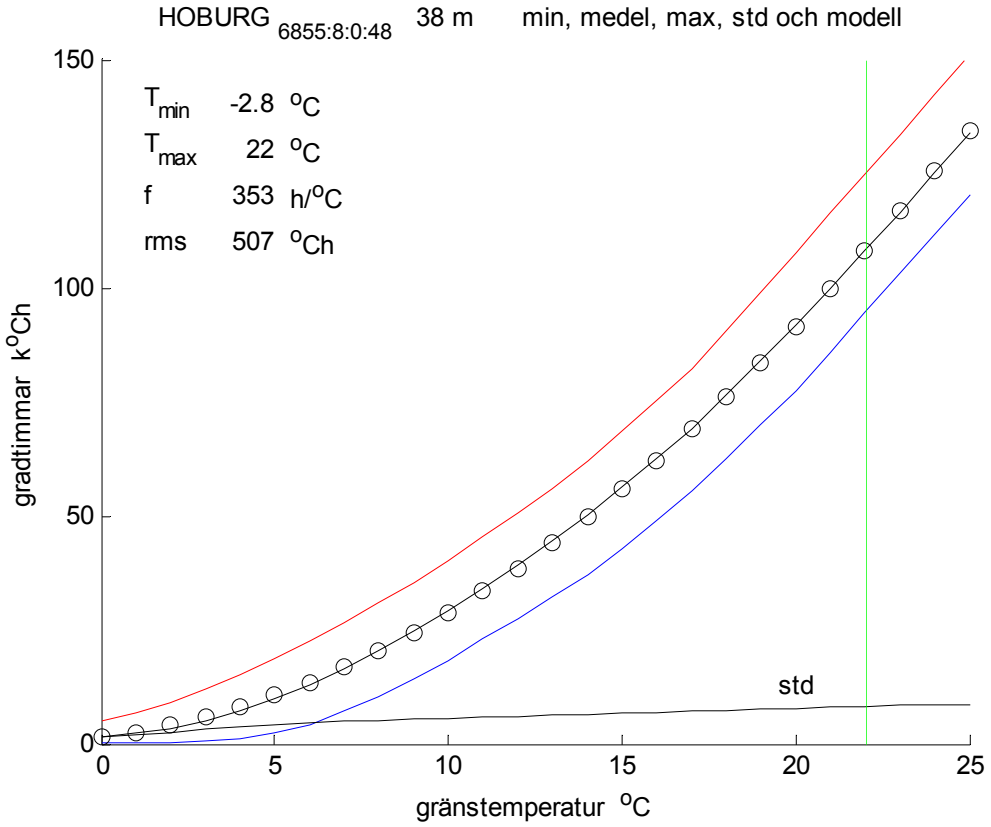
Figur 4.12 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



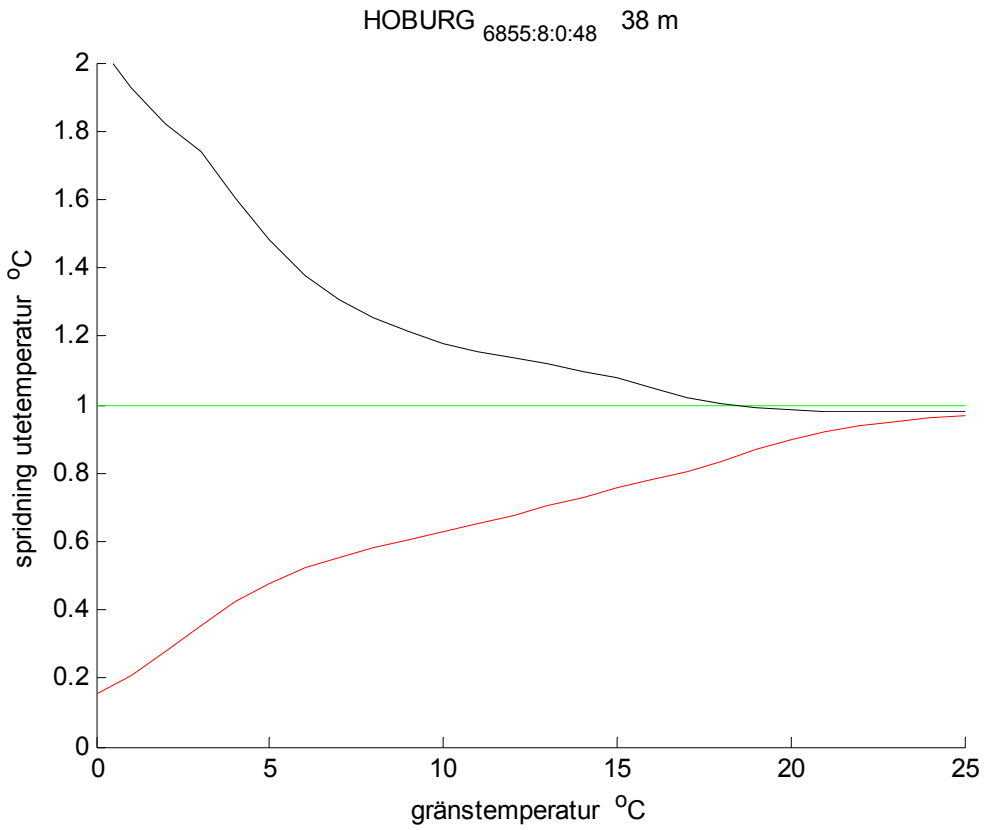
Figur 4.13 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



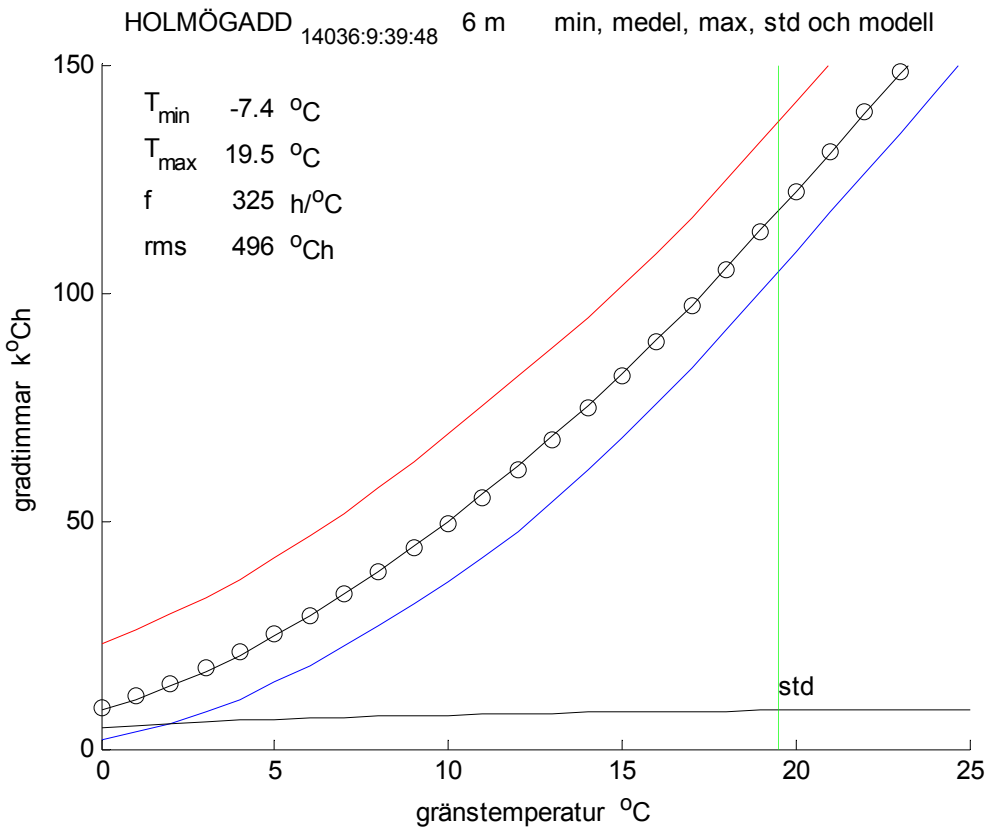
Figur 4.14 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



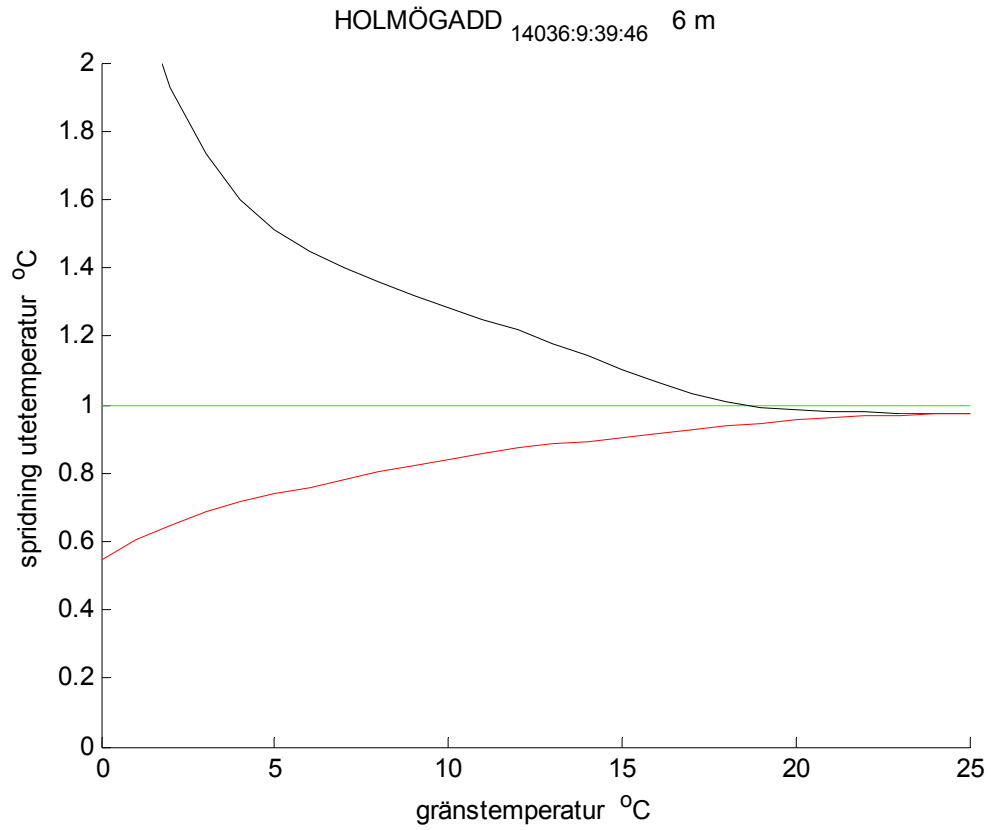
Figur 4.15 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



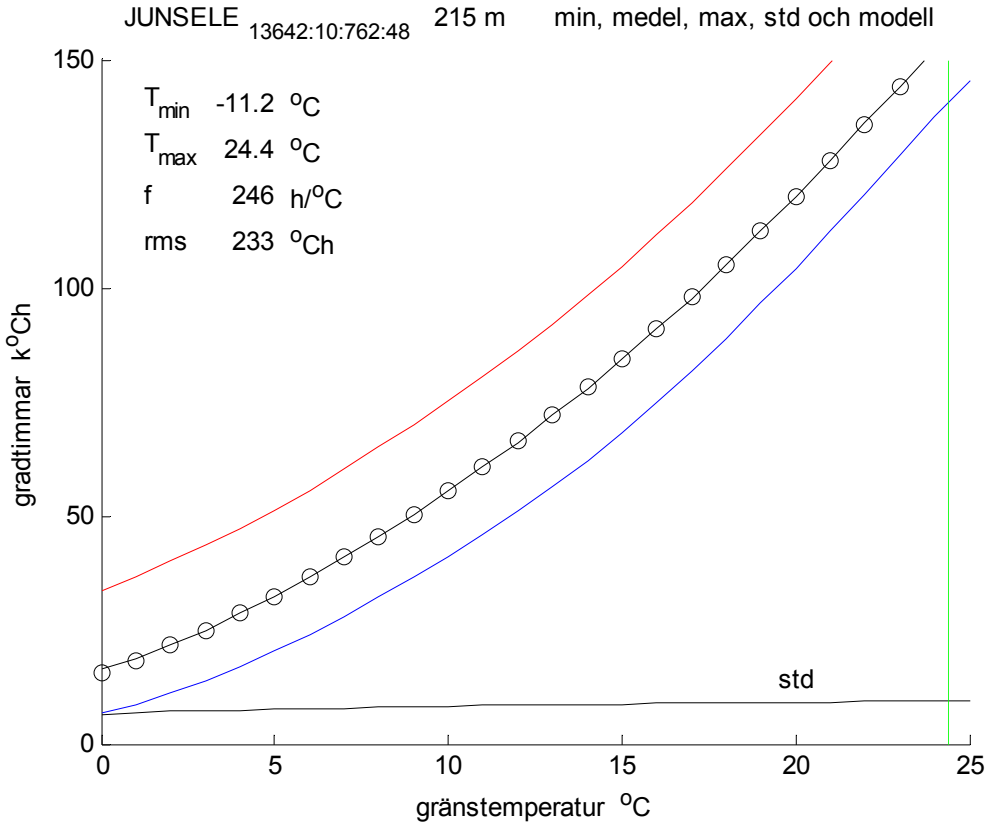
Figur 4.16 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



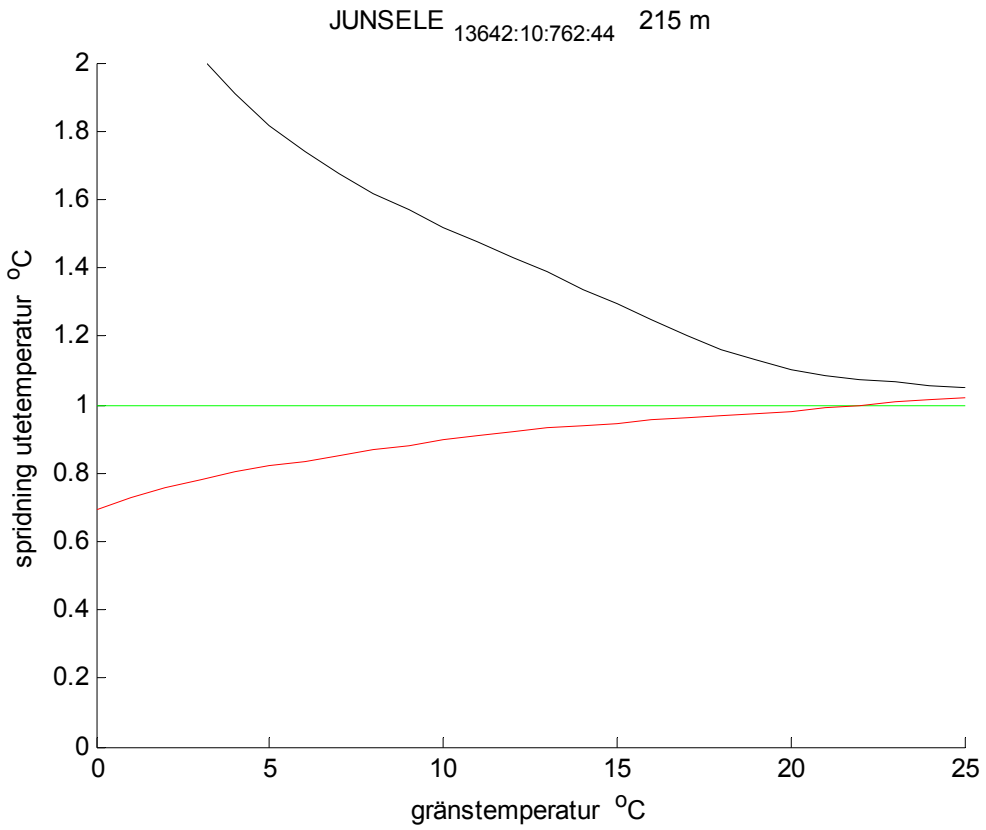
Figur 4.17 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



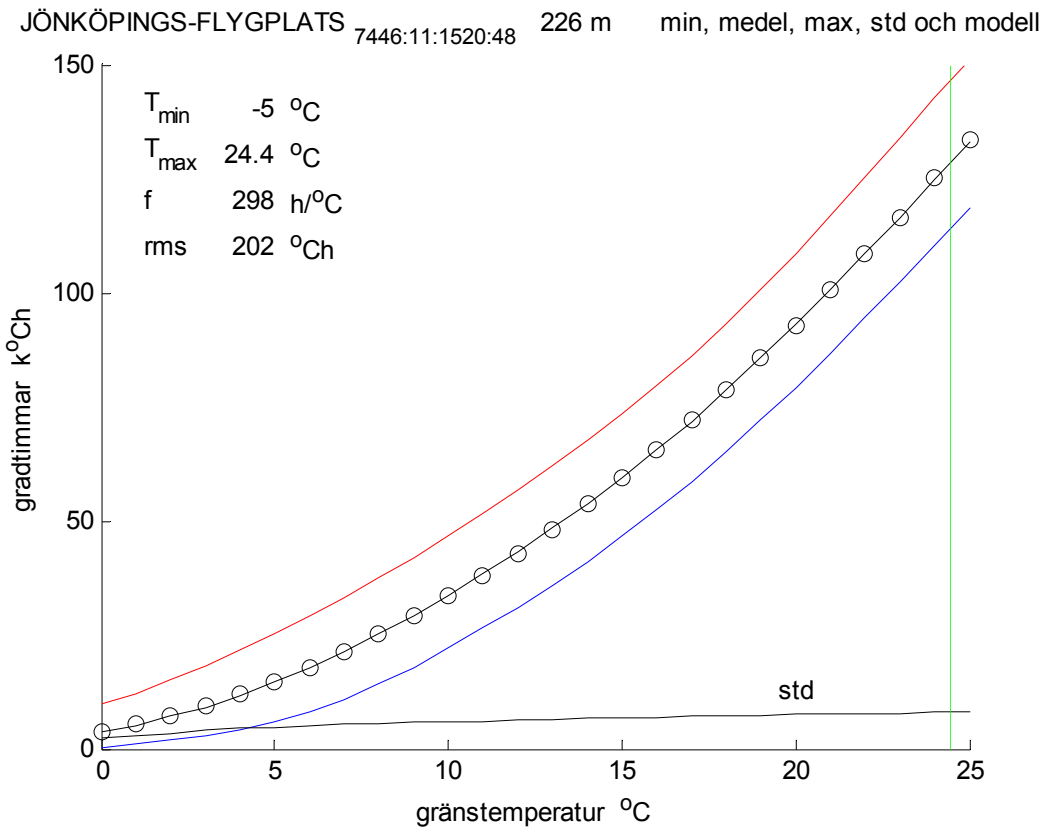
Figur 4.18 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



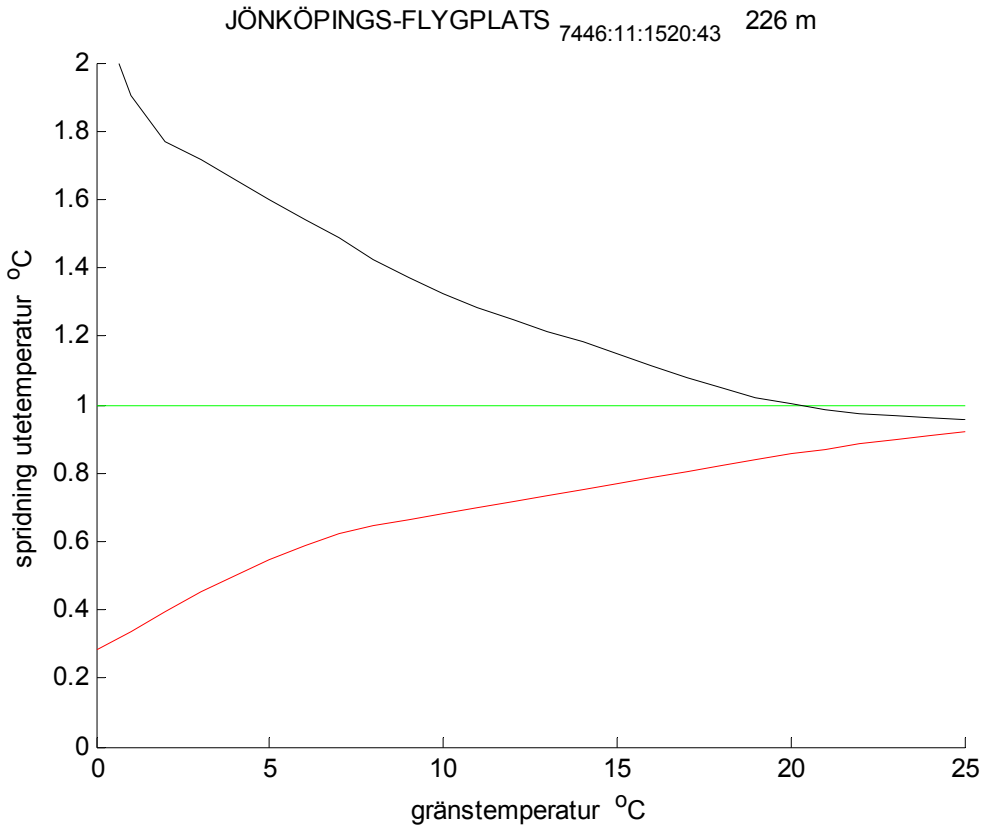
Figur 4.19 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



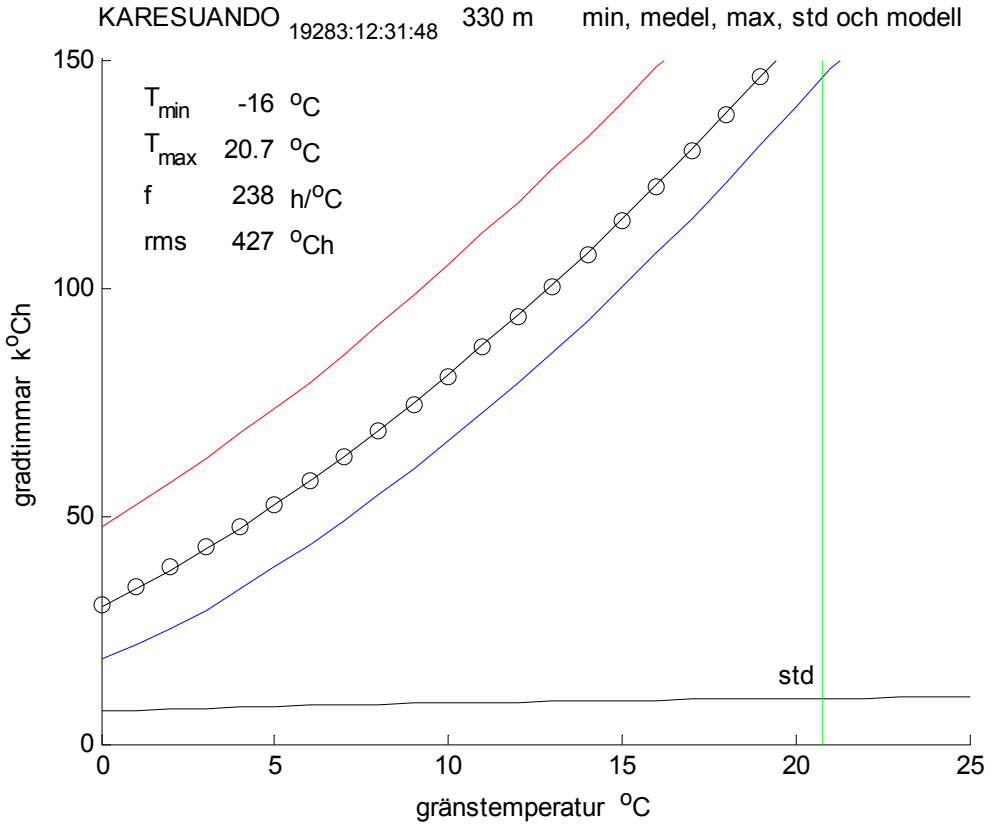
Figur 4.20 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



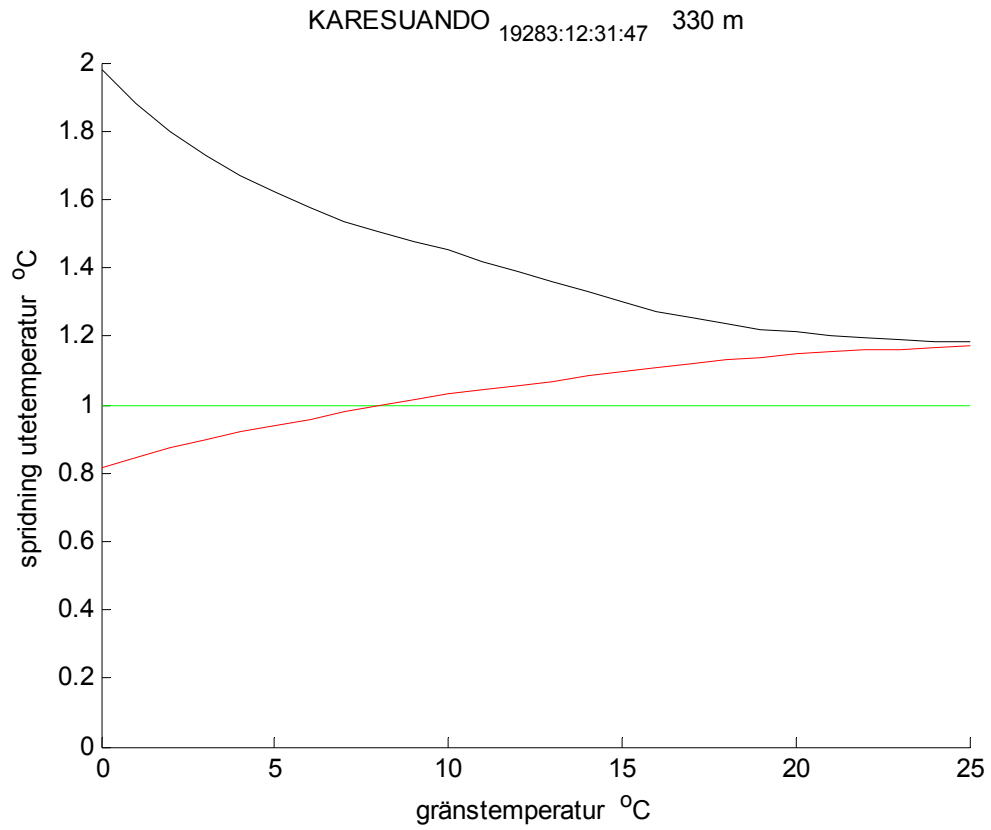
Figur 4.21 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



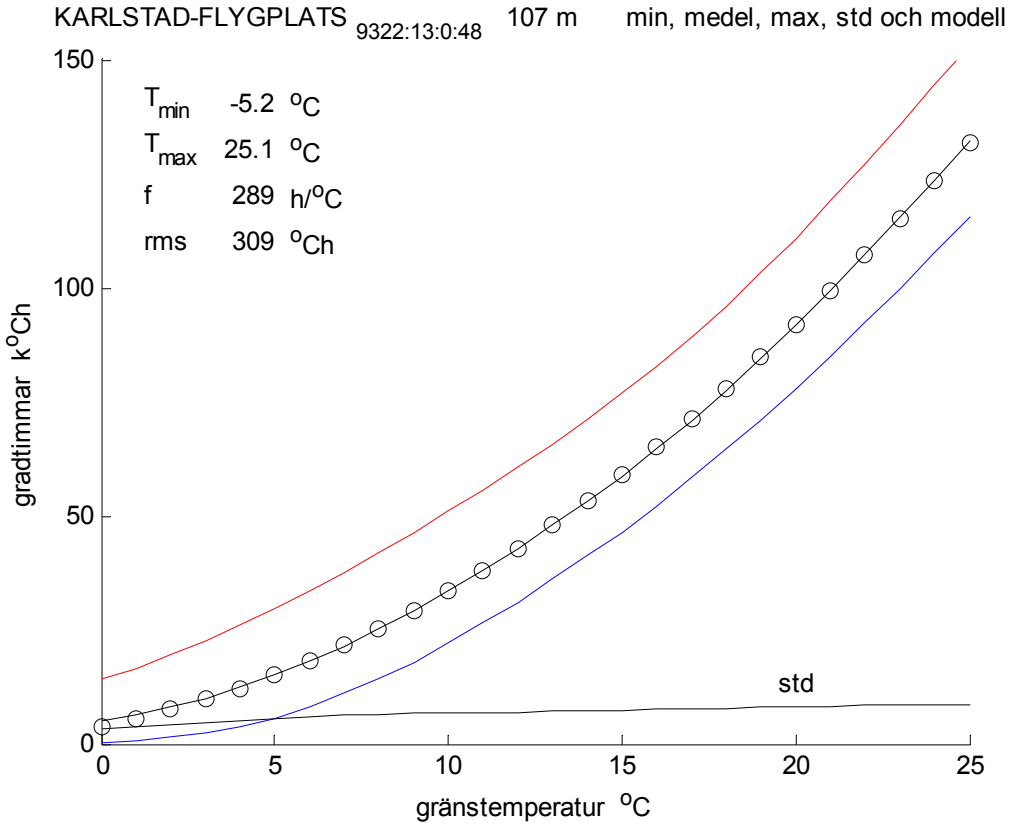
Figur 4.22 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



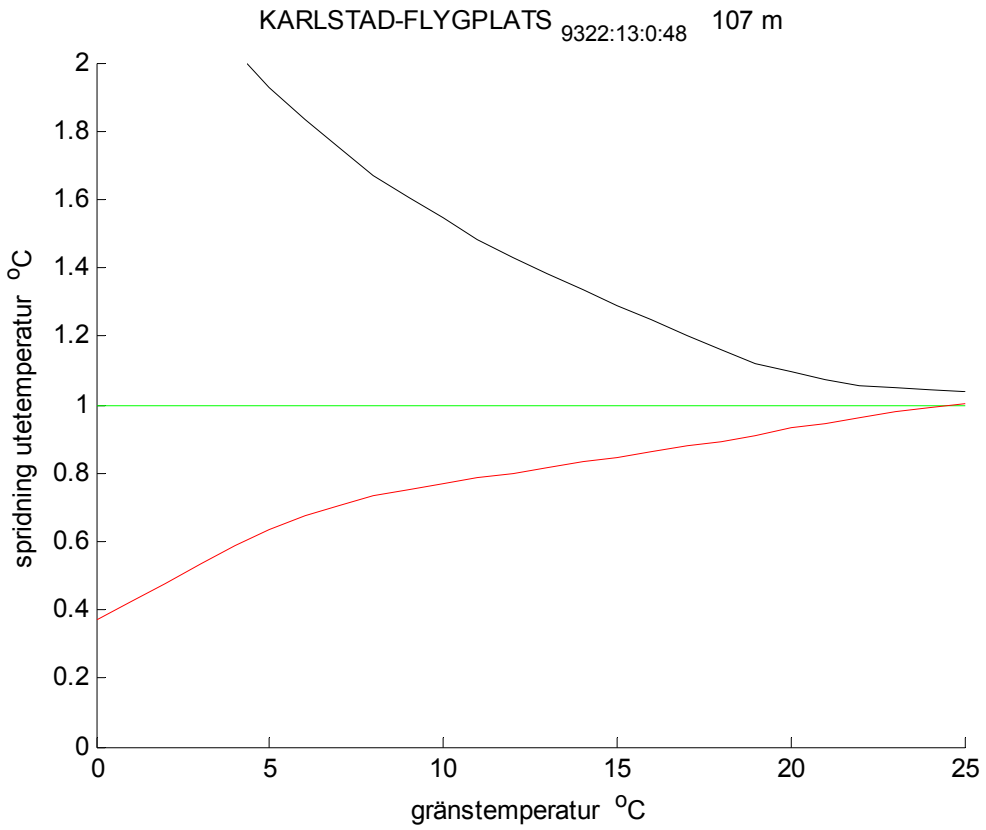
Figur 4.23 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



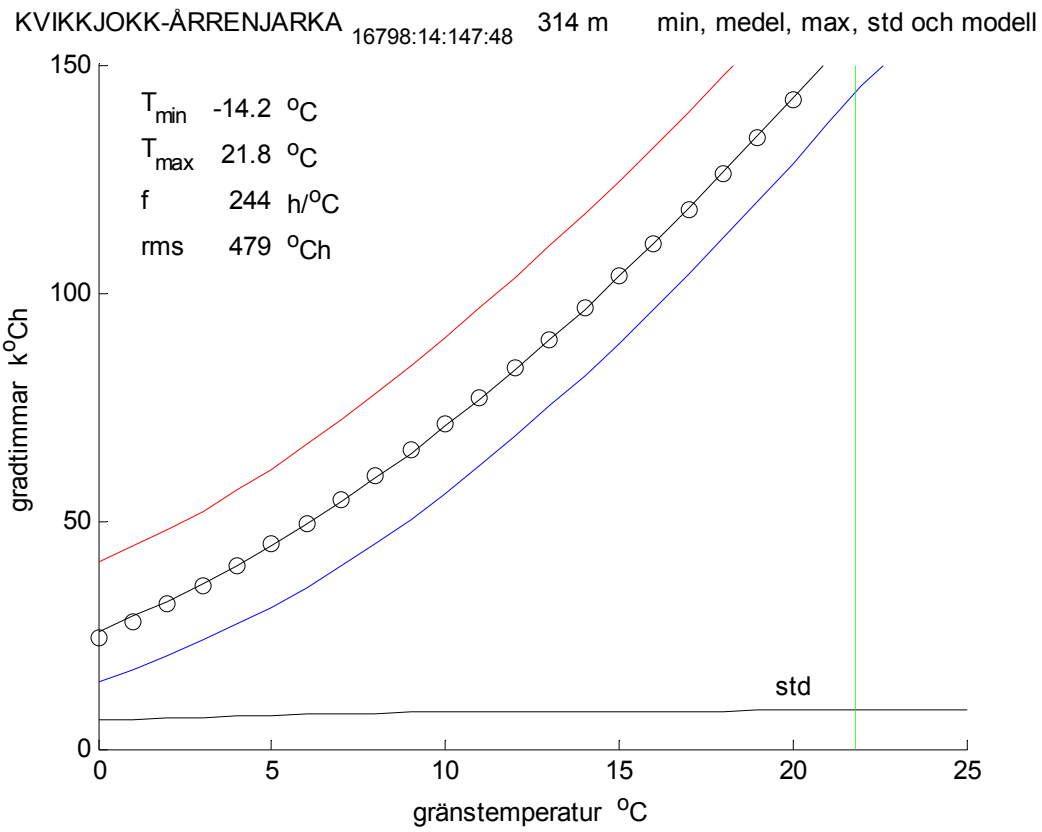
Figur 4.24 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



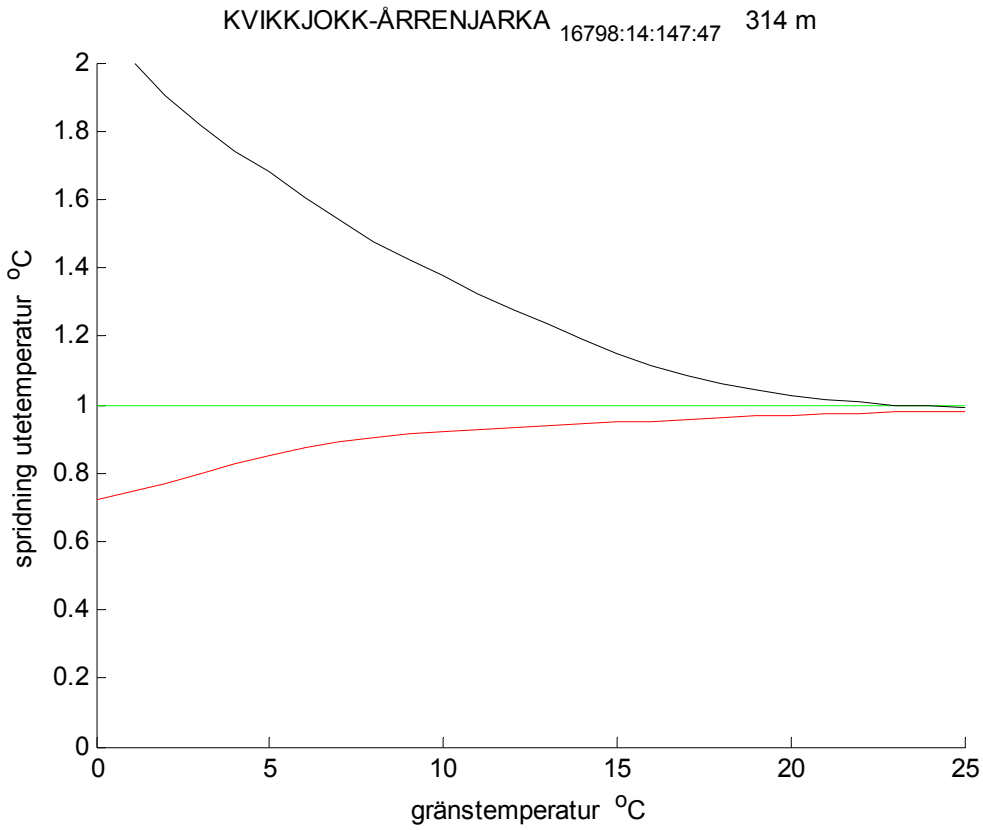
Figur 4.25 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



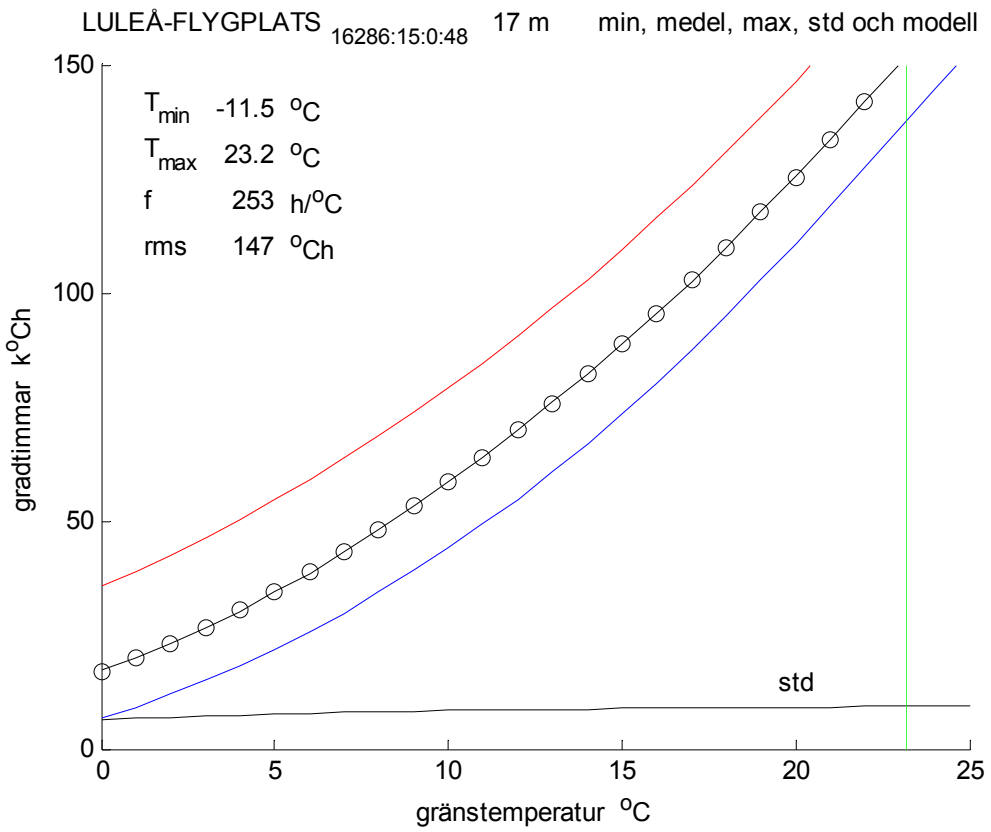
Figur 4.26 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



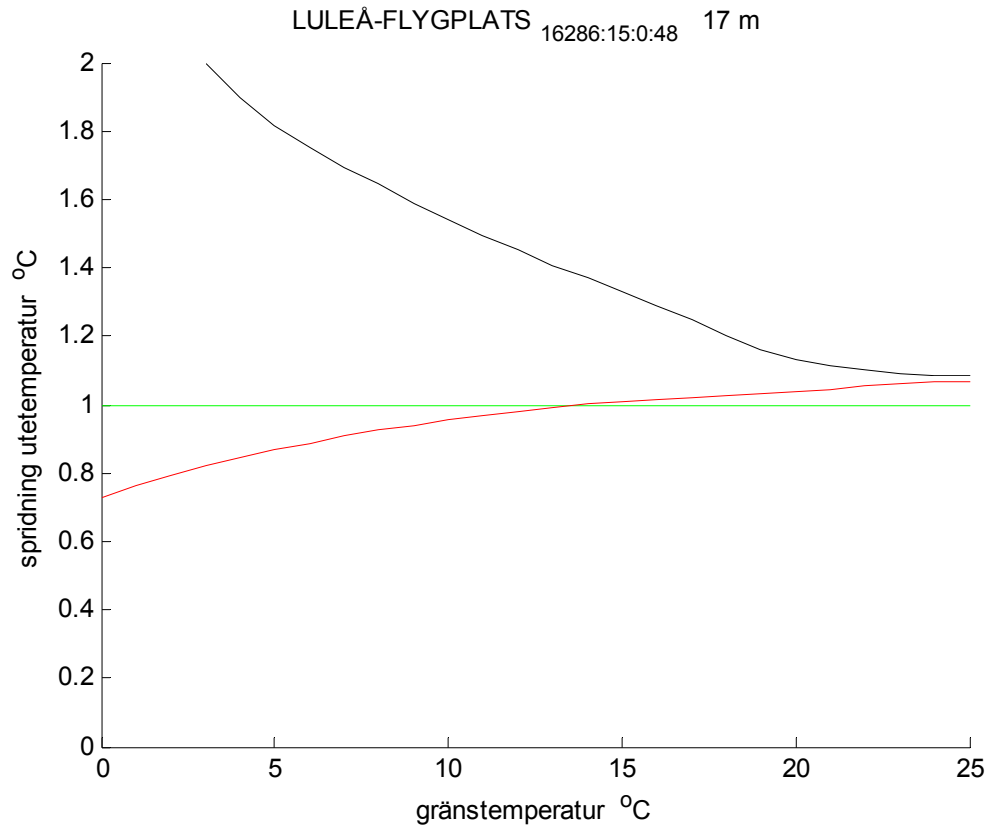
Figur 4.27 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



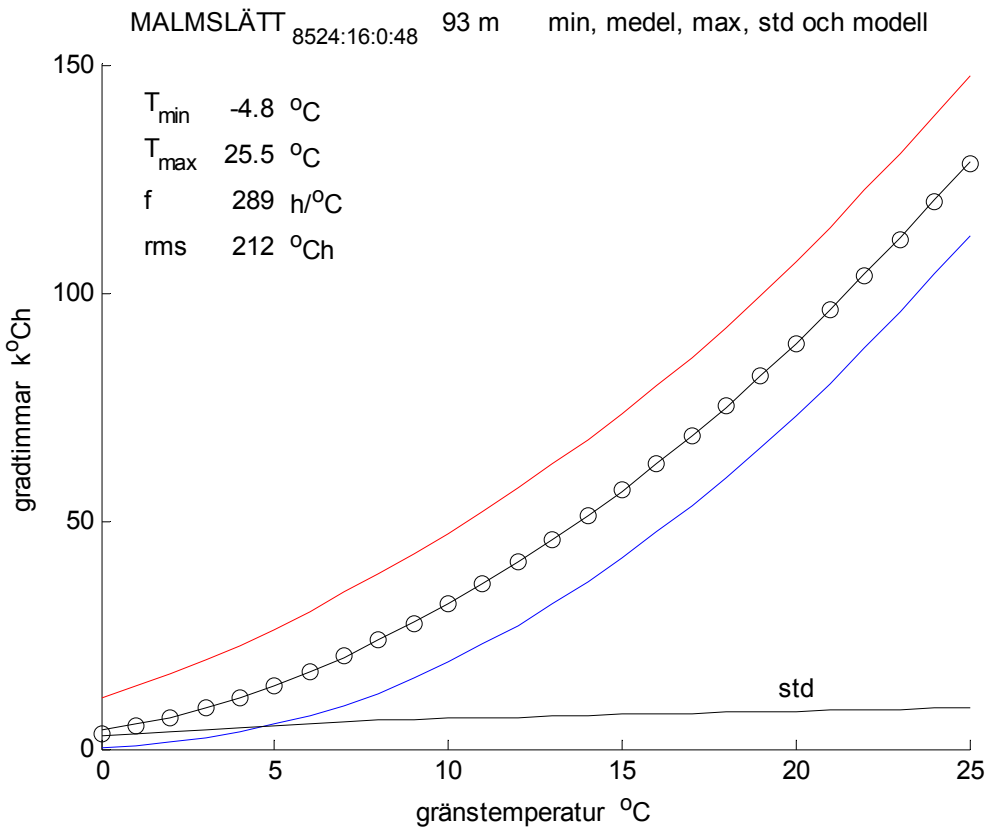
Figur 4.28 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



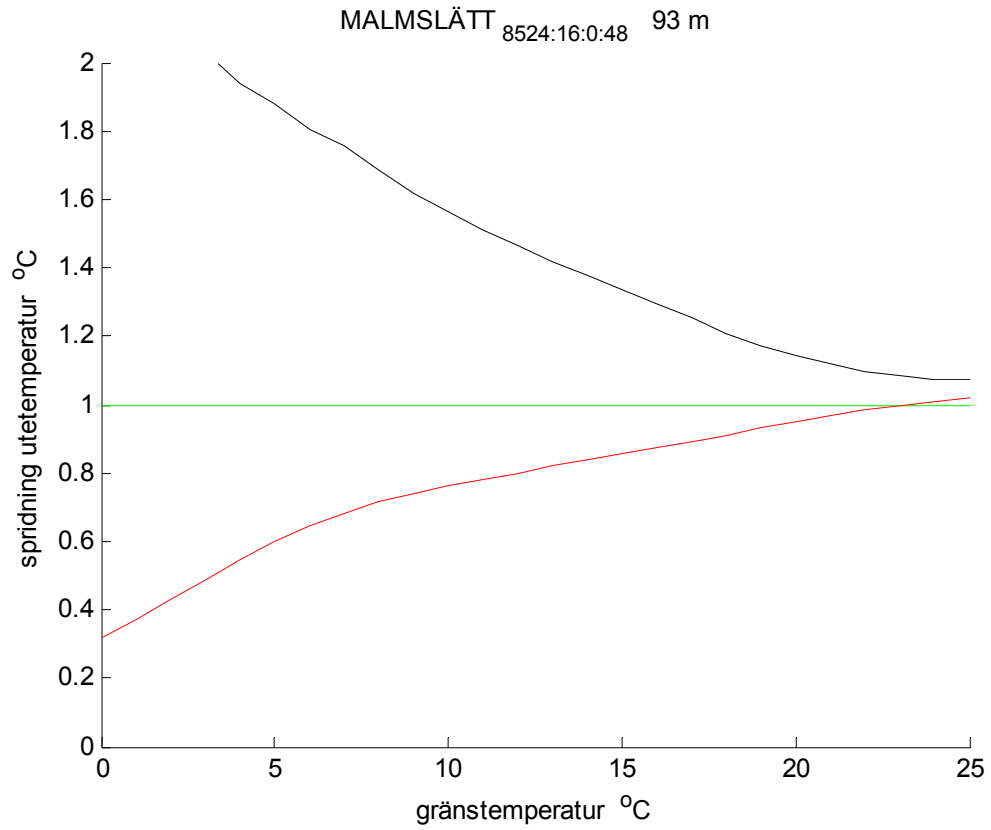
Figur 4.29 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



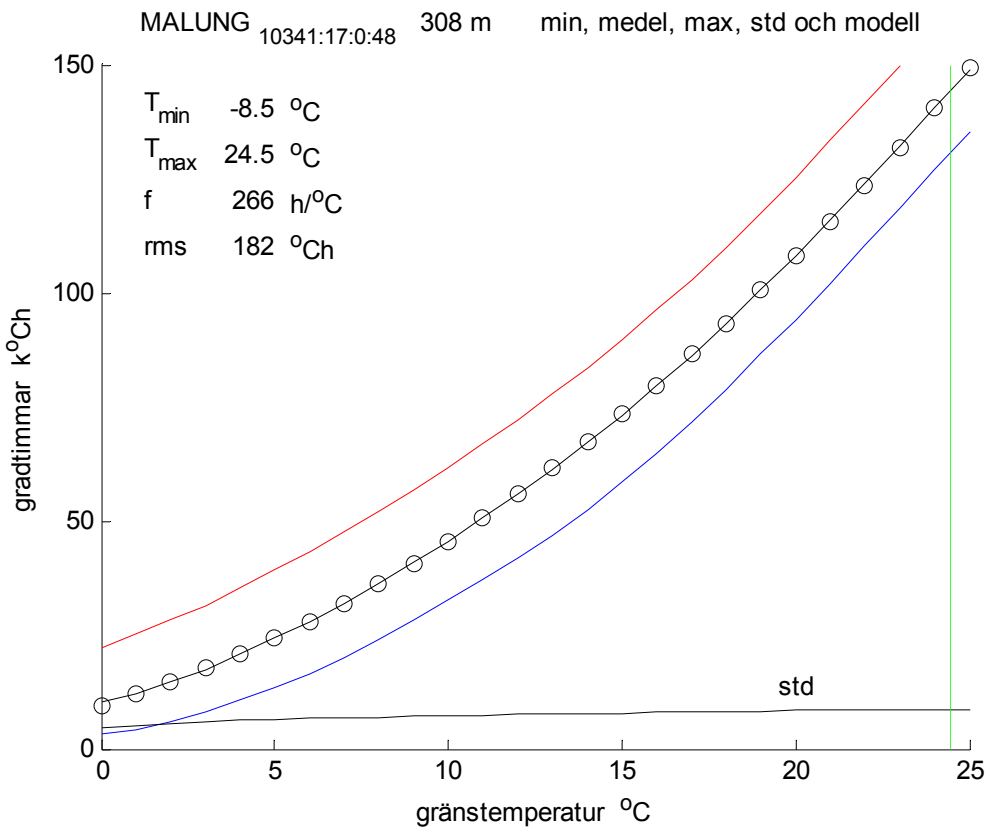
Figur 4.30 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



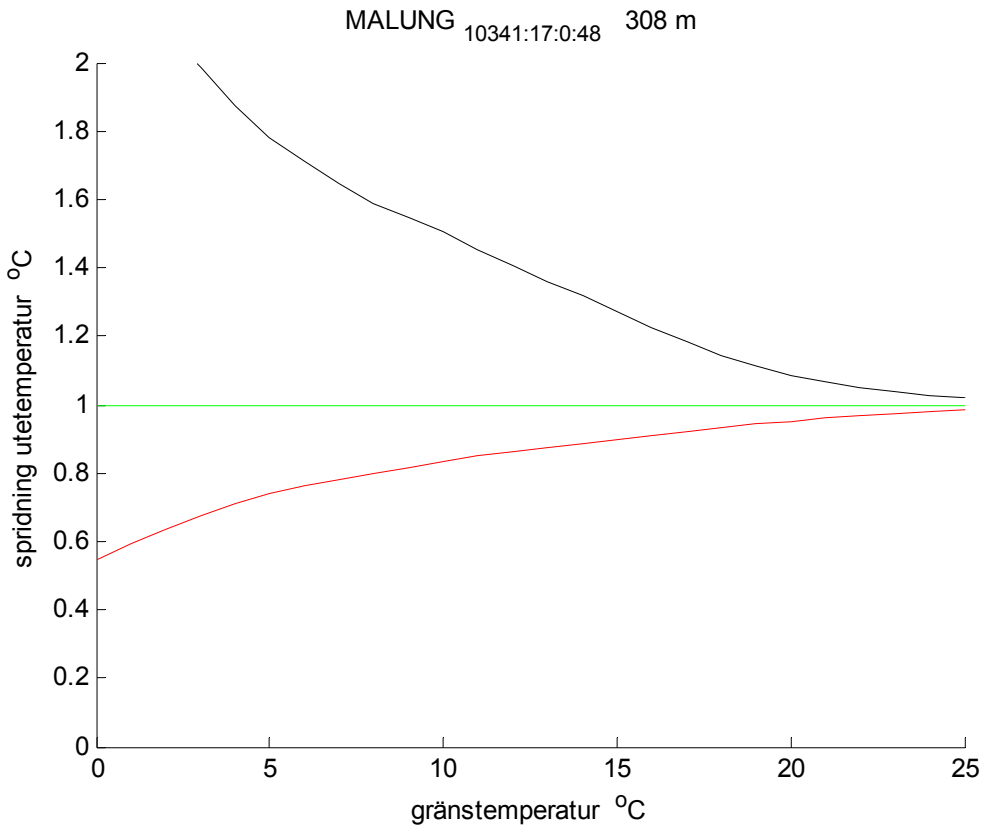
Figur 4.31 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



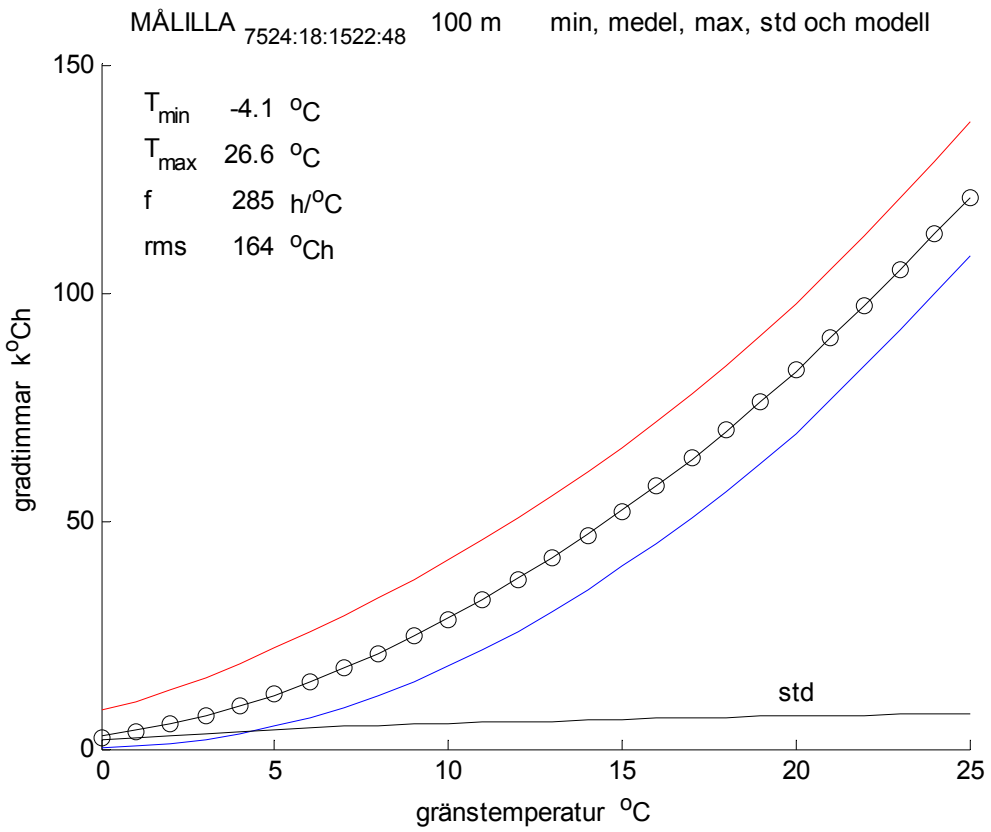
Figur 4.32 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



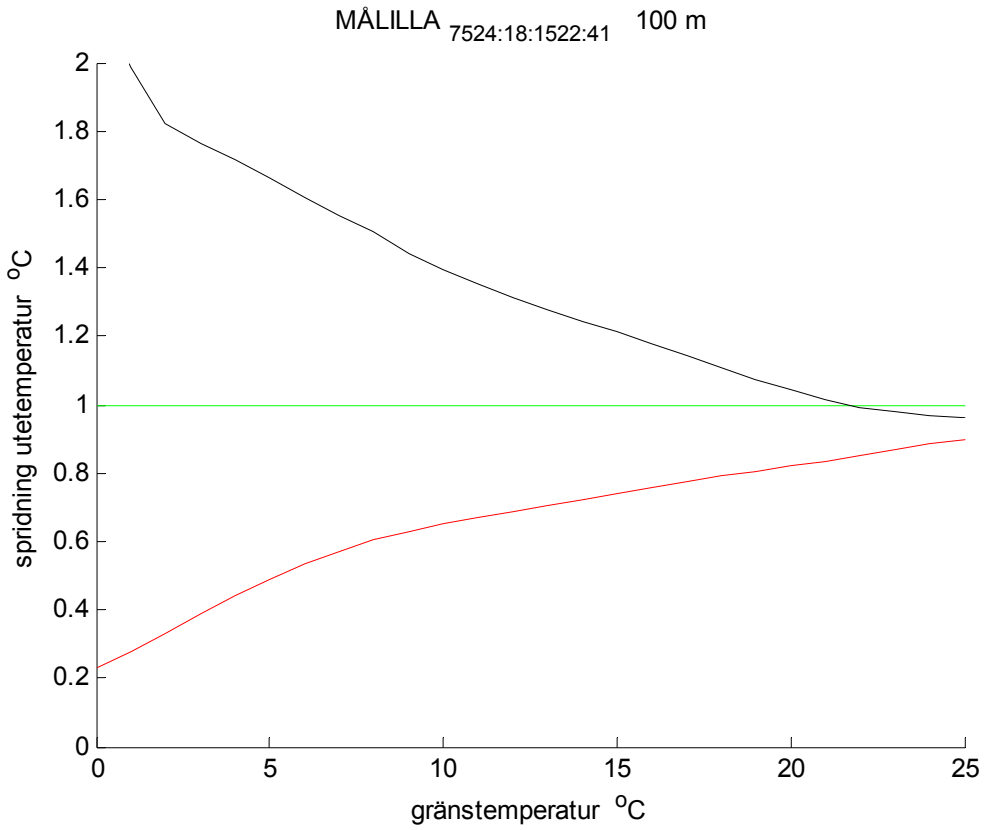
Figur 4.33 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



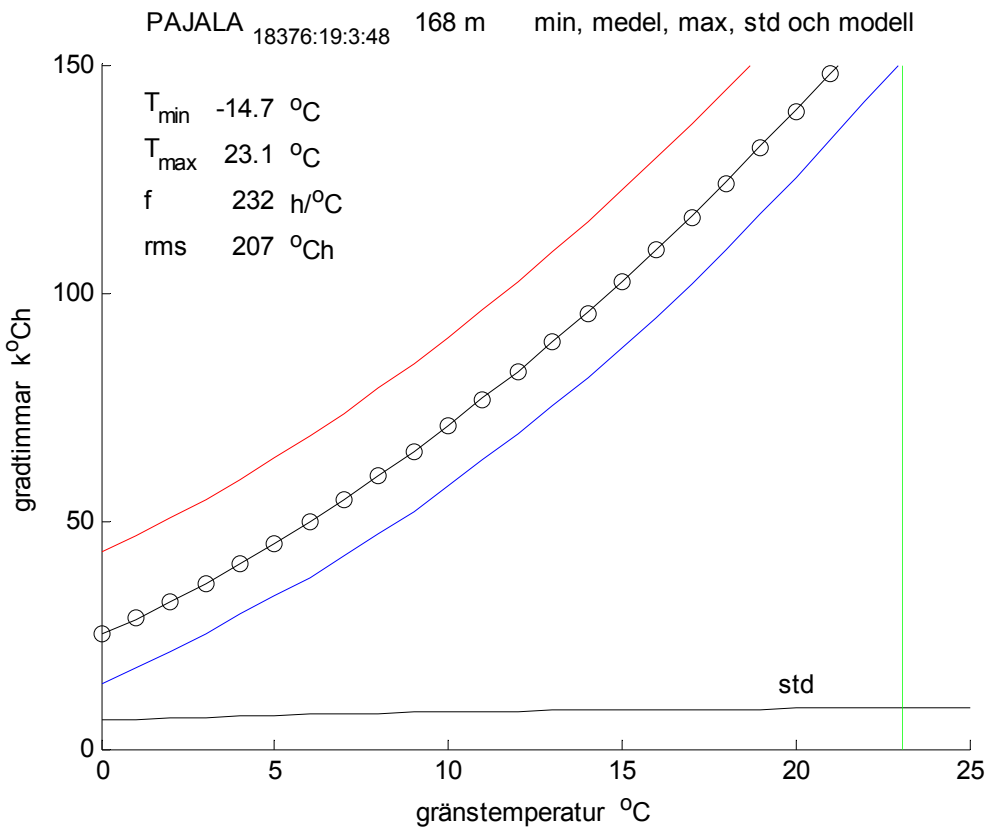
Figur 4.34 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



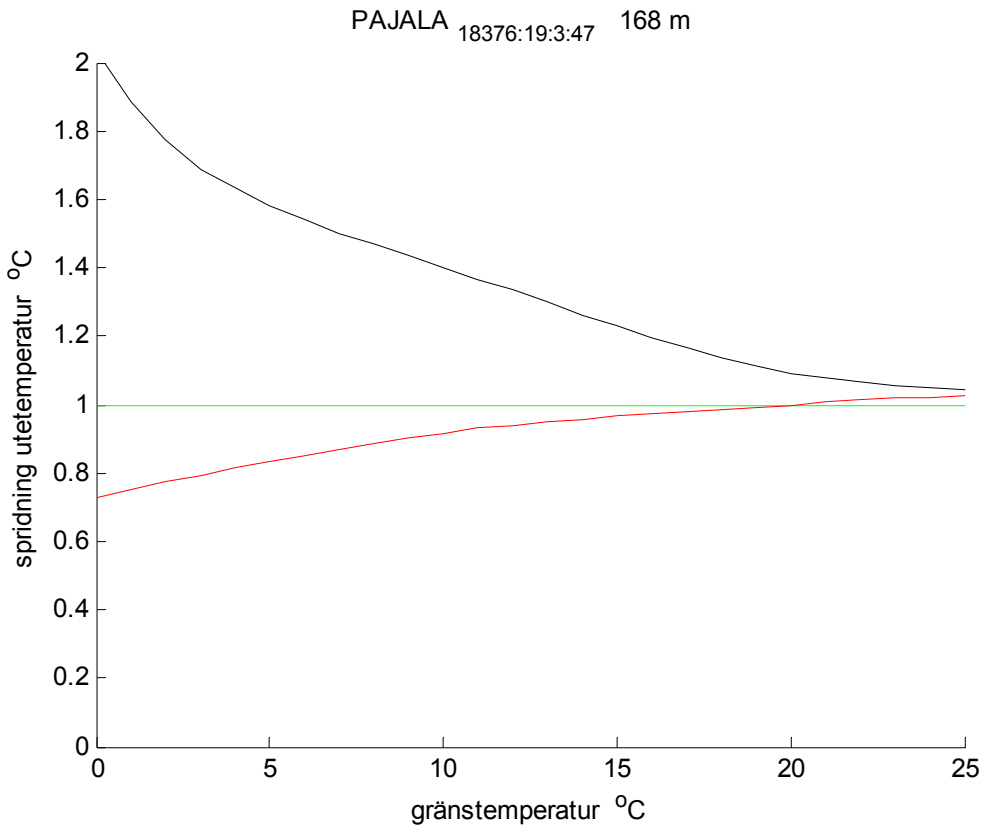
Figur 4.35 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



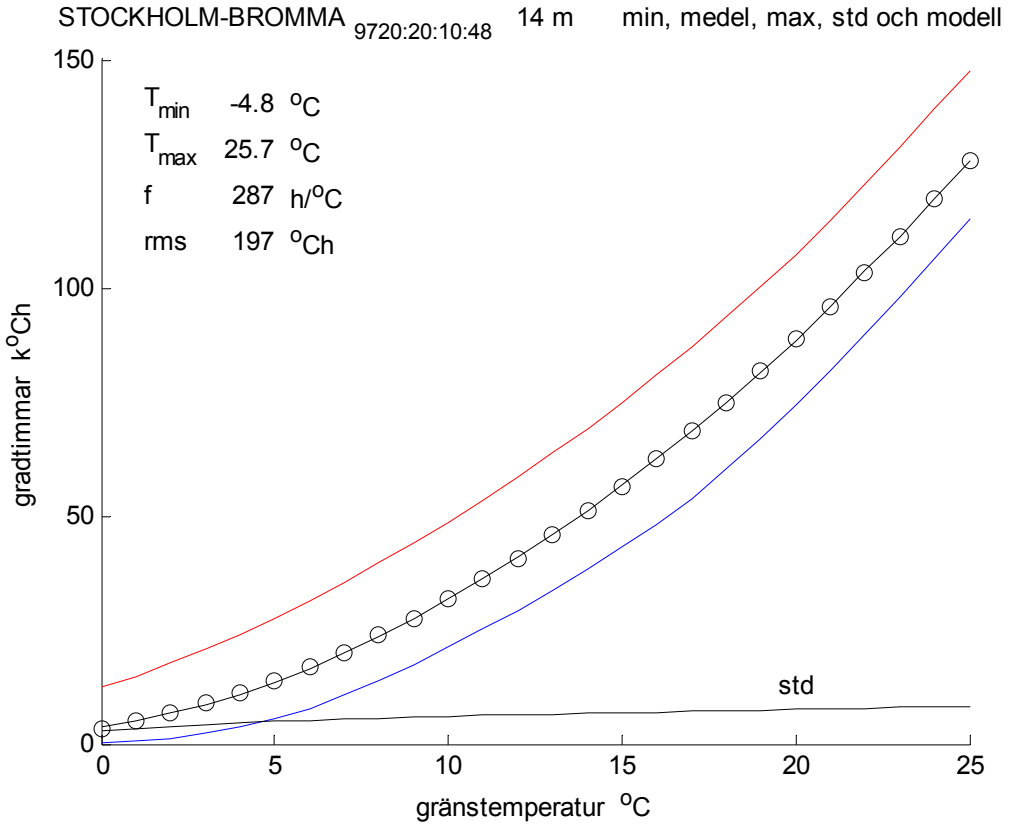
Figur 4.36 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



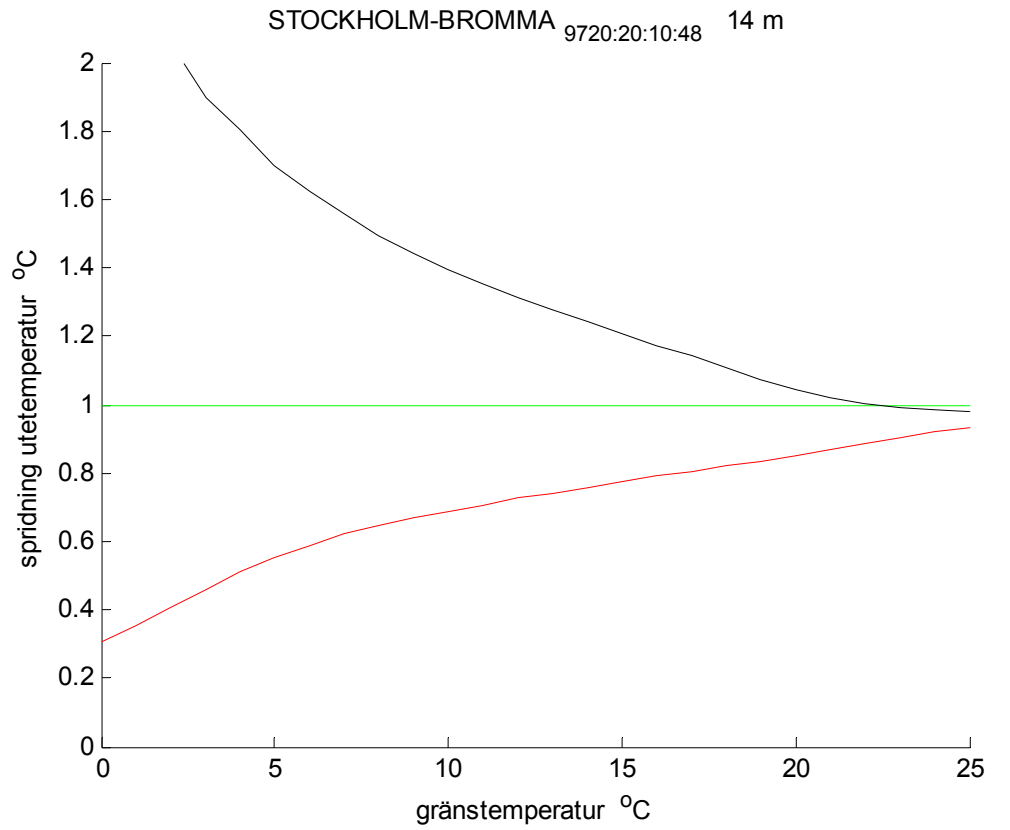
Figur 4.37 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



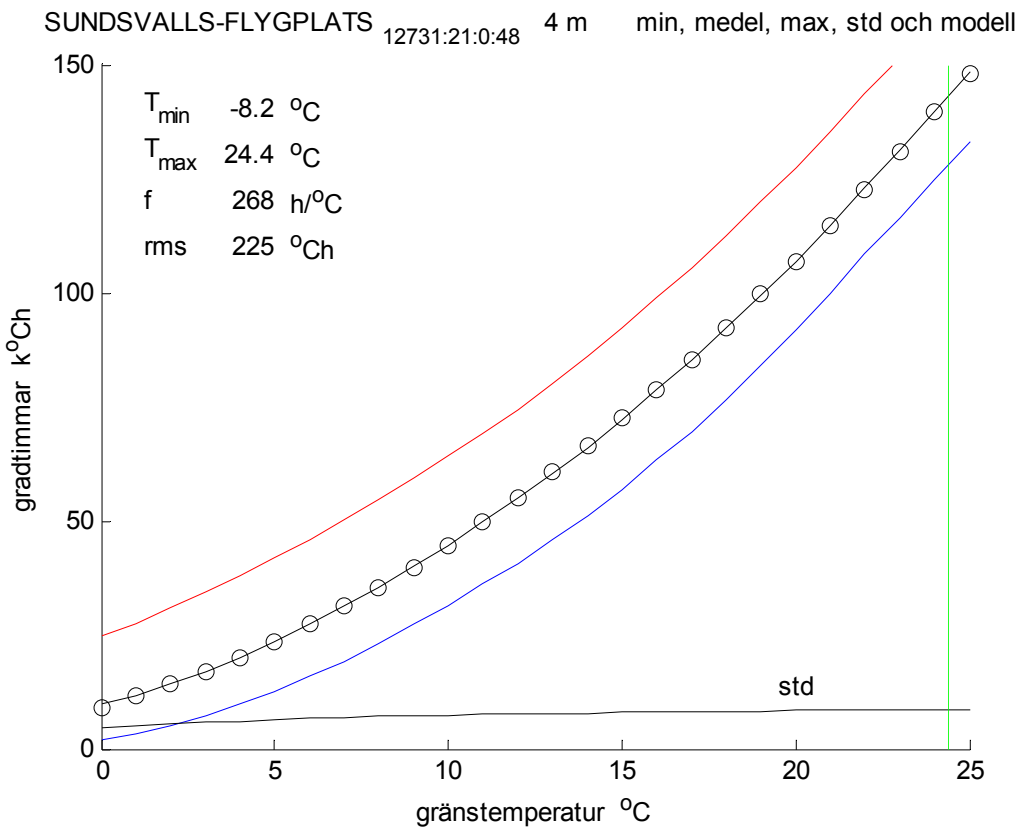
Figur 4.38 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



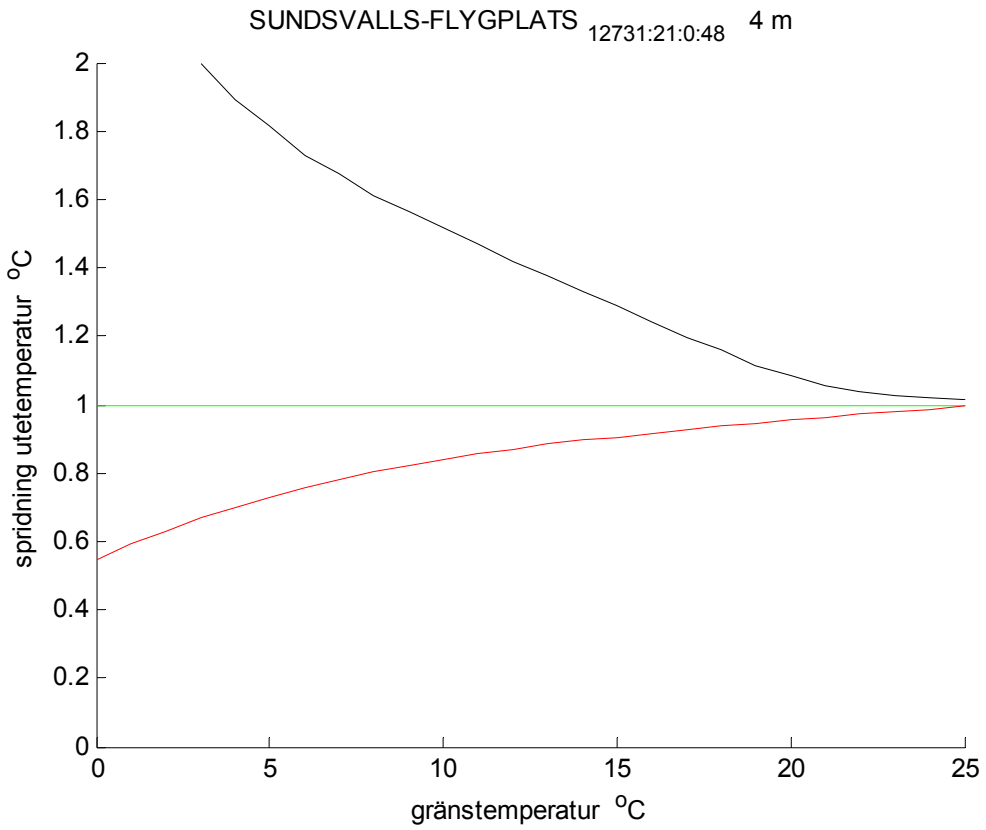
Figur 4.39 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



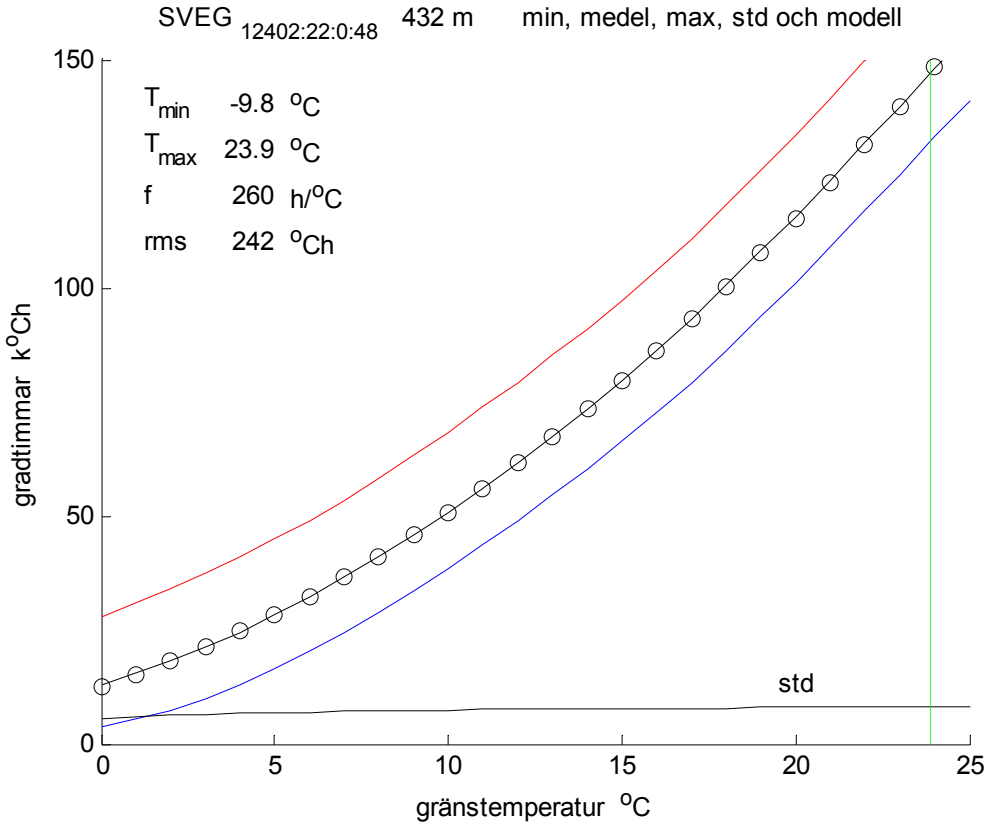
Figur 4.40 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



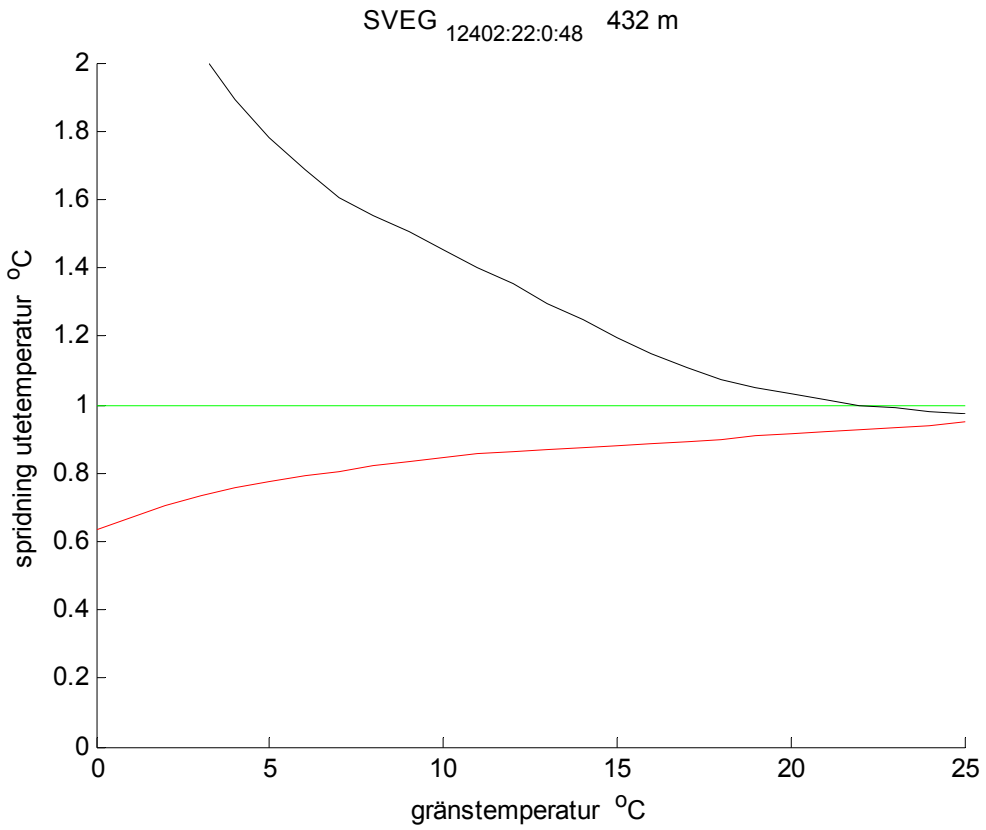
Figur 4.41 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



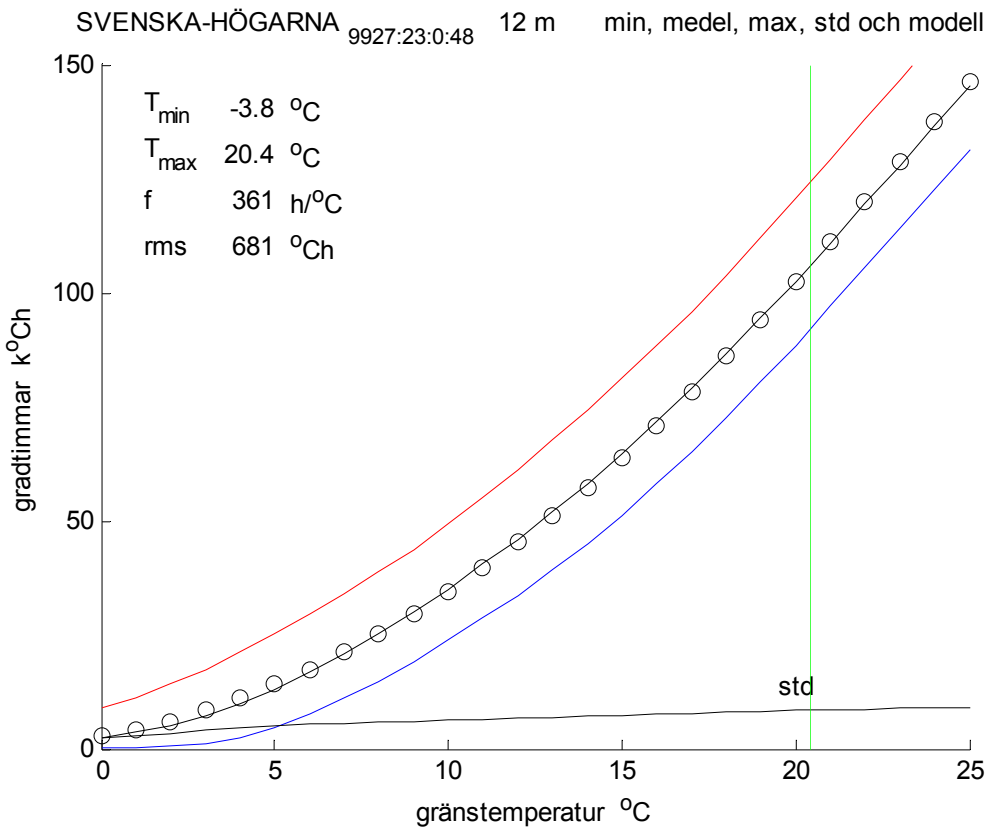
Figur 4.42 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



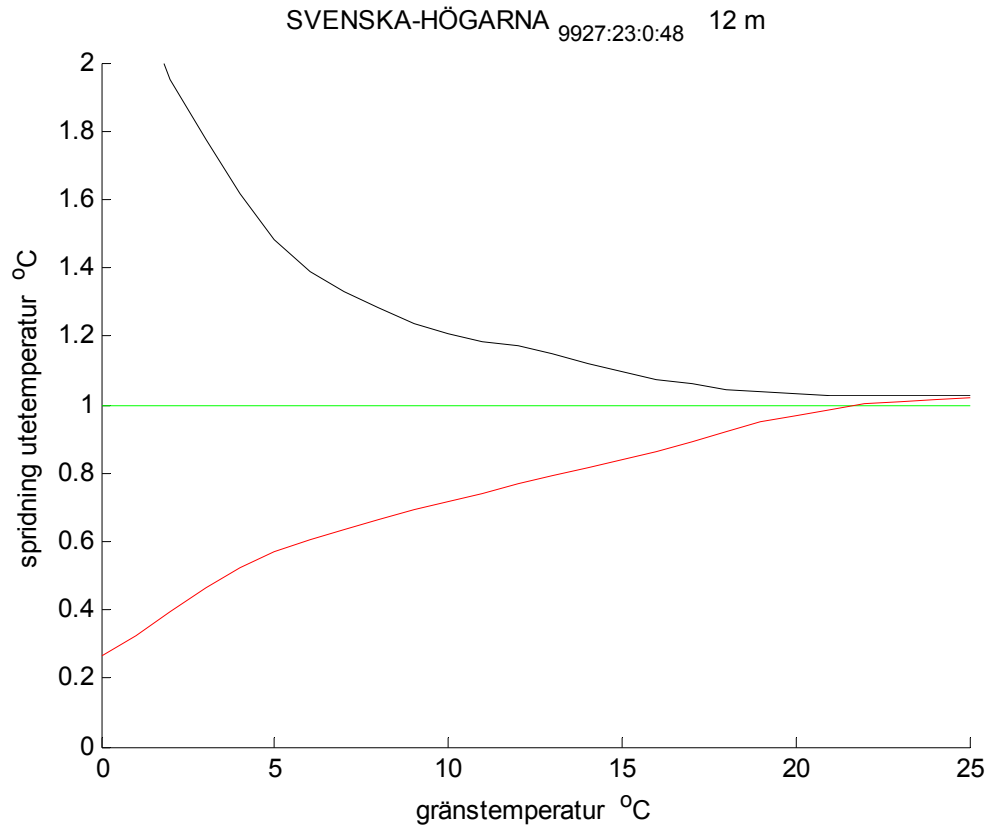
Figur 4.43 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



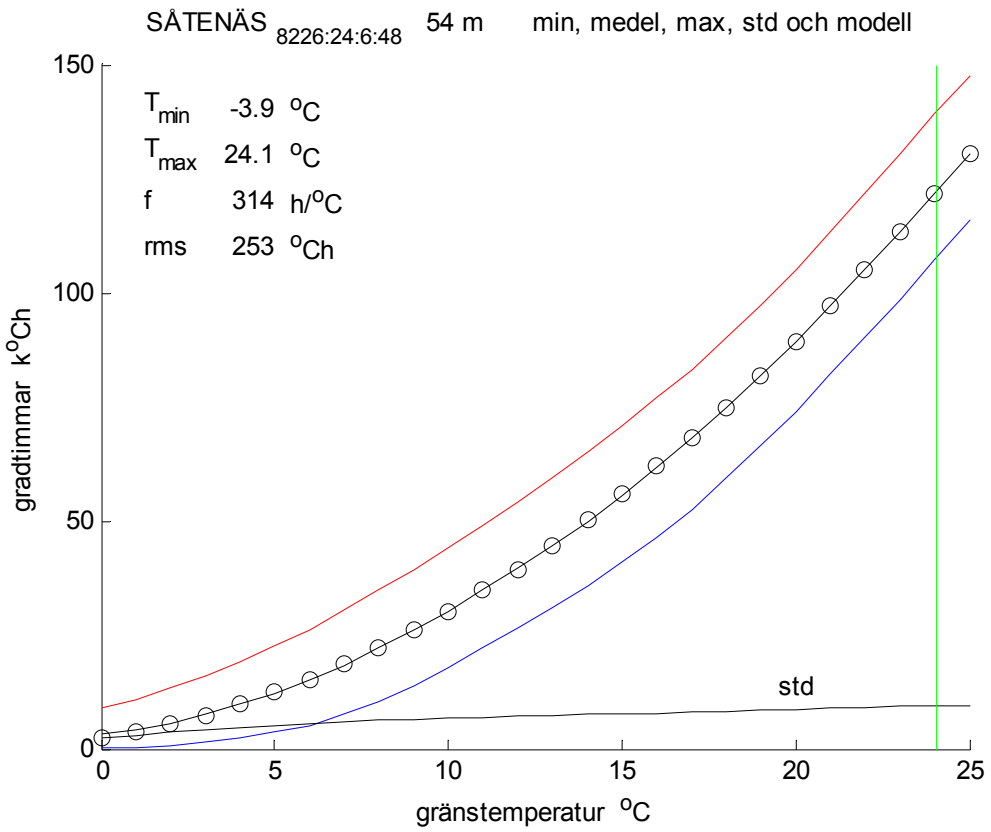
Figur 4.44 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



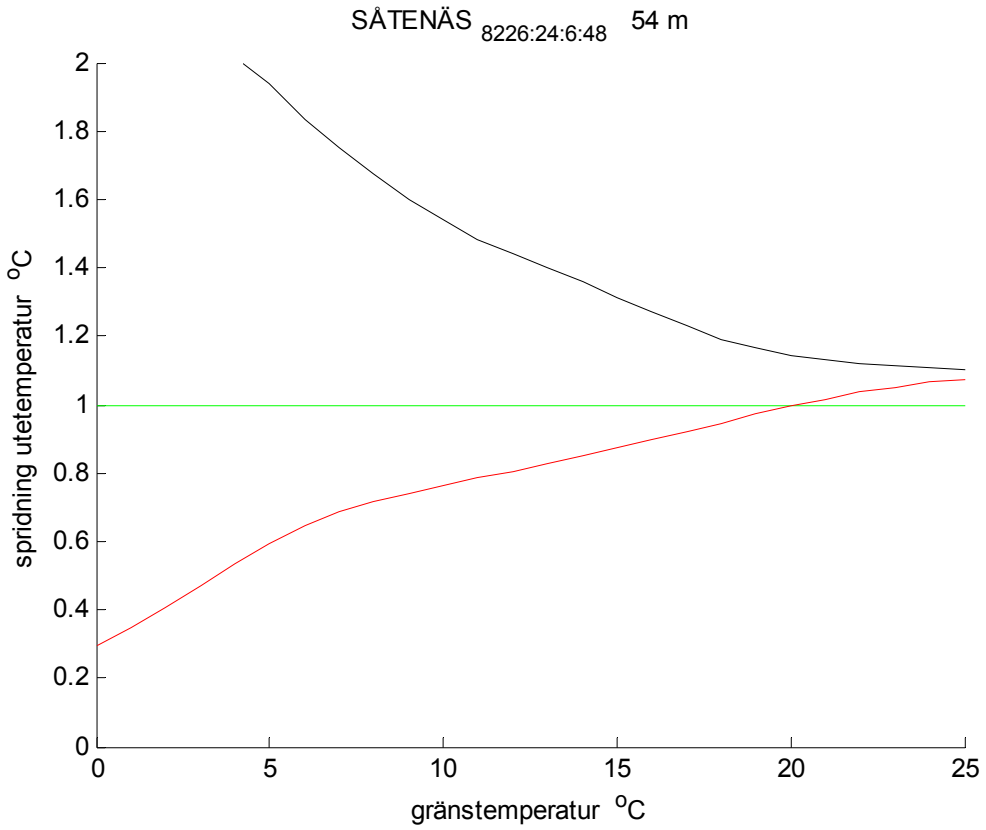
Figur 4.45 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



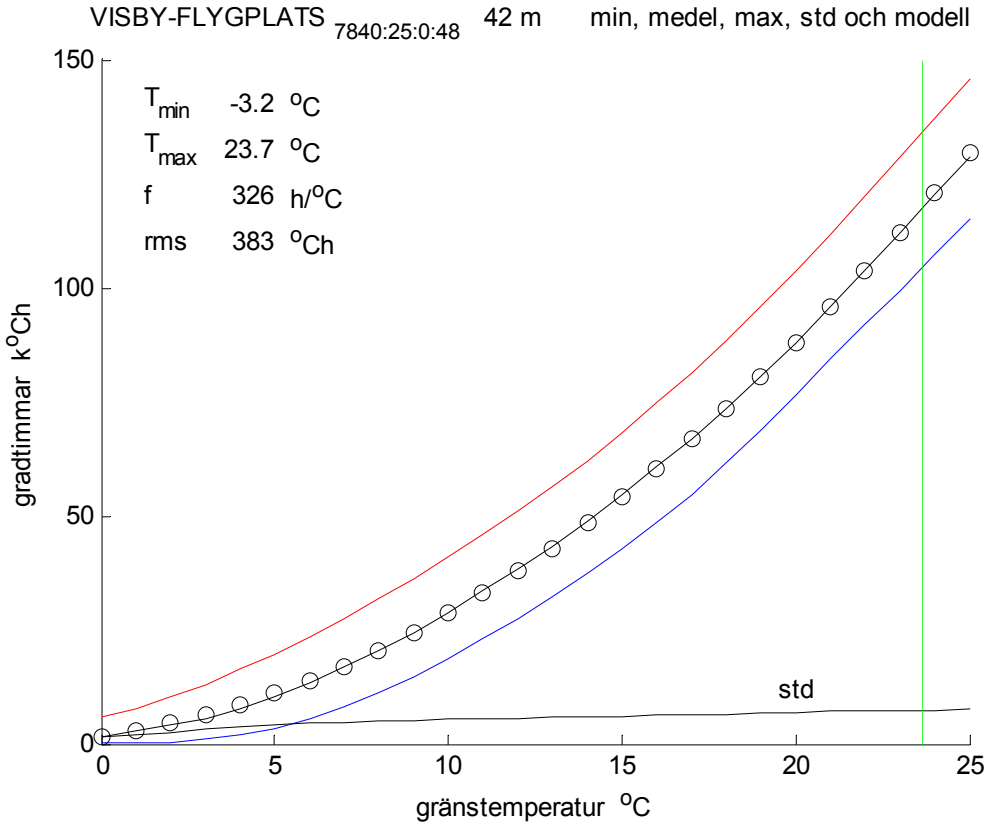
Figur 4.46 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



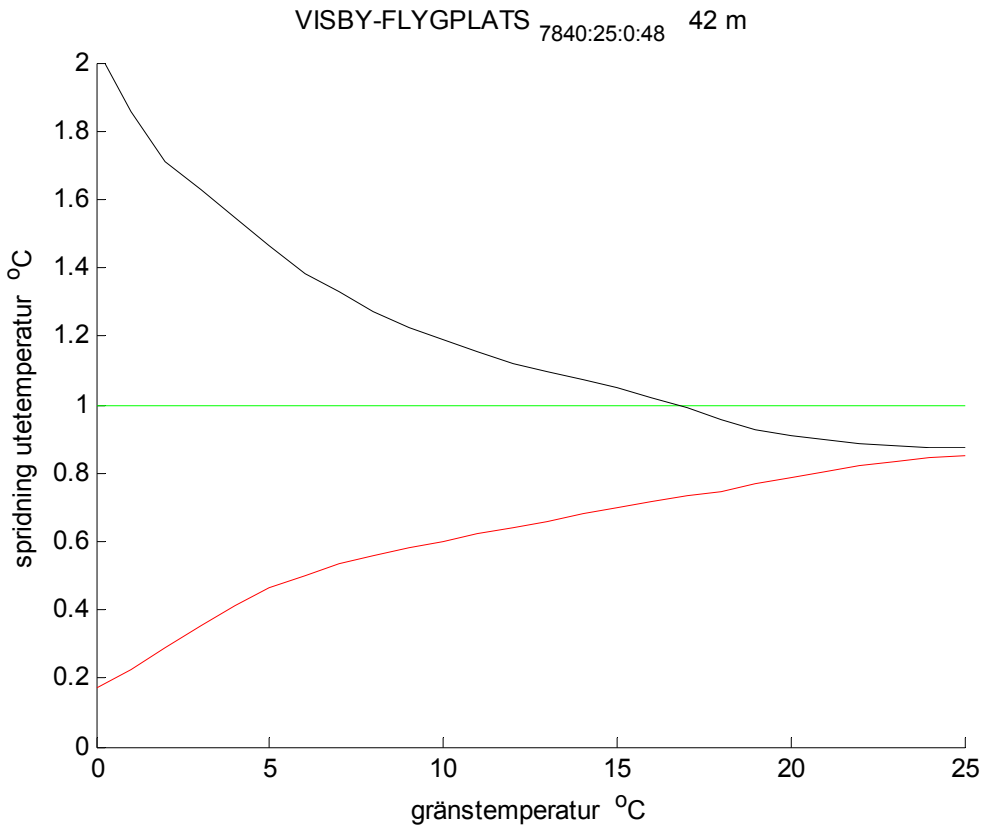
Figur 4.47 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



Figur 4.48 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.



Figur 4.49 Minimum, medel, maximum, standardavvikelse och modell för gradtimmar.



Figur 4.50 Spridning i utetemperatur beräknad med gradtimmar och drifttid eller 8760 h.

Förenklad °Ch-funktion

De redovisade °Ch-värdena i Figur 4.1(2)49 ökar förenklat kvadratiskt till en viss gränstemperatur och därefter linjärt med 8760 °Ch per °C i ökning av gränstemperaturen T_g. Denna förenkling av °Ch-värdena kan beskrivas med en konstant frekvens f h/°C för ett temperaturintervall (T_{min}, T_{max}) °C och °Ch-funktionen kan skrivas enligt (4.1-3)som en konstant del lika med noll, en kvadratisk del och en linjär del. Notera att för parametrarna T_{min}, T_{max} och f gäller sambandet (4.4), eftersom temperaturintervallet (T_{min}, T_{max}) °C omfattar alla årets timmar för utetemperaturen. Årsmedeltemperaturen T_{um} är med $(T_{max} + T_{min})/2$.

$$G_t(T_g) = 0 \qquad T_g < T_{min} \qquad (°Ch) \qquad (4.1)$$

$$G_t(T_g) = f(T_g - T_{min})^2/2 \qquad T_{min} < T_g < T_{max} \qquad (°Ch) \qquad (4.2)$$

$$G_t(T_g) = f(T_{max} - T_{min})^2/2 + 8760(T_g - T_{max}) \qquad T_{max} < T_g \qquad (°Ch) \qquad (4.3)$$

$$f(T_{max} - T_{min}) = 8760 \qquad (h) \qquad (4.4)$$

Temperaturintervallet (T_{min}, T_{max}) °C bestäms med minering av rotmedelkvadratfelet mellan modell och mätdata. Modellens °Ch-värden redovisas med ringar i Figur 4.1(2)49 och parametrarna T_{min}, T_{max}, f och rms redovisas också i Figur 4.1(2)49 och i Tabell 4.14.

Tabell 4.14 Modellparametrar T_{min}, T_{um}, T_{max} och f vid anpassning till 0-25 °C samt rms.

station	T_{min} °C	T_{um} °C	T_{max} °C	f h/°C	rms °Ch
1	-13.6	3.7	21.1	252.2	293.3
2	-2.9	11.2	25.3	311.1	169.3
3	-1.4	10.7	22.9	360.9	259.6
4	-8.8	6.5	21.7	287.2	370.8
5	-12.2	5.5	23.1	248.2	259.0
6	-9.9	5.5	20.9	283.8	500.0
7	-12.1	5.4	22.9	250.4	221.6
8	-2.8	9.6	22.0	353.2	507.4
9	-7.4	6.0	19.5	324.9	496.1
10	-11.2	6.6	24.4	245.9	233.1
11	-5.0	9.7	24.4	297.6	202.4
12	-16.0	2.4	20.7	238.3	427.2
13	-5.2	9.9	25.1	289.2	308.7
14	-14.2	3.8	21.8	243.6	478.7
15	-11.5	5.8	23.2	252.6	146.6
16	-4.8	10.3	25.5	289.0	212.2
17	-8.5	8.0	24.5	265.6	182.4
18	-4.1	11.2	26.6	284.6	163.8
19	-14.7	4.2	23.1	231.8	207.0
20	-4.8	10.4	25.7	287.2	197.2
21	-8.2	8.1	24.4	268.4	225.0
22	-9.8	7.1	23.9	260.3	242.2
23	-3.8	8.3	20.4	361.5	681.3
24	-3.9	10.1	24.1	313.9	253.3
25	-3.2	10.2	23.7	325.8	383.5

En granskning av de filtrerade utetemperaturerna för de tjugofem väderstationerna redovisade i avsnitt 2 i Figur 2.4-28 visar att det finns stora likheter mellan olika orter. Likheterna blir givetvis som störst för likartade lägen som kutsnära fyrplatser, Falsterbo, Hoburg, Svenska högarna och Holmögadd. De filtrerade utetemperaturerna visar att årsvariationerna är måttliga under året jämfört med väderstationer i inlandet. Störst variation fås för väderstationer i inre och övre Norrland.

Klimattypen bestäms främsta av årsmedeltemperaturen $T_{um} = (T_{min}+T_{max})/2$.och spridningen i temperatur i form av skillnaden T_{max} - T_{min}. Ett maritimt klimat har en mindre spridning och en högre frekvens, medan ett kontinentalt klimat har en större spridning och en lägre frekvens. Årsmedeltemperaturen avtar med nordlig breddgrad och höjdläget. Ett försök att beskriva ett klimat kan vara att ange årsmedeltemperaturen och en spridning som passar till klimatypen.

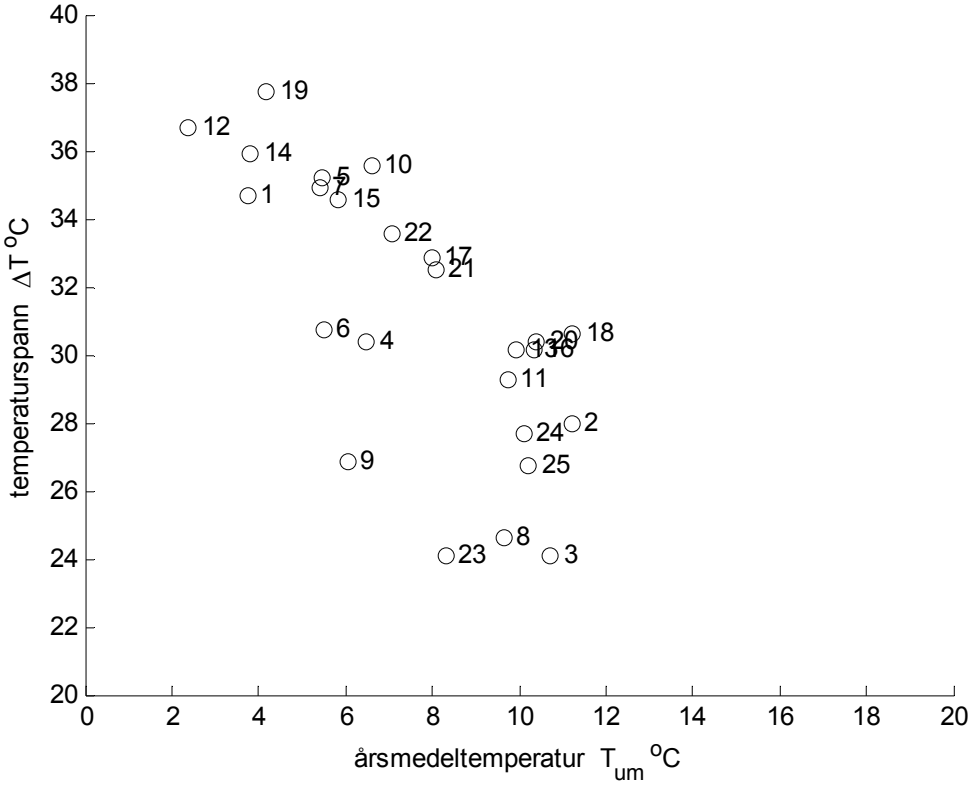
Hur spridningen och frekvensen beror på årsmedeltemperaturen för den förenklade gradtimmefunktionen enligt (4.1-4) med parametrar i Tabell 4.14. redovisas i Figur 4.51 respektive 4.52. Notera att spridningen är omvänt proportionell mot frekvensen och tvärtom enligt samband (4.4).

De redovisade värdena i Figur 4.51 och 4.52 visar att det finns ett visst samband mellan årsmedeltemperatur och spridning eller frekvens. Avtagande årsmedeltemperatur medför en ökande spridning i temperatur eller en avtagande frekvens för den förenklade gradtimmefunktionen.

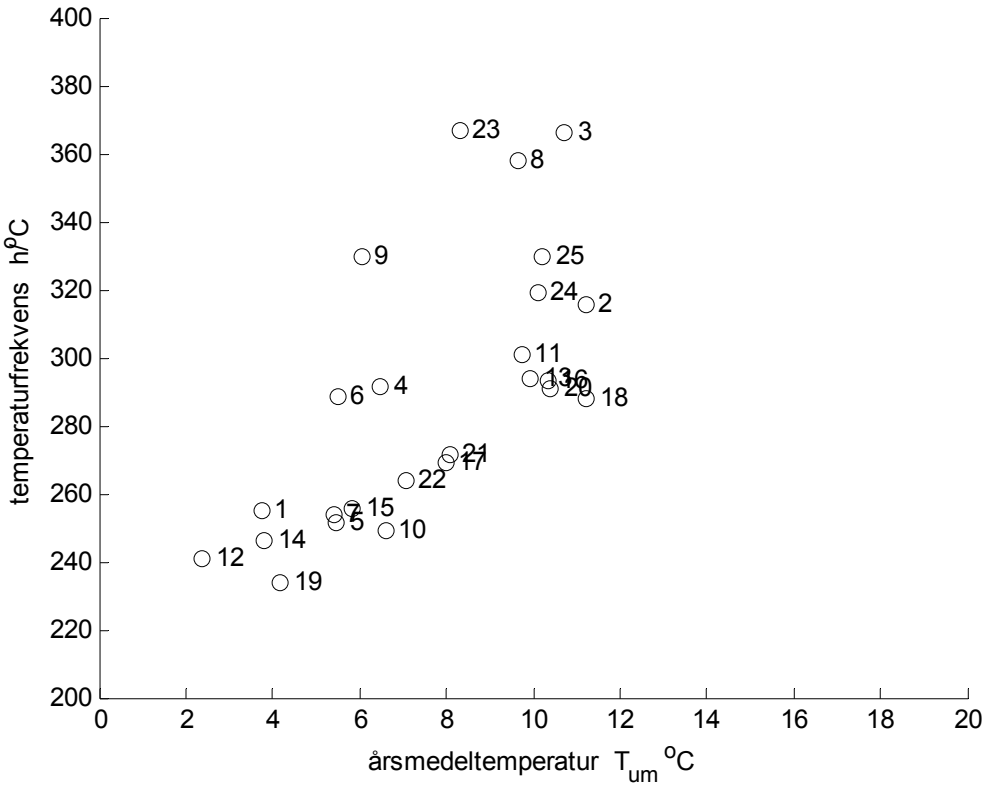
De tre högsta frekvenserna i Tabell 4.14 och i Figur 4.52 är 362, 361 och 353 h/°C för tre fyrplatser Svenska högarna beläget i längst österut i ytterskärgården, Falsterbo beläget på en udde till en halvö och Hoburg på Gotlands södra udde. De tre lägsta frekvenserna är 232, 238 och 244 h/°C för stationerna Pajala, Karesuando och Kvikkjokk-Årrenjarka, vilka alla finns i det inre av övre Norrland.

Hur temperaturparet T_{max} T_{min} eller temperaturspannet beror på det geografiska läget undersöks i Figur 4.53-5 genom att redovisa som funktion av nordlig lattitud, ostlig longitud och höjdläge. Det finns en del mindre tendenser, men tydligast är att den undre temperaturgränsen T_{min} avtar med ökande nordlig lattitud. Detta gäller även för ökande höjdläge. Den övre temperaturgränsen T_{max} är ganska konstant och avtar obetydligt med nordlig lattitud, ostlig longitud och höjdläge.

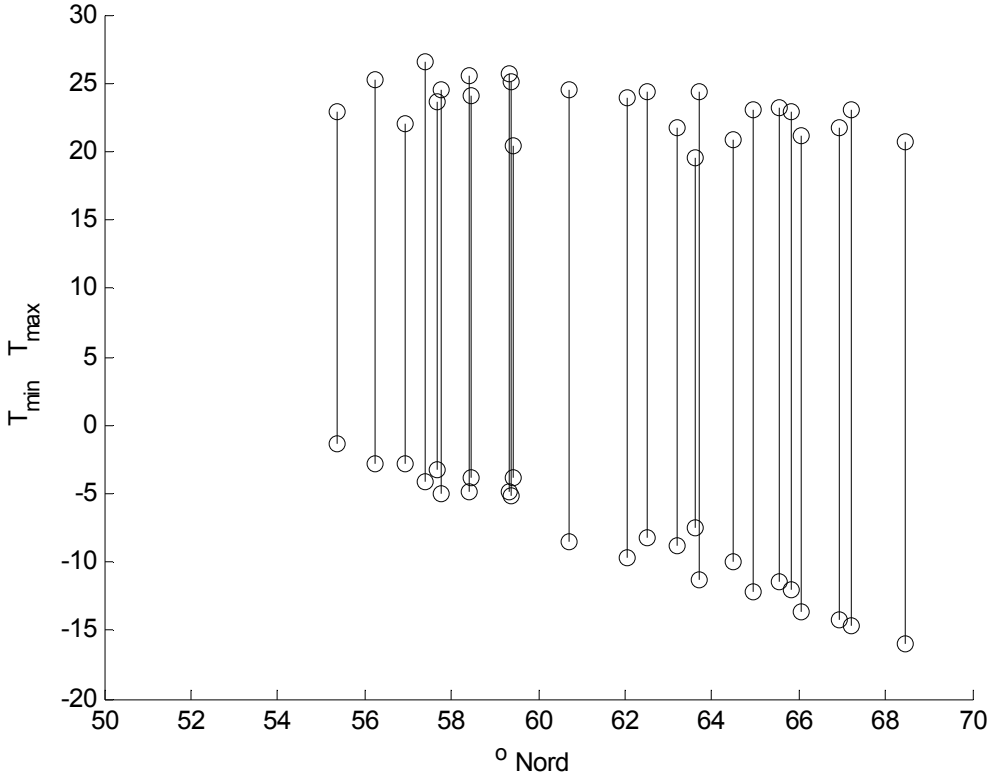
Felkänsligheten för hur en förenklad gradtimmefunktion väljs för att beskriva ett klimat på en annan ort kan undersökas rent teoretiskt genom att jämföra ett fall med annan årsmedeltemperatur och annan spridning än ett basfallets 6 °C respektive 30 °C. Rotmedelkvadratfelet beräknas som funktion av vald årsmedeltemperatur och spridning för gränstemperaturerna 0(1)20 °C och redovisas i Figur 4.56. Felkurvorna visar att det är viktigt att årsmedeltemperaturen blir rätt. Ett fel i årsmedeltemperatur kan delvis kompenseras med en ändrad temperaturspridning.



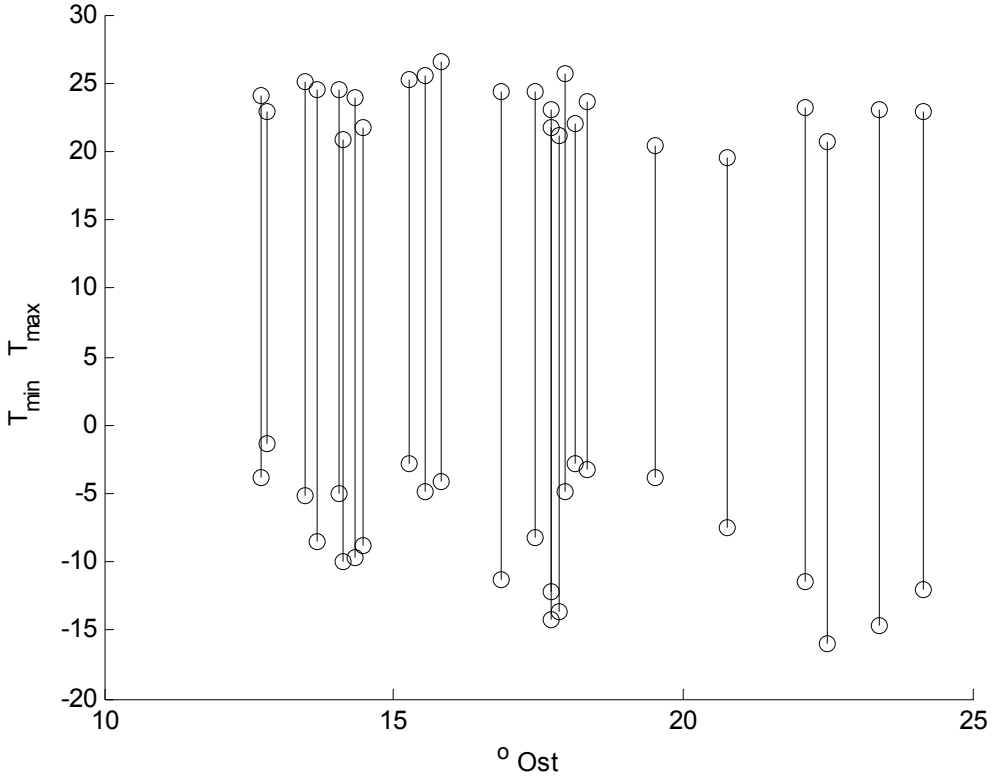
Figur 4.51 Temperaturspann för förenklad °Ch-funktion som funktion av årsmedeltemperatur.



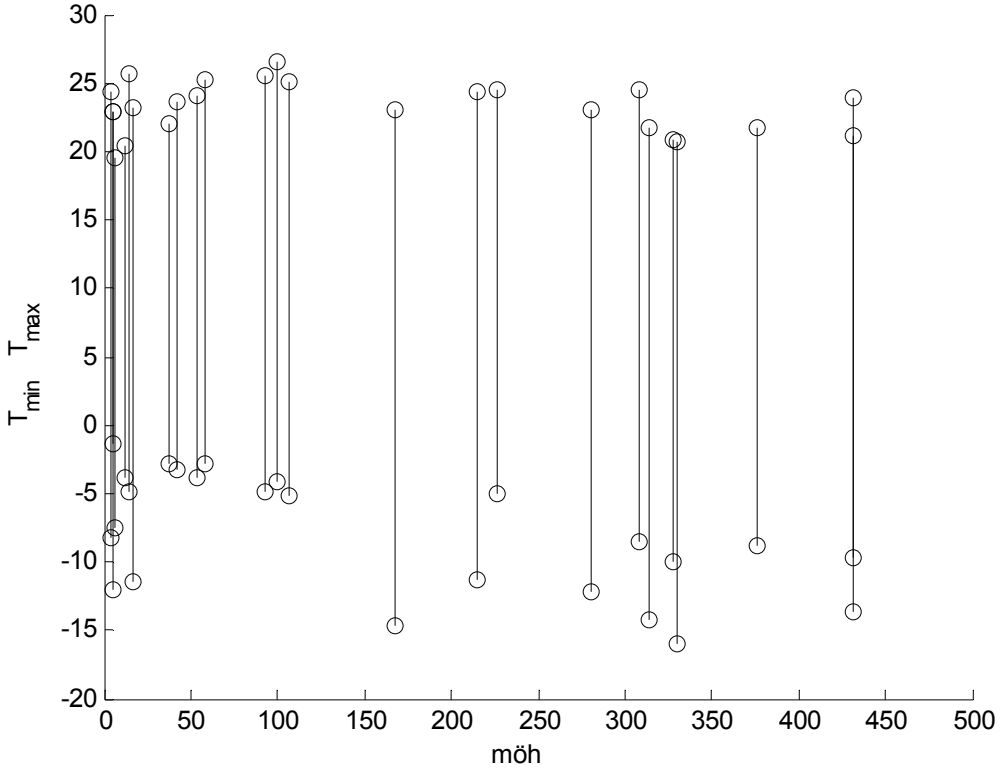
Figur 4.52 Frekvens för förenklad °Ch-funktion som funktion av årsmedeltemperatur.



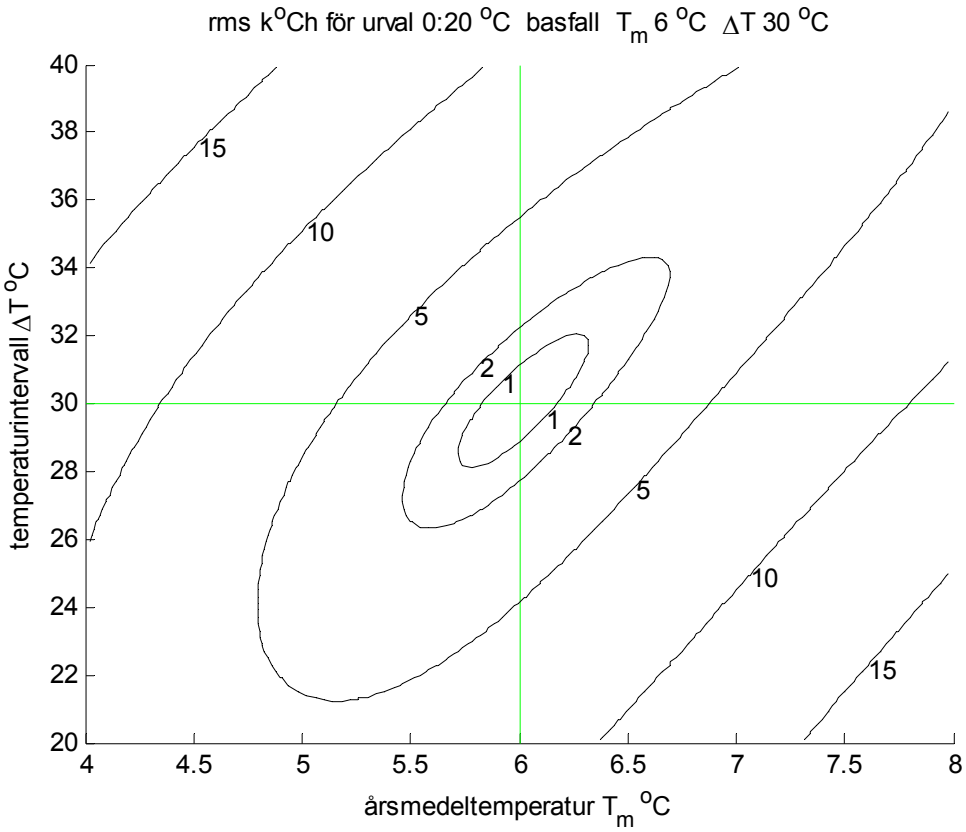
Figur 4.53 Temperaturgränserna T_{min} och T_{max} som funktion av nordlig lattitud.



Figur 4.54 Temperaturgränserna T_{min} och T_{max} som funktion av ostlig longitud.



Figur 4.55 Temperaturgränserna T_{min} och T_{max} som funktion av höjdläge.



Figur 4.56 Felkänslighet k°Ch för urval 0:20 °C för förenklad °Ch-funktion.

Den förenklade °Ch-funktionen bygger på ett antagande om konstant frekvens för ett temperaturintervall (T_{min}, T_{max}) med frekvensen f och noll för övrigt. Denna förenkling är grov,vilket kan visas med en jämförelse mellan uppmätt och antagen frekvensfunktion. Detta görs för två ytterlighetsfall station Falsterbo och station Karesuando, vars förenklade och uppmätta frekvensfunktioner redovisas i Figur 4.57 respektive 4.58. Motsvarande °Ch-funktioner redovisas i sin tur i Figur 4.59 respektive 4.60 med ringar för den förenklade °Ch-funktionen för gränstemperaturer av intresse.

Den förenklade °Ch-funktionen har i Figur 4.1(2)4.49 anpassats för endast gränstemperaturerna 0-25 °C med numerisk minimering av rotmedelkvadratfelet.

En anpassning till alla data utan något hänsyn till något särskilt gränstemperaturområde görs enkelt genom att beräkna medelvärde m och standardavvikelse σ . De två temperaturintervallgränserna T_{min} och T_{max} bestäms enligt nedan:

$$T_{min} = m - 3^{0.5}\,\sigma \qquad (°C) \qquad (4.5)$$

$$T_{max} = m + 3^{0.5}\,\sigma \qquad (°C) \qquad (4.6)$$

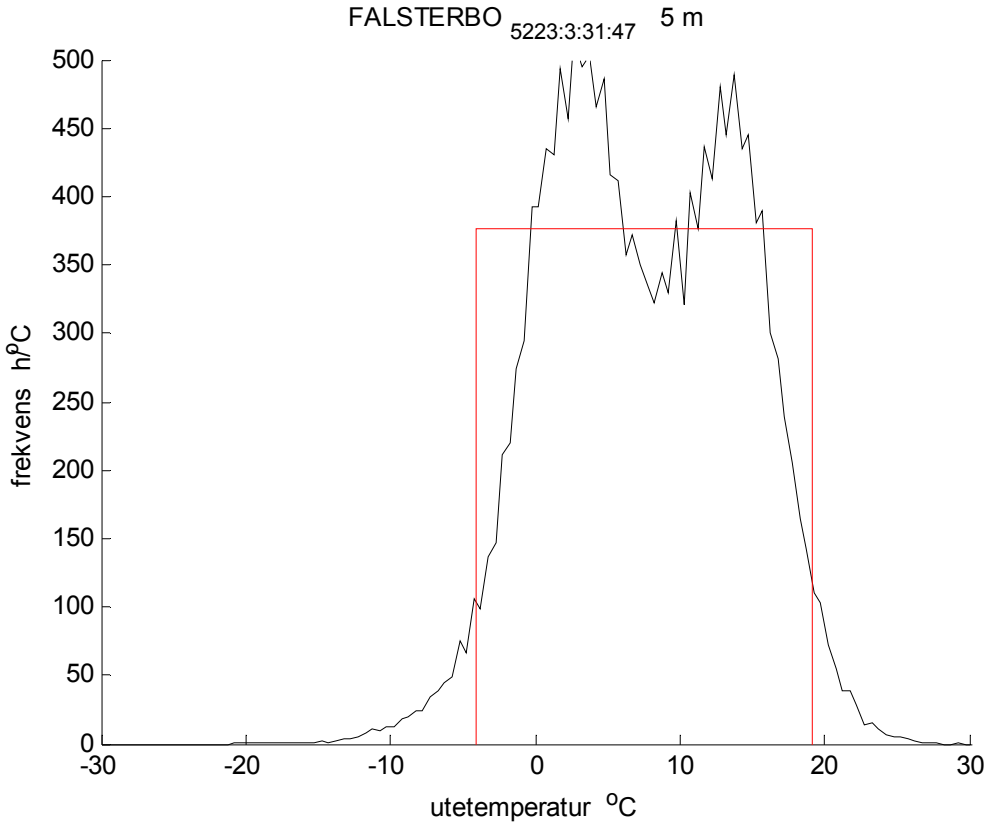
Denna allmänna anpassning enligt (4.5-6) redovisas i Figur 4.57 och 4.58 och tillämpas även i Figur 4.59 och 4.60 för °Ch-funktionen. De tidigare med ringar redovisade °Ch-funktionerna i Figur 4.1(2)49 har anpassats för gränstemperaturintervallet 0-20 °C. Detta ger en bättre anpassning än den övergripande anpassningen enligt (4.5-6) som i princip skall klara alla gränstemperaturer.

Uppsummering

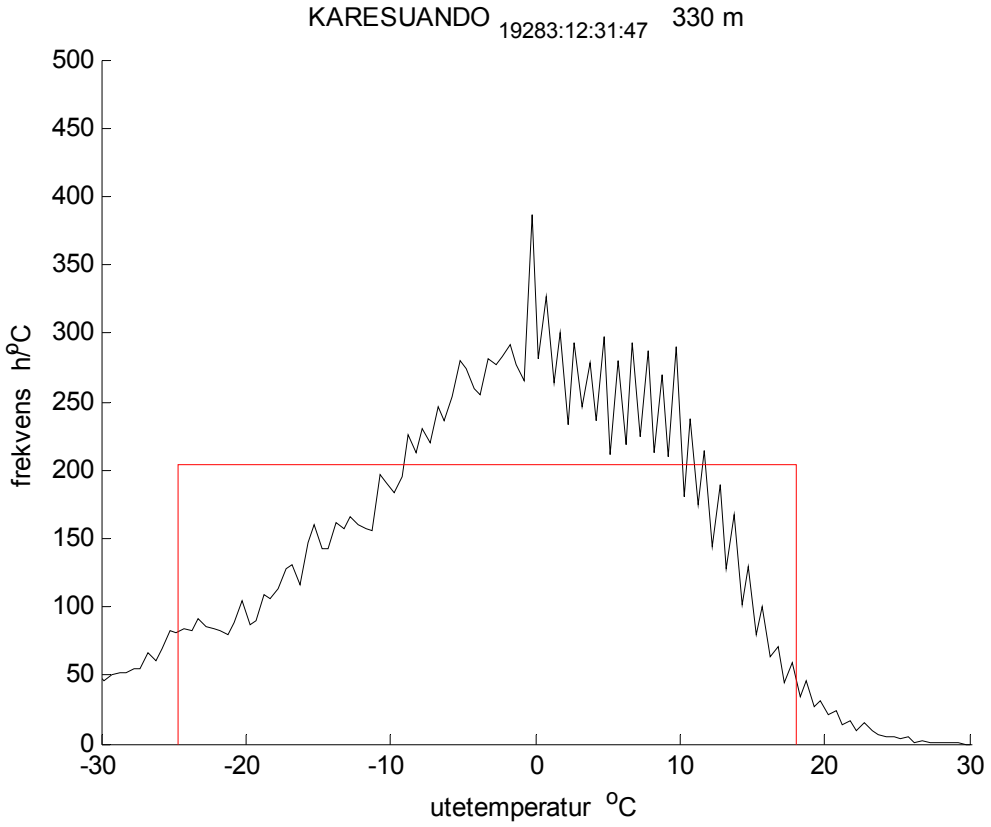
Den viktigaste tabellen är Tabell 4.11, som redovisar medelvärden för de tjugofem väderstationerna för de sex valda gränstemperaturerna 0(5)25 °C. Spridning eller osäkerheten i utetemperatur ges av de två högra kolumnerna och för gränstemperaturen 20 °C och 25 °C fås värdena 1.06 °C och 0.95 °C respektive 1.02 °C och 1.00 °C. Motsvarande standardavvikelser är enligt Tabell 4.13 0.07 °C och 0.08 °C respektive 0.07 °C och 0.07 °C för de två gränstemperaturerna.

Spridningen mellan olika orter är måttlig, vilket framgår för enskilda värden i Tabell 4.8 och 4.9 för gränstemperaturen 20 °C respektive 25 °C.

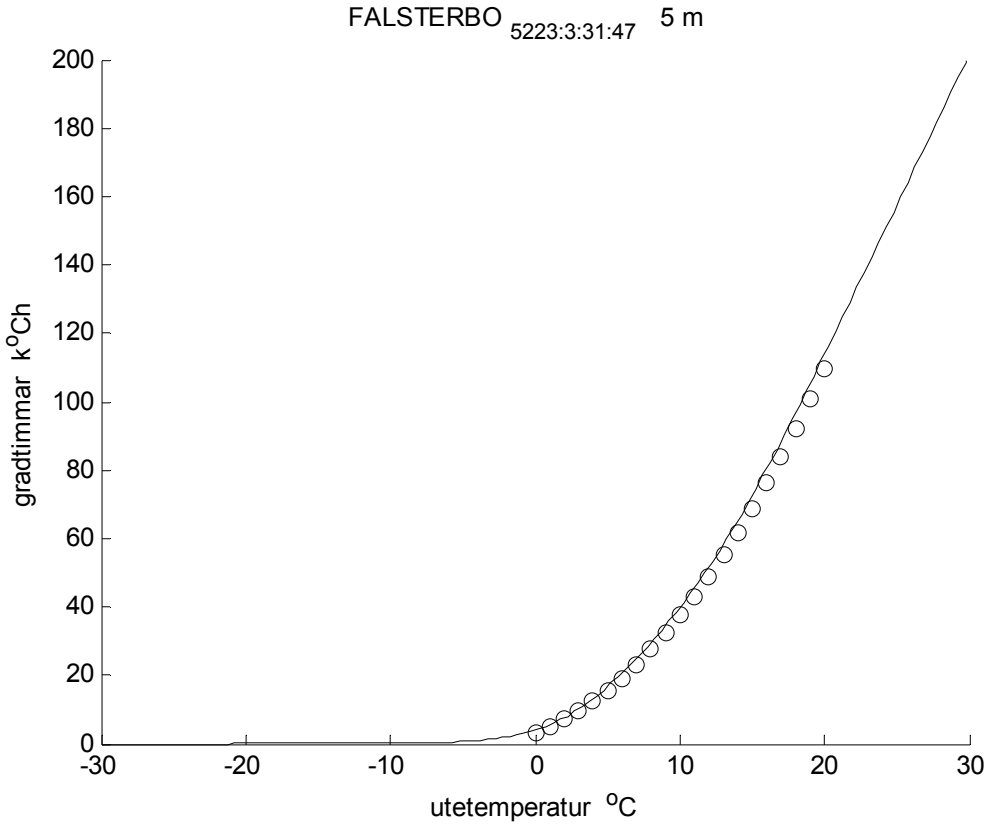
En enkel sammanfattning av utetemperaturens tidsberoende osäkerhet är avrundat 1 °C för normal uppvärmning och ventilation för en gränstemperatur eller innetemperatur om 20 °C till 25 °C.



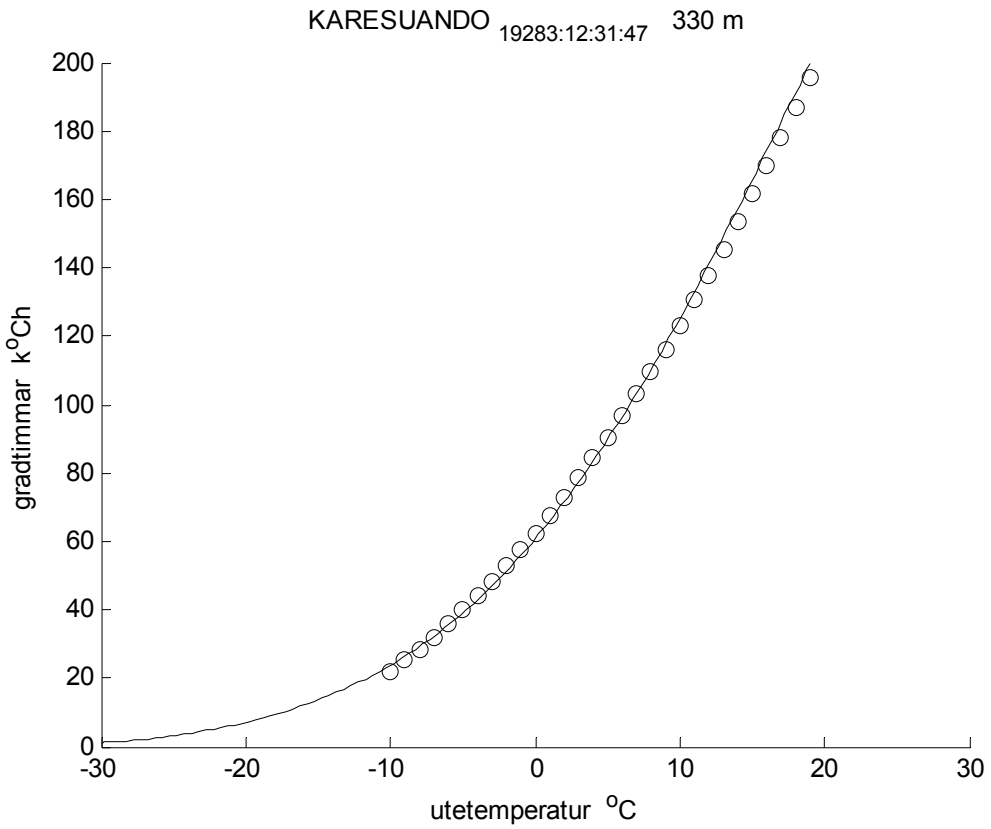
Figur 4.57 Uppmätt och förenklad frekvensfunktion för utetemperaturen för Falsterbo.



Figur 4.58 Uppmätt och förenklad frekvensfunktion för utetemperaturen för Karesuando.



Figur 4.59 Uppmätt och förenklad °Ch-funktion för utetemperaturen för Falsterbo.



Figur 4.60 Uppmätt och förenklad °Ch-funktion för utetemperaturen för Karesuando.

5 Ortsberoende osäkerhet för utetemperaturen

Antalet väderstationer är begränsat. Det finns därför ett behov av att kunna uppskatta utetemperaturen för andra orter där det inte finns tillgängliga väderdata. Syftet med detta avsnitt är att undersöka hur väl utetemperaturen för en ort kan beskrivas med utetemperaturen för en eller flera andra orter och bestämma osäkerheten.

Ortsberoende enligt Meteonorm

Det finns ett välkänt datorprogram Meteonorm (2009) för att ta fram klimatdata för olika orter på jordklotet genom att interpolera fram klimatdata med hjälp av närliggande orter. En tumregel som nämns i Meteonorm (sidan 2) är att klimatdata för en ort kan användas på ett avstånd upptill 20 km och om höjdskillnaden är mindre än 100 m och på större avstånd tillämpas omräkning och interpolation.

Rotmedelkvadratfelet för månadsmedeltemperaturen beräknat med Meteonorm anges till 1.1, 0.8 och 1.0 °C för Europa, Tyskland och Frankrike (sidan 32). Allmänt anges felet i temperatur till 1.5 °C (sidan 3). Dessa siffror visar att osäkerheten vid omräkning och interpolation är betydande trots att stationstätheten är hög och därmed är avstånden korta. Om den enkla metoden närmsta granne tillämpas anges felet till 3.4 °C (sidan 32). Notera att rotmedelkvadratfelet innehåller ett medelfel till skillnad från standardavvikelsen, där medelfelet räknas bort.

Ett viktigt påpekande är att stora fel för månadsvärden behöver inte innebära att årsvärden har samma fel. Årsmedelvärdet för en summa av tolv slumpmässiga månadsvärden har en standardavvikelse som är lika med standardavvikelsen för månadsvärden dividerat med kvadratroten för tolv eller multiplicerat med en faktor $12^{-0.5} \approx 0.289$. Detta minskar felet för årsmedelvärden något.

Meteonorm har mer än 1500 väderstationer för Europa, vars geografiska område omfatta 10.2 Mkm^2. Medelytan per väderstation blir därför 6800 km^2 och omräknat till en kvadratisk yta blir sidan avrundat 82 km. Stationsavståndet är därför i medeltal 82 km för Europa.

Avstånd mellan tjugofem stationer

Avståndet mellan de tjugofem svenska stationerna i medeltal något större. Sveriges landytan är 0.45 Mkm^2 och uppdelat per station fås ytan 18000 km^2. Omräkning till kvadratisk yta ger sidan 134 km. Avståndet mellan de tjugofem väderstationerna har beräknats och de sex kortaste avstånden till andra väderstationer, vilka redovisas i Tabell 5.1. Medelavstånden för samtliga stationers redovisas även längst ner i samma Tabell 5.1. Medelavståndet till de tre närmsta grannarna är 121, 164 och 196 km. Det kortaste medelavståndet stämmer väl med det uppskattade som bör vara något större eftersom stationerna är något ojämnt fördelade över landet. Endast tre stationspar har avstånd mindre än 100 km.

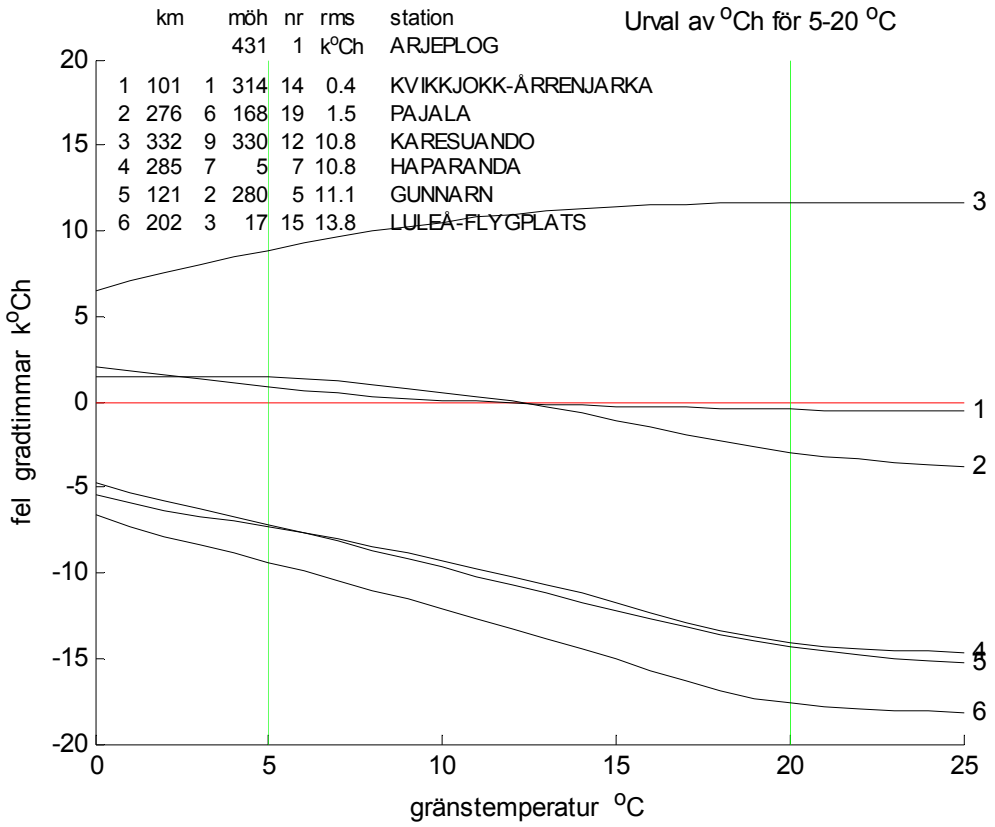
Närområdet i form av kvadrat med sidan 40 km täcker endast 1600 km^2 per station och för de tjugofem stationerna täcks mindre del än en tiondedel av Sveriges yta. Enligt Meteonorm krävs omräkning och interpolation utan för närområdet, vilket blir mer än nio tiondedelar av Sveriges yta.

Tabell 5.1 Sex minsta avstånden till andra stationer

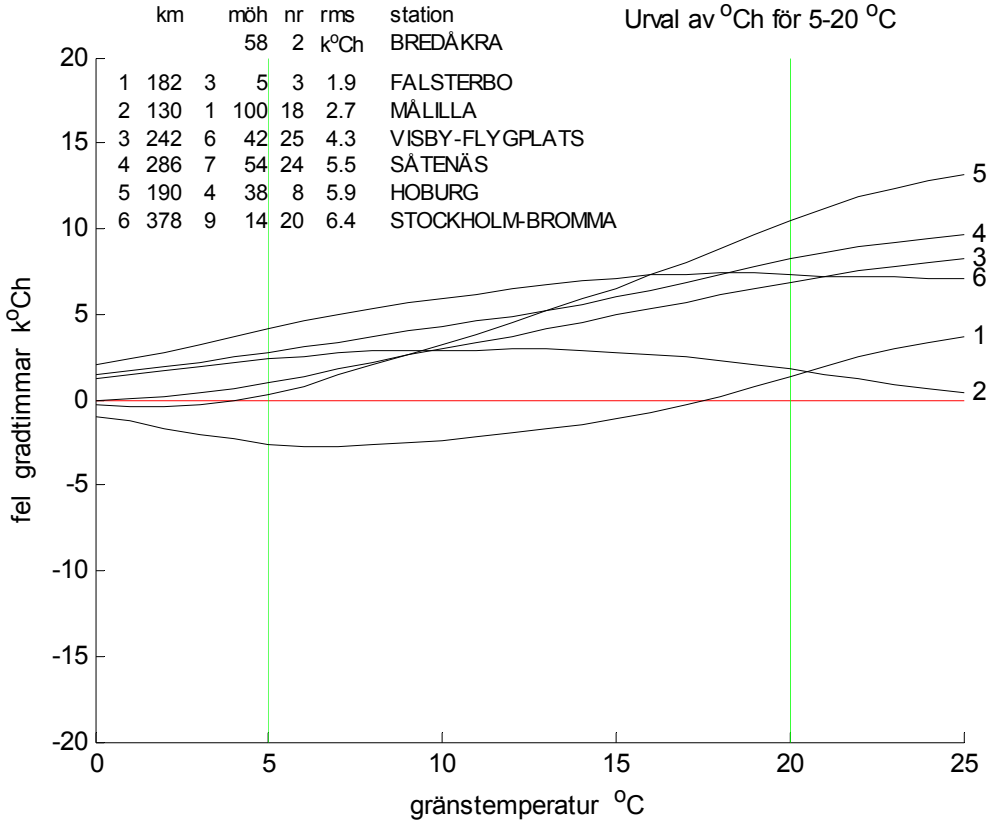
nr	1	2	3	4	5	6
1	101	121	202	244	265	276
2	130	181	182	190	238	242
3	182	274	290	339	371	373
4	130	131	146	167	251	280
5	121	146	177	211	215	222
6	146	160	177	244	274	275
7	98	157	285	295	299	312
8	83	149	190	226	261	270
9	192	205	211	226	295	305
10	131	133	146	160	192	225
11	111	112	112	181	182	254
12	142	260	299	322	332	440
13	112	150	159	182	254	258
14	101	222	247	251	260	312
15	98	194	202	215	226	251
16	112	113	159	164	175	185
17	150	151	258	276	280	280
18	112	113	130	149	153	217
19	142	157	194	247	276	358
20	89	175	189	250	254	270
21	133	167	169	205	271	274
22	130	151	169	225	275	300
23	89	209	256	291	313	341
24	111	112	164	217	258	286
25	83	153	185	189	209	242
min	83	112	112	149	175	185
medel	121	164	196	227	255	282
max	192	274	299	339	371	440

Jämförelse med grannstationer

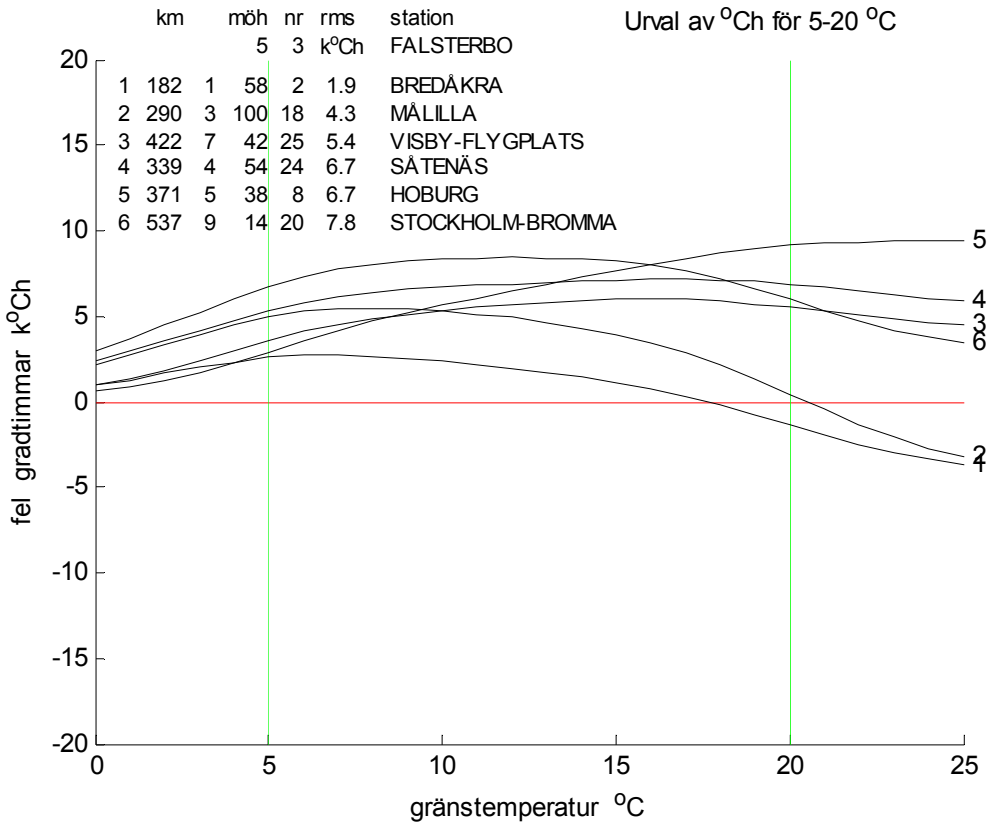
Avsikten med detta underavsnitt är att undersöka om en grannstation kan användas och hur mycket det skiljer mellan de tjugofem stationerna. Jämförelse görs med gradtimmefunktion och för varje ort redovisas resultatet för de sex bästa stationerna. Urvalet görs efter grad-timmevärden för gränstemperaturen 5-20 °C. Skillnad4en eller felet mellan aktuell station och övriga redovisas som funktion av gränstemperaturen i Figur 5.1-25 för varje station.



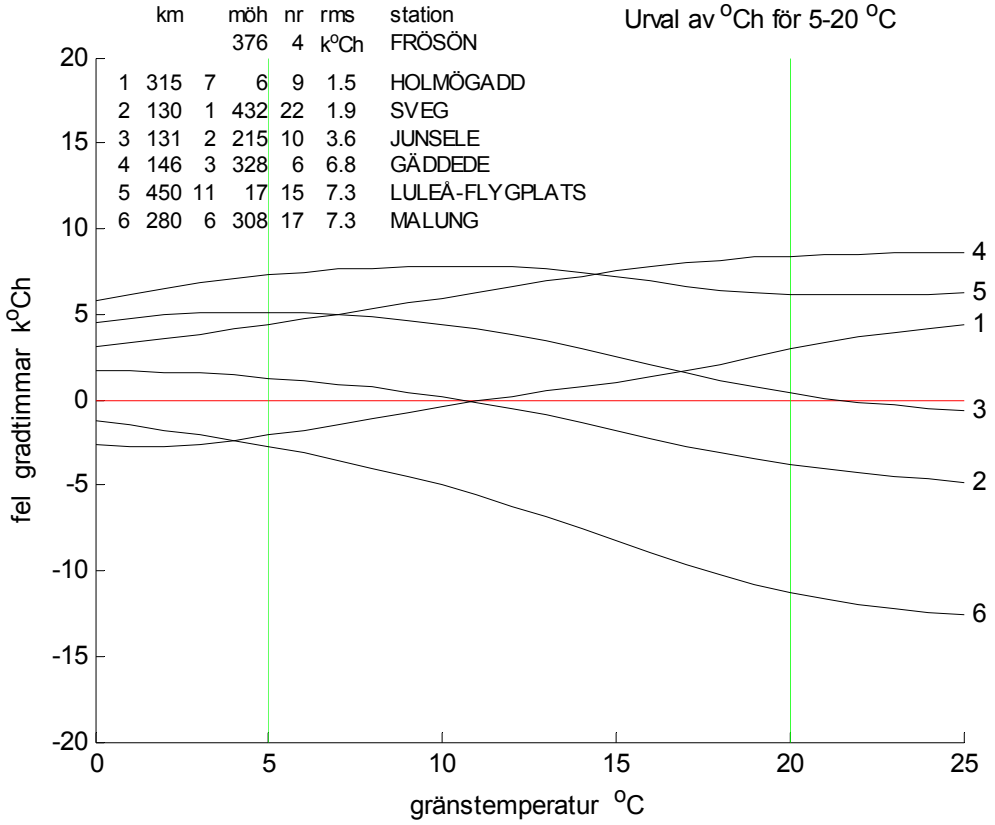
Figur 5.1 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



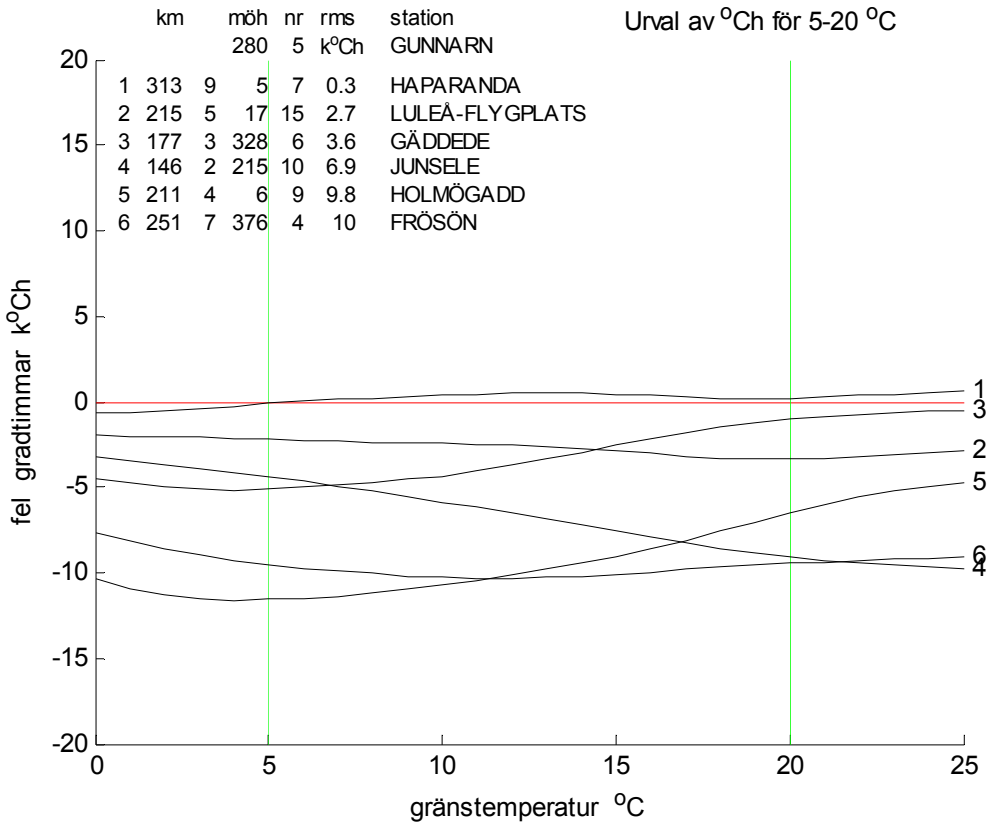
Figur 5.2 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



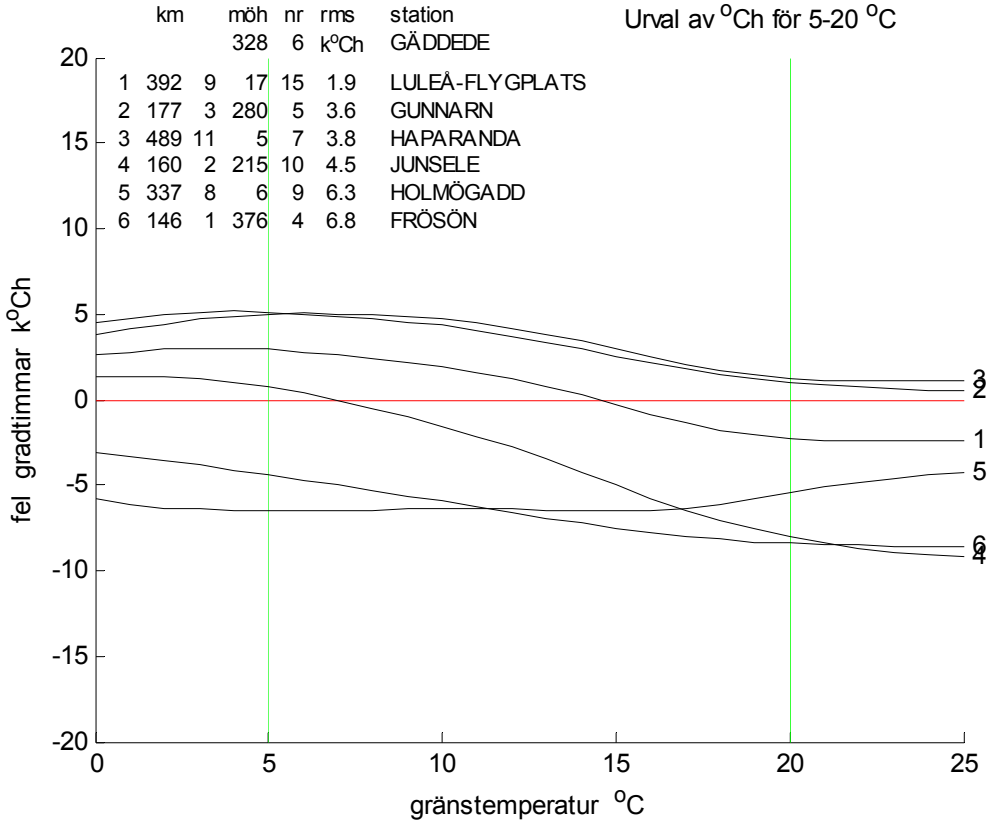
Figur 5.3 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



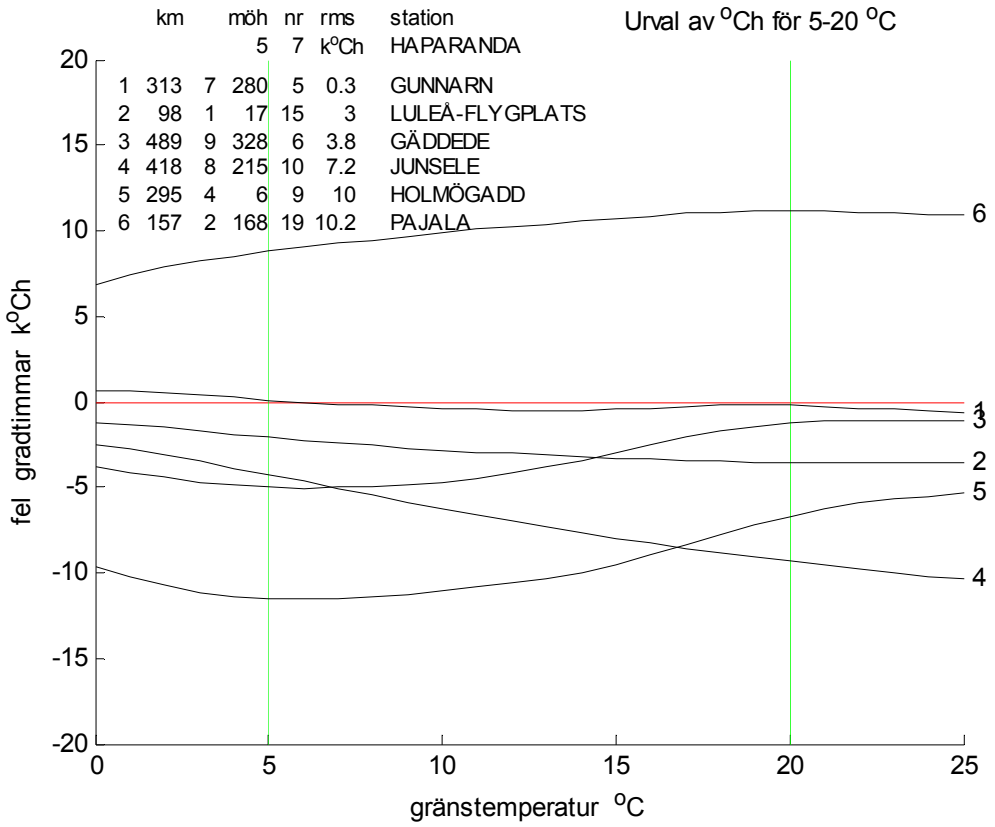
Figur 5.4 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



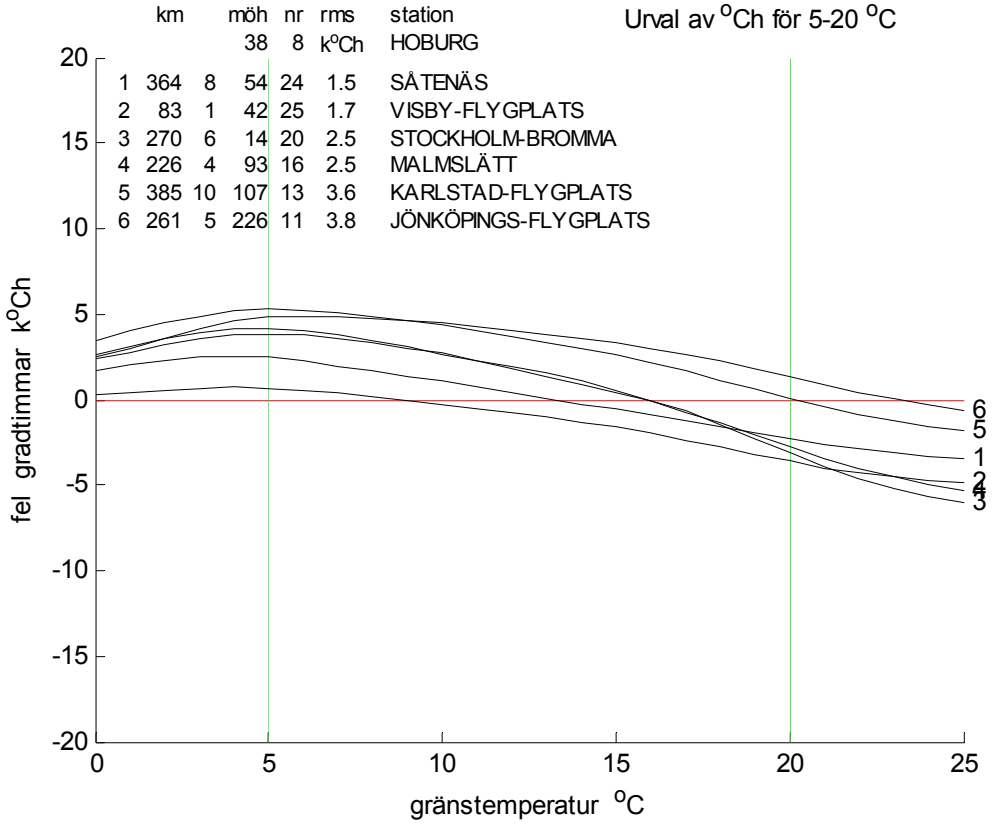
Figur 5.5 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



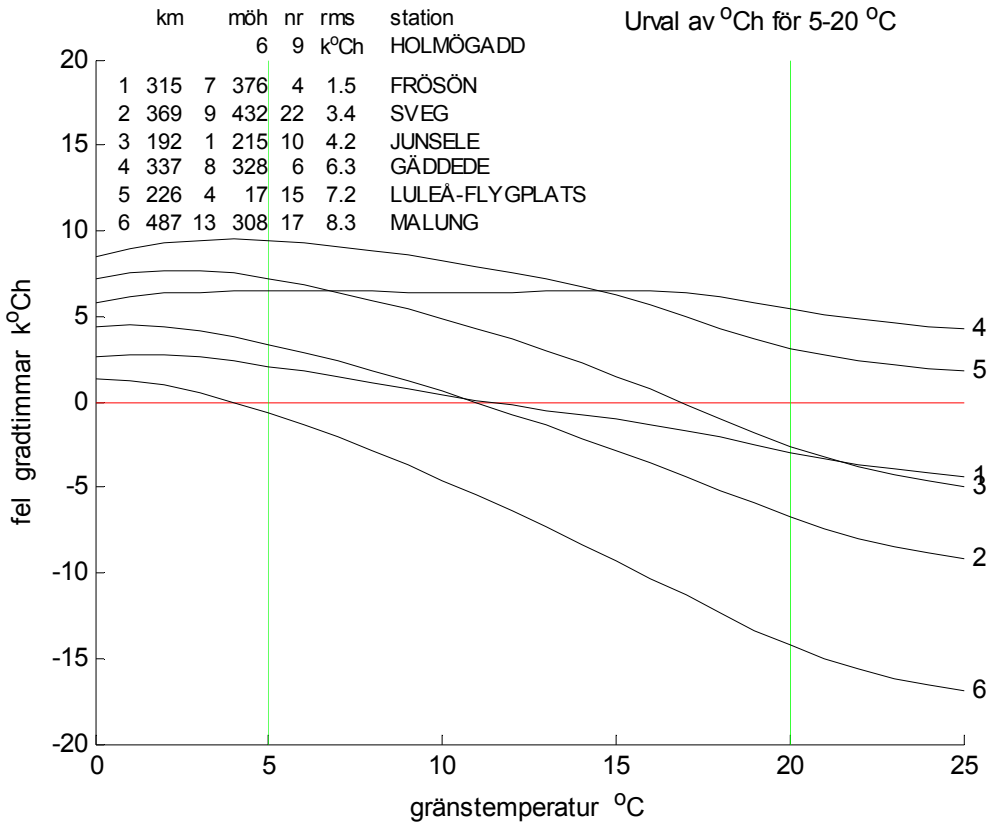
Figur 5.6 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



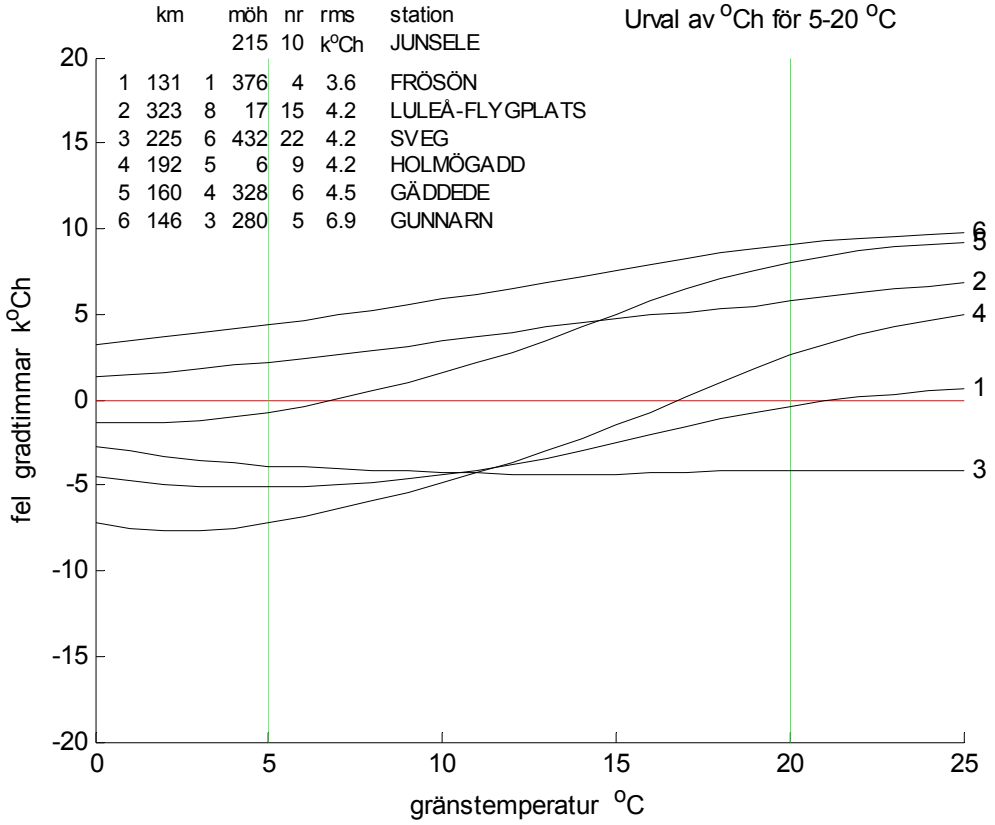
Figur 5.7 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



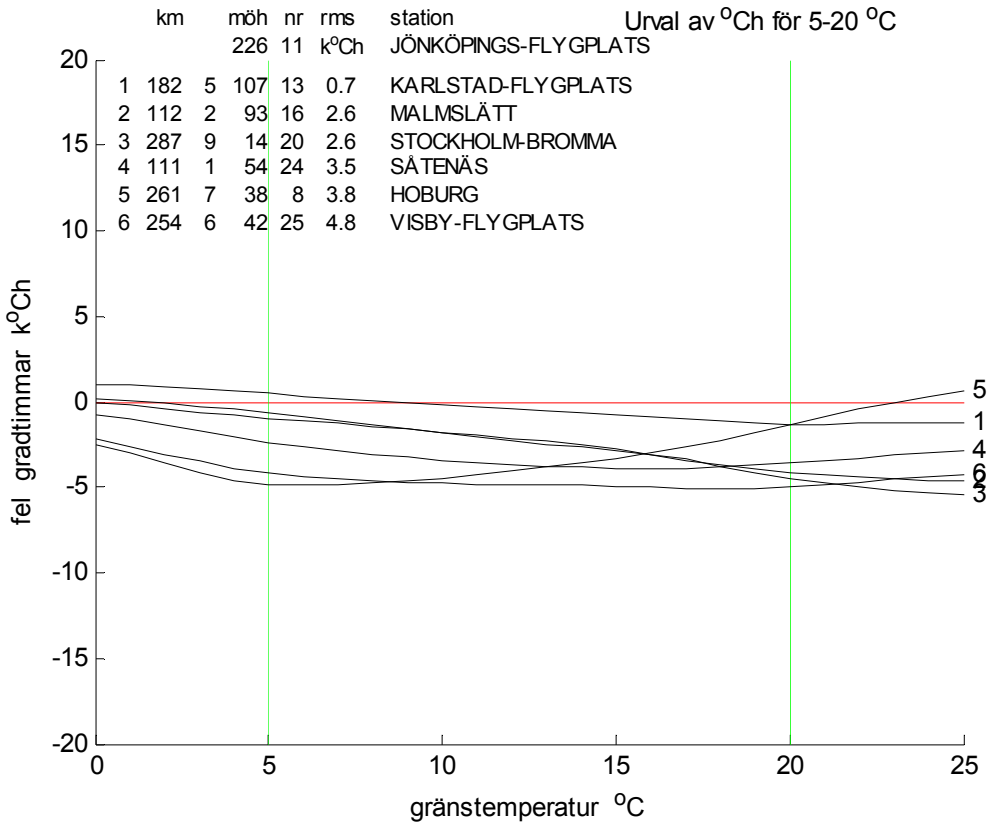
Figur 5.8 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



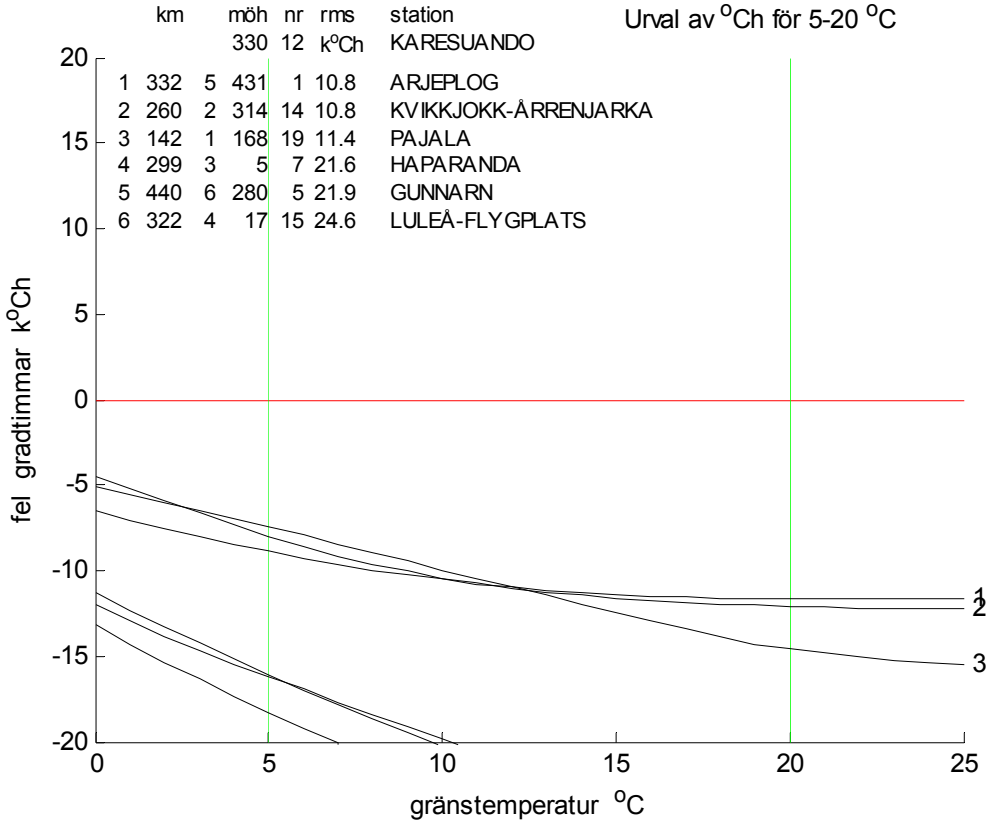
Figur 5.9 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



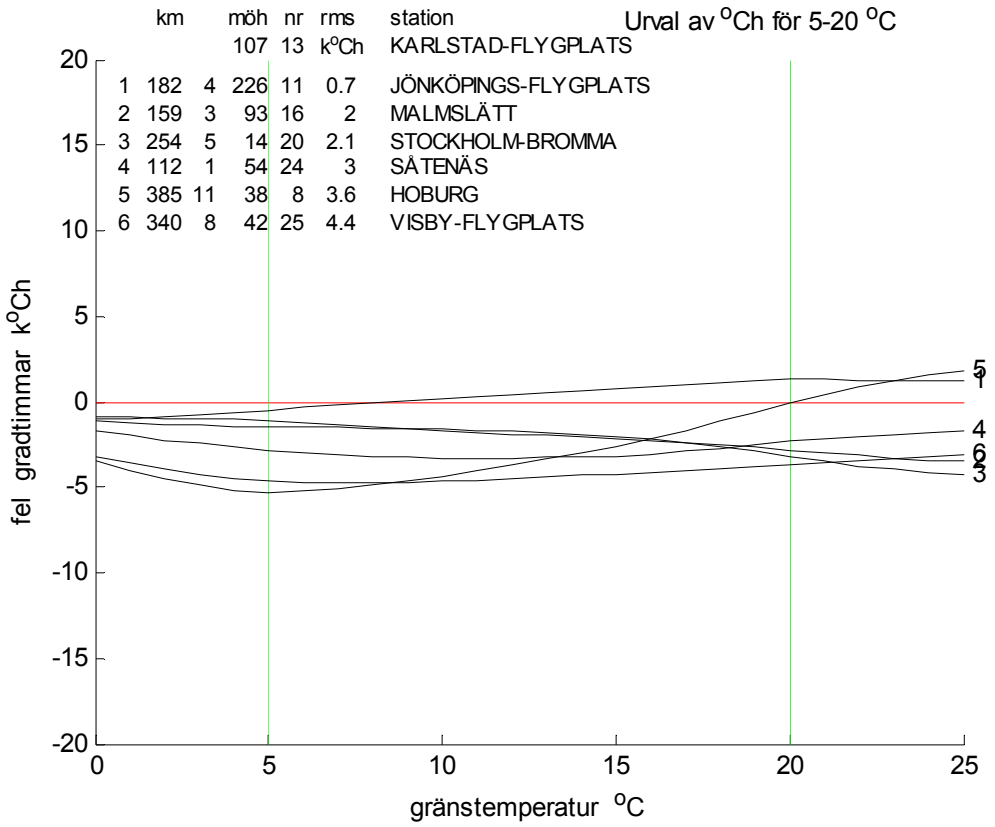
Figur 5.10 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



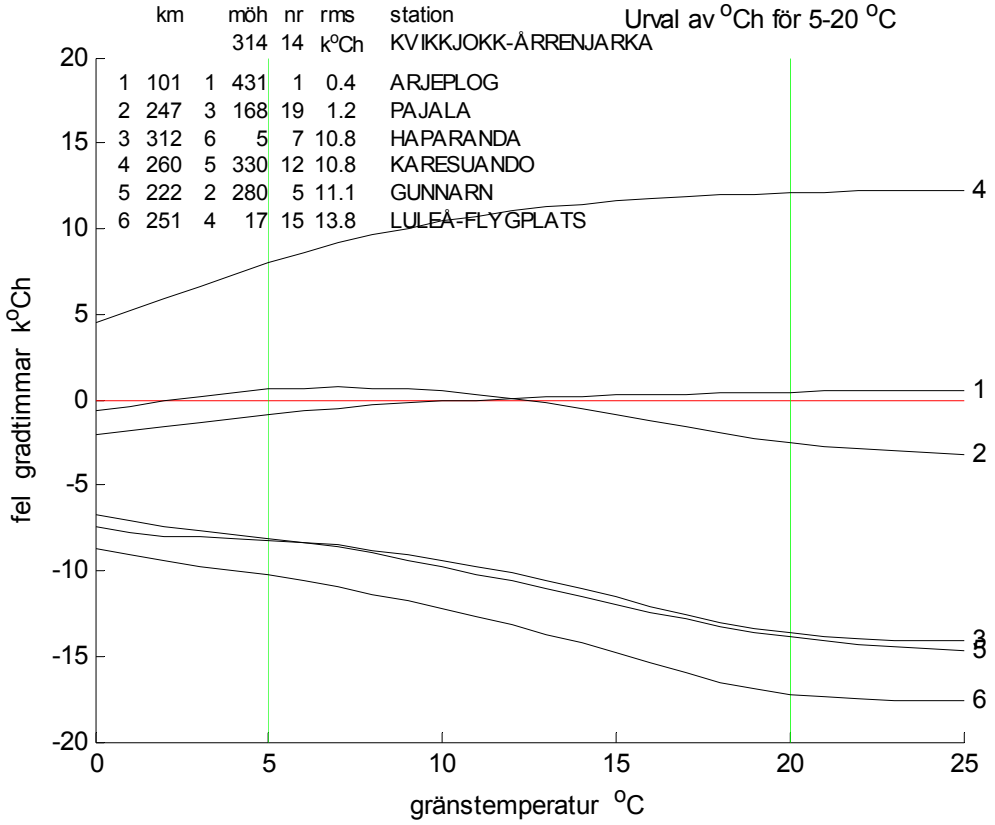
Figur 5.11 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



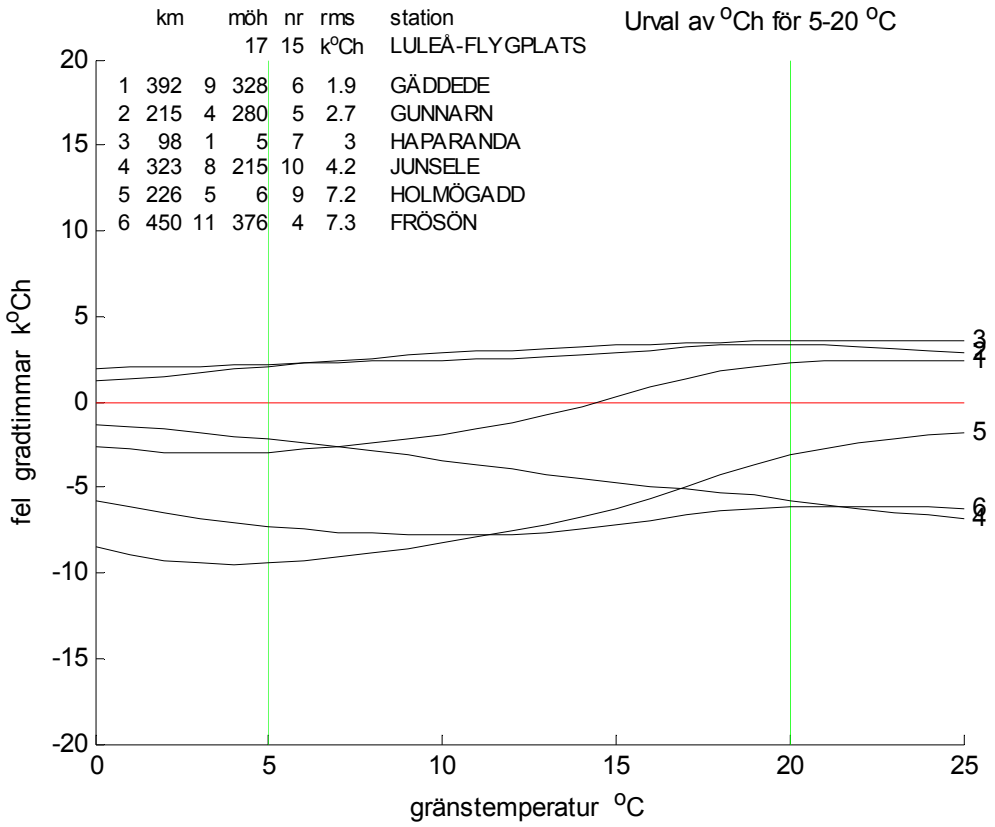
Figur 5.12 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



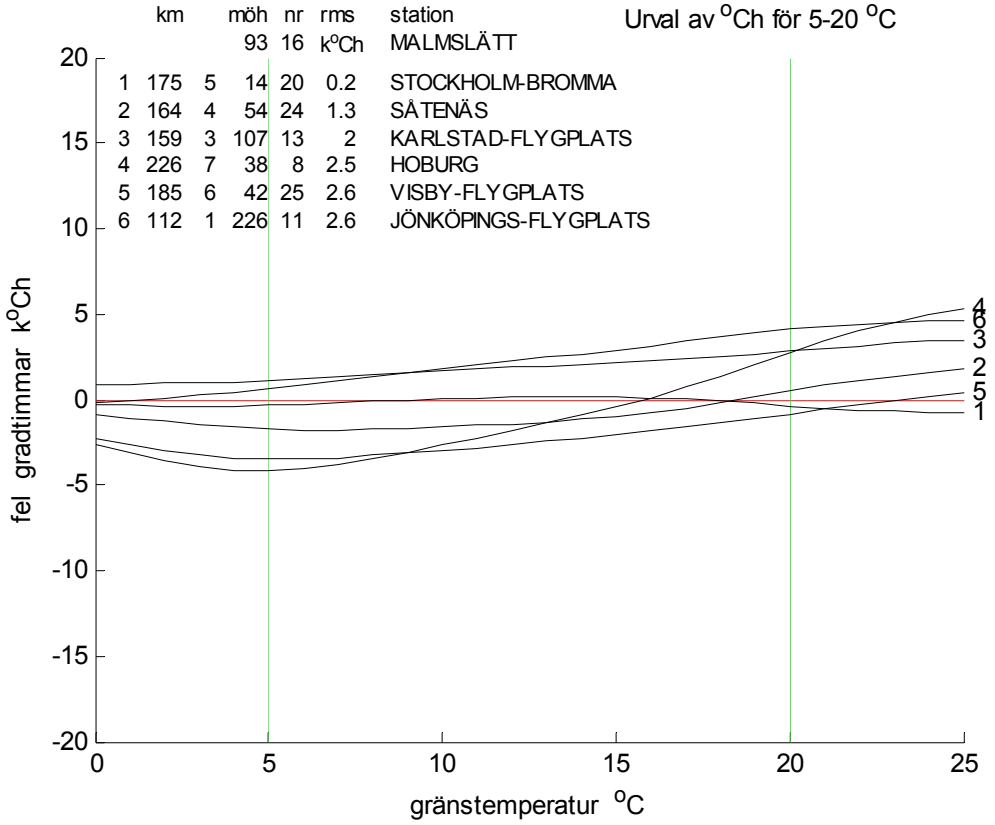
Figur 5.13 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



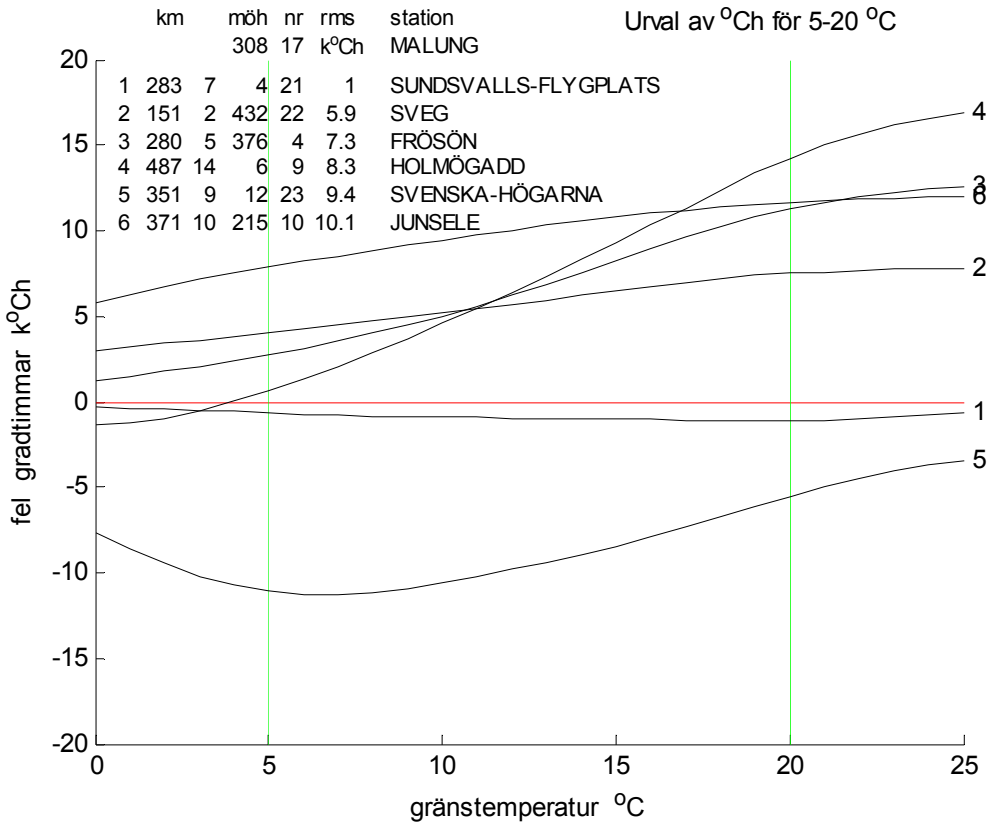
Figur 5.14 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



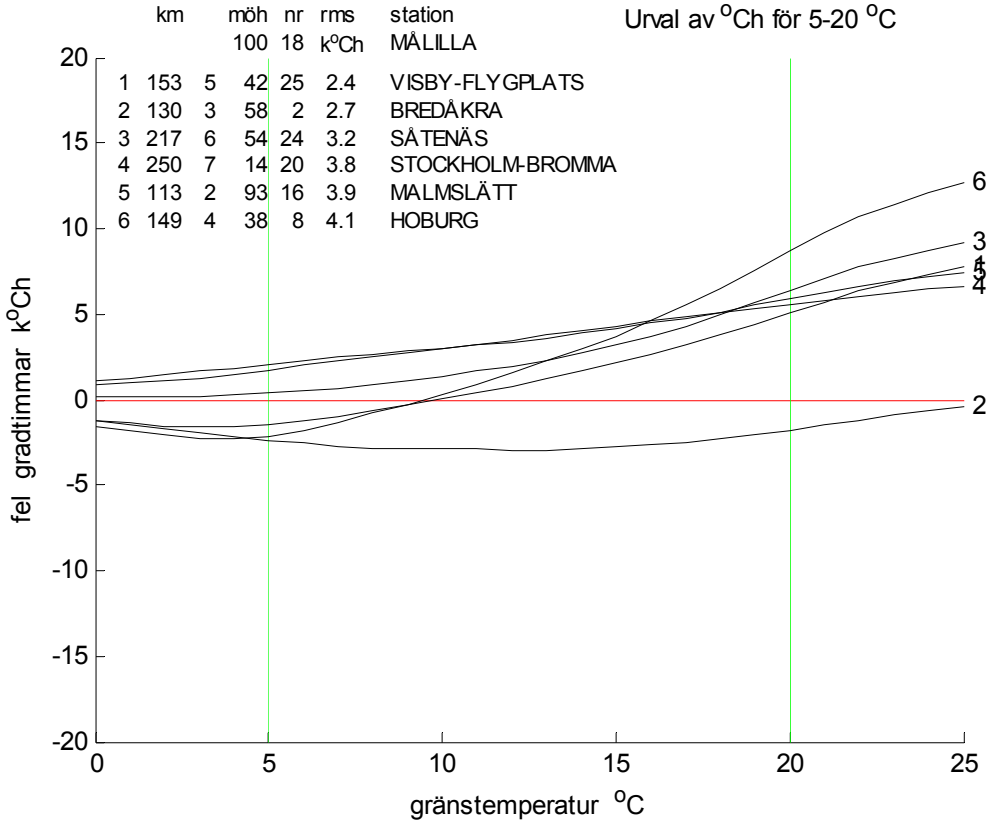
Figur 5.15 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



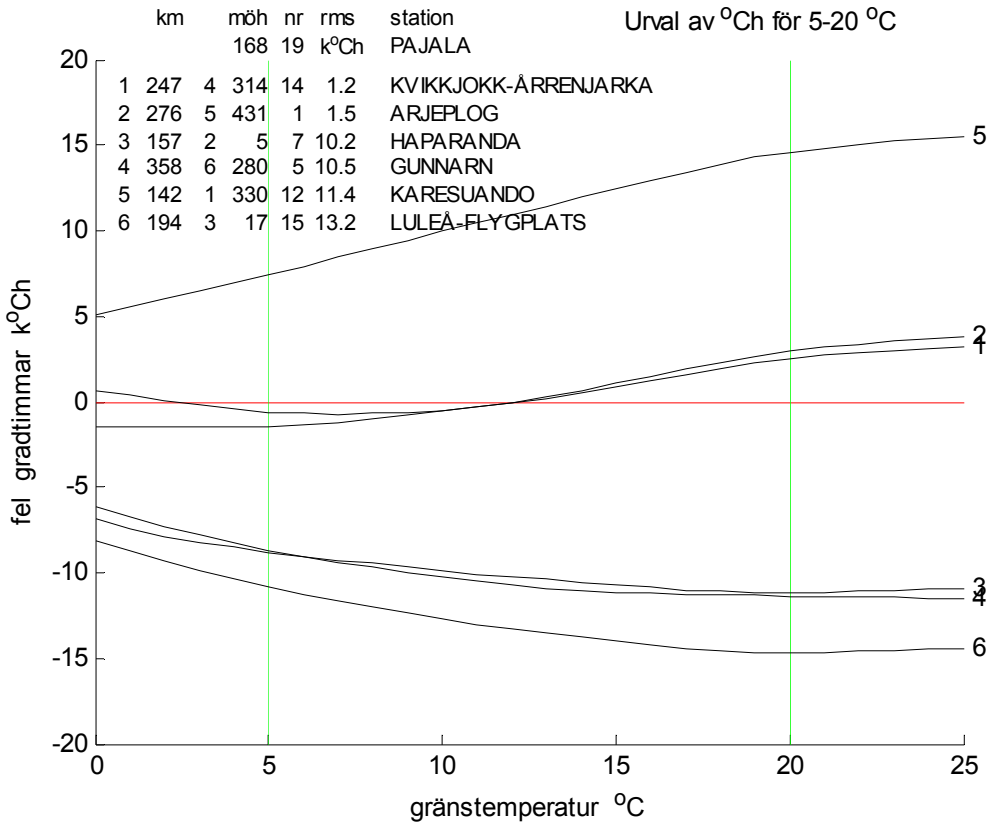
Figur 5.16 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



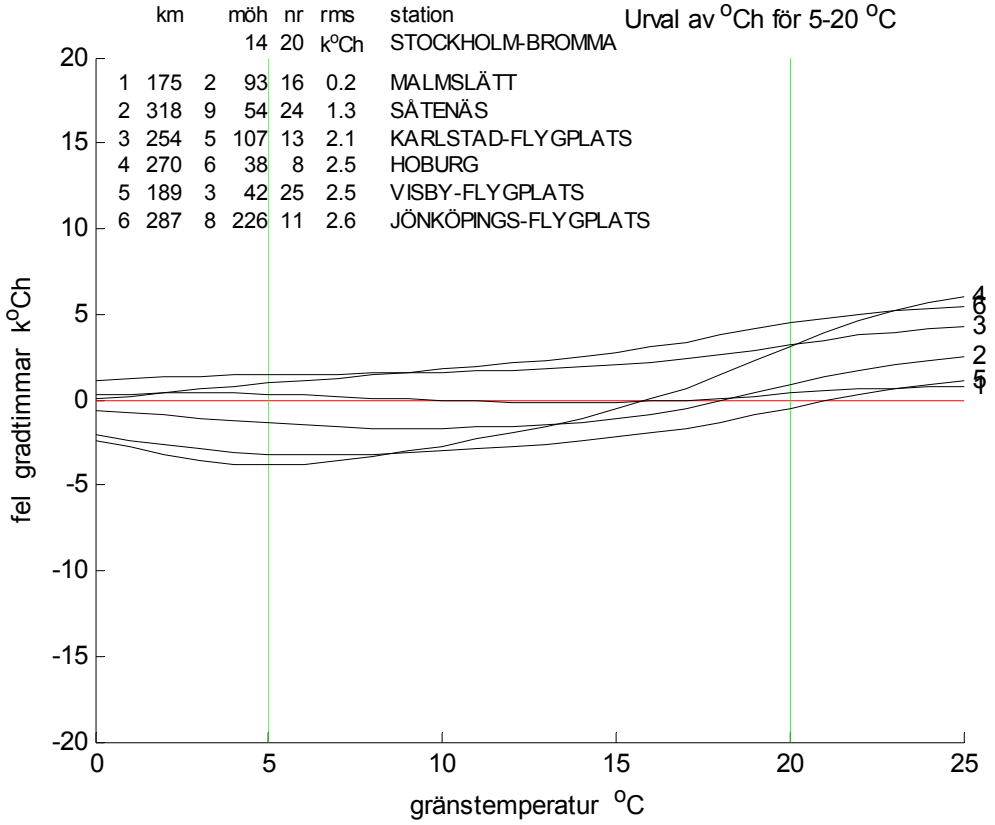
Figur 5.17 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



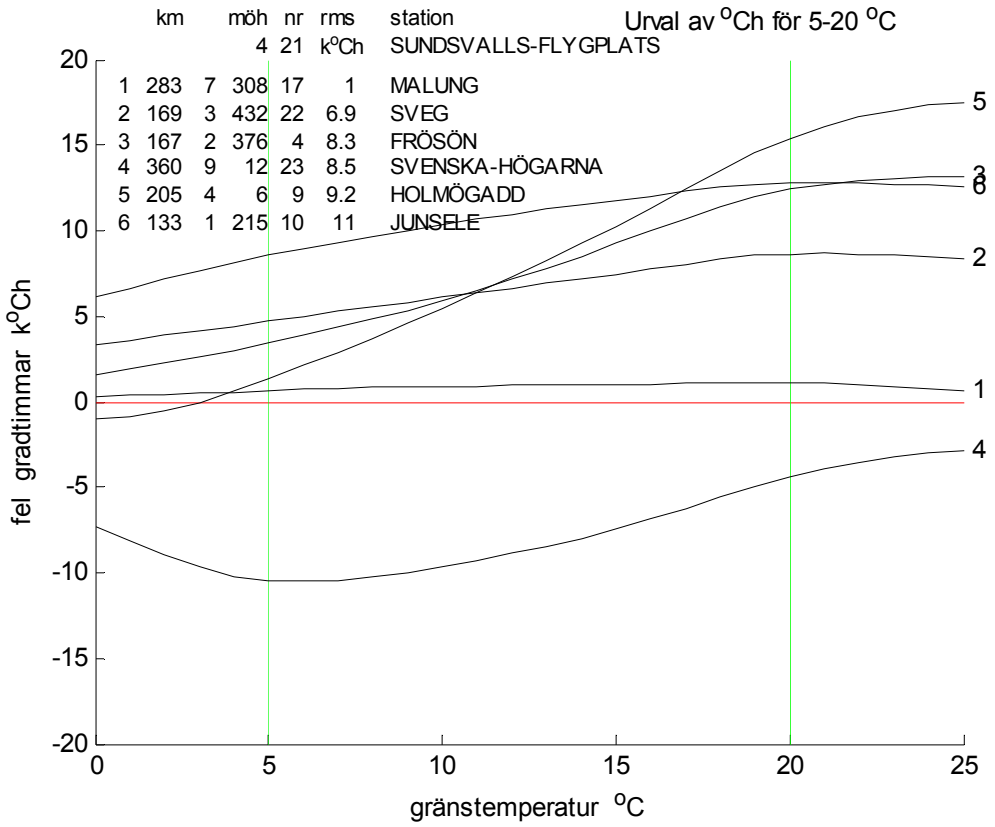
Figur 5.18 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



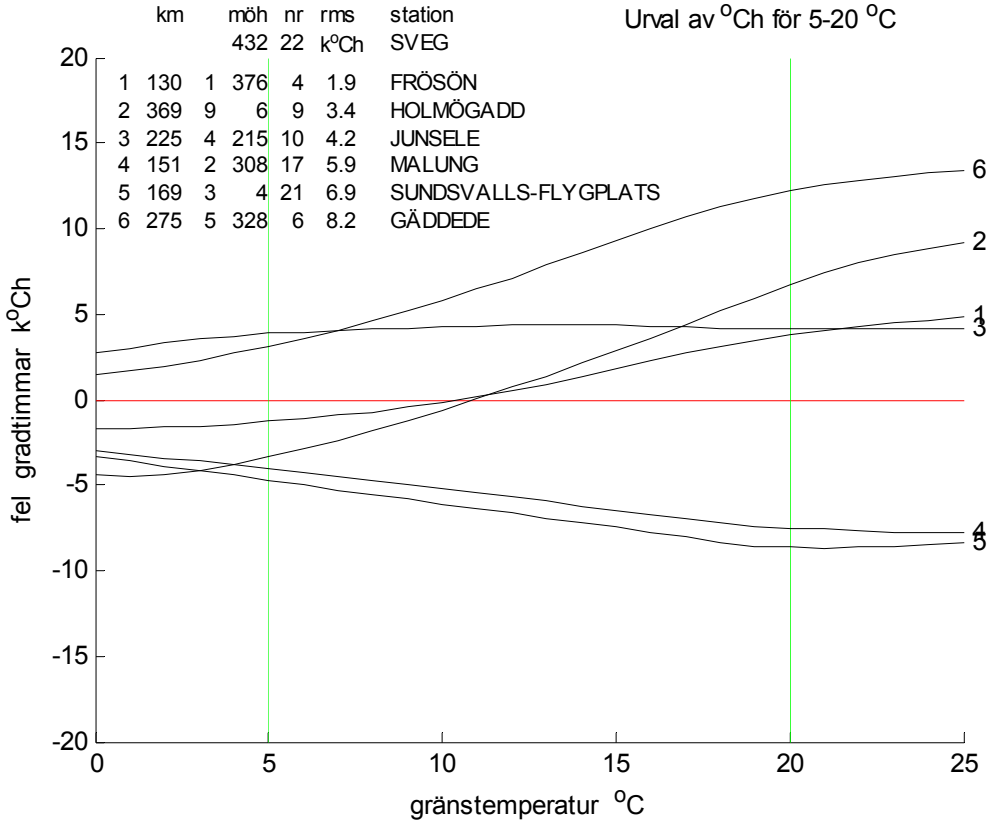
Figur 5.19 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



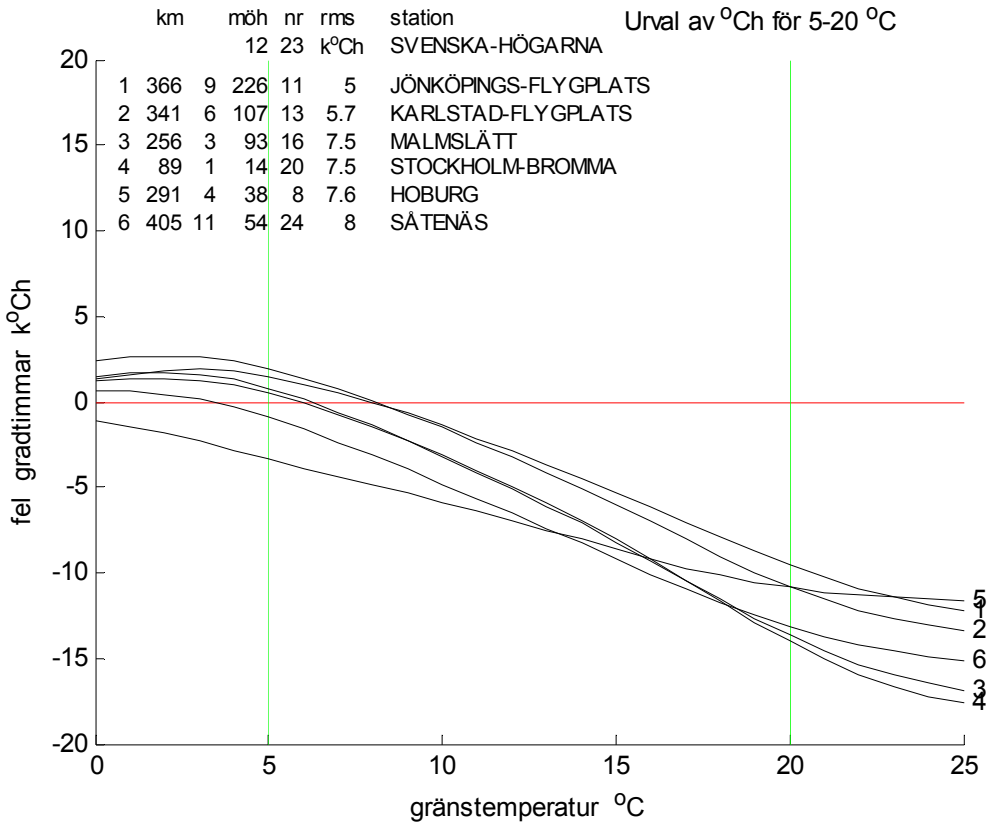
Figur 5.20 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



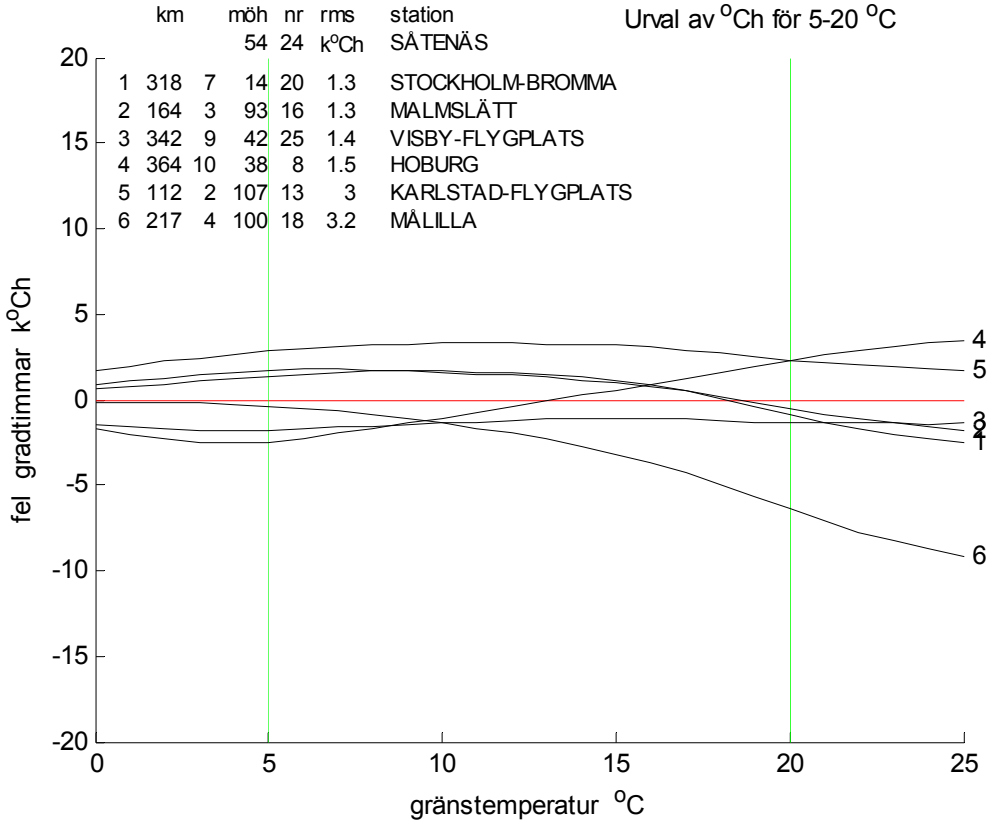
Figur 5.21 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



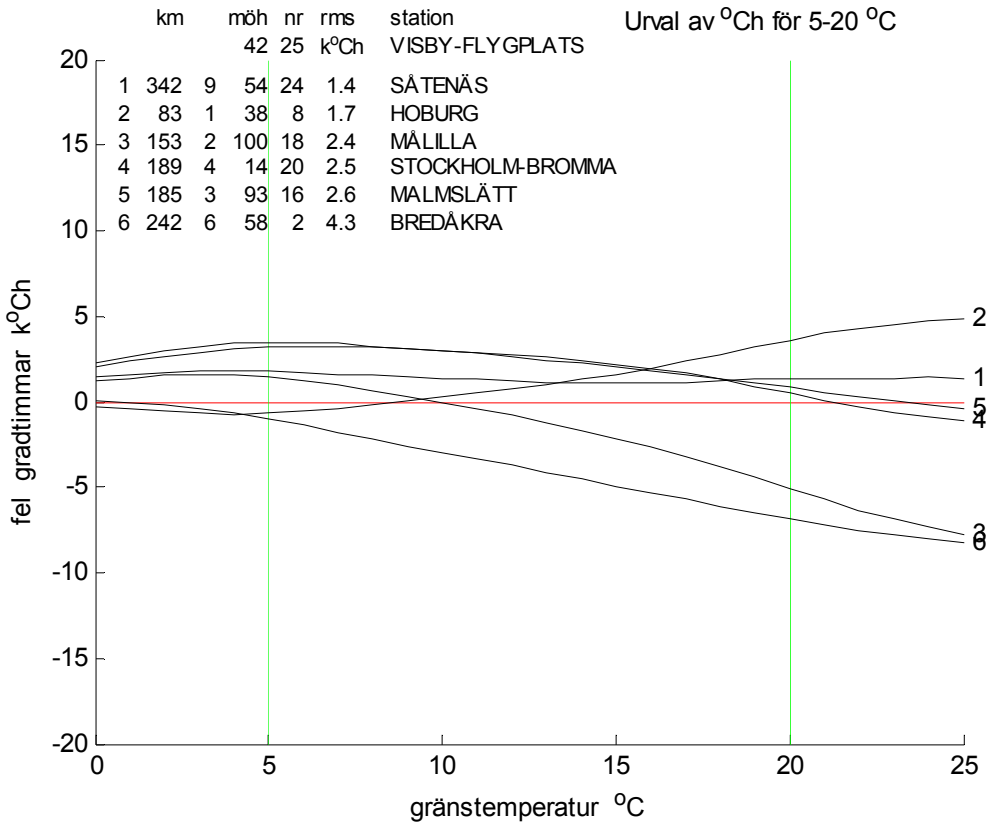
Figur 5.22 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



Figur 5.22 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



Figur 5.24 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.



Figur 5.25 Fel i kºCh till sex orter som funktion av gränstemperaturen med urval 5-20 ºC.

De redovisade skillnaderna mellan en station och sex bästa grannstationer i Figur 5.1-25 visar att likheten kan vara stor mellan vissa stationspar. Dessa bästa stationspar behöver inte vara närmaste grannar utan avstånden kan vara stora.

Station Karesuando längst norrut skiljer sig markant från de övriga och skillnaden är stor. Svenska Högarna längst österut från fastlandet går inte att beskriva särskilt bra med några grannststioner. Paret Arjeplog Kvikkjokk-Årrenjarka är närmaste grannar och ytterst lika. Det högre läget för Arjeplog kompenseras av Kvikkjokk-Årrenjarkas nordligare läge.

Spridningen är stor. Frekvensen för avståndsnummer 1-9 till bästa grannstation kan beräknas till följden 511 240 615. Frekvensföljden visar att fem stationer är både bästa och närmaste grannstation. Frekvensföljden visar också att bästa grannstation kan ha avståndsnummer över sex i tolv fall.

Samma frekvensberäkning för näst bästa grannstation ger följden 537 222 013. Frekvensföljden visar att näst bästa grannstation har avståndsnummer lägre än fyra i femton fall och högre än sex i fyra fall.

Data för de tre bästa grannstationerna redovisas i Tabell 5.2 med höjd över havet, avstånd till aktuell station och rotmedelkvadratfelet k°Ch. Resultatet för de tre bästa valen sammanställs i Tabell 5.3 med minsta, medel, största och standardfel för rotmedelkvadratfelet k°Ch.

Tabell 5.2 Tre bästa grannstationer med höjdläge, avstånd och rotmedelkvadratfel

station	möh$_0$	möh$_1$	möh$_2$	möh$_3$	km$_1$	km$_2$	km$_3$	rms$_1$ k°Ch	rms$_2$ k°Ch	rms$_3$ k°Ch
1	431	314	168	330	101	276	332	0.4	1.5	10.8
2	58	5	100	42	182	130	242	1.9	2.7	4.3
3	5	58	100	42	182	290	422	1.9	4.3	5.4
4	376	6	432	215	315	130	131	1.5	1.9	3.6
5	280	5	17	328	313	215	177	0.3	2.7	3.6
6	328	17	280	5	392	177	489	1.9	3.6	3.8
7	5	280	17	328	313	98	489	0.3	3.0	3.8
8	38	54	42	14	364	83	270	1.5	1.7	2.5
9	6	376	432	215	315	369	192	1.5	3.4	4.2
10	215	376	17	432	131	323	225	3.6	4.2	4.2
11	226	107	93	14	182	112	287	0.7	2.6	2.6
12	330	431	314	168	332	260	142	10.8	10.8	11.4
13	107	226	93	14	182	159	254	0.7	2.0	2.1
14	314	431	168	5	101	247	312	0.4	1.2	10.8
15	17	328	280	5	392	215	98	1.9	2.7	3.0
16	93	14	54	107	175	164	159	0.2	1.3	2.0
17	308	4	432	376	283	151	280	1.0	5.9	7.3
18	100	42	58	54	153	130	217	2.4	2.7	3.2
19	168	314	431	5	247	276	157	1.2	1.5	10.2
20	14	93	54	107	175	318	254	0.2	1.3	2.1
21	4	308	432	376	283	169	167	1.0	6.9	8.3
22	432	376	6	215	130	369	225	1.9	3.4	4.2
23	12	226	107	93	366	341	256	5.0	5.7	7.5
24	54	14	93	42	318	164	342	1.3	1.3	1.4
25	42	54	38	100	342	83	153	1.4	1.7	2.4

Tabell 5.3 Statistik för Tabell 5.2

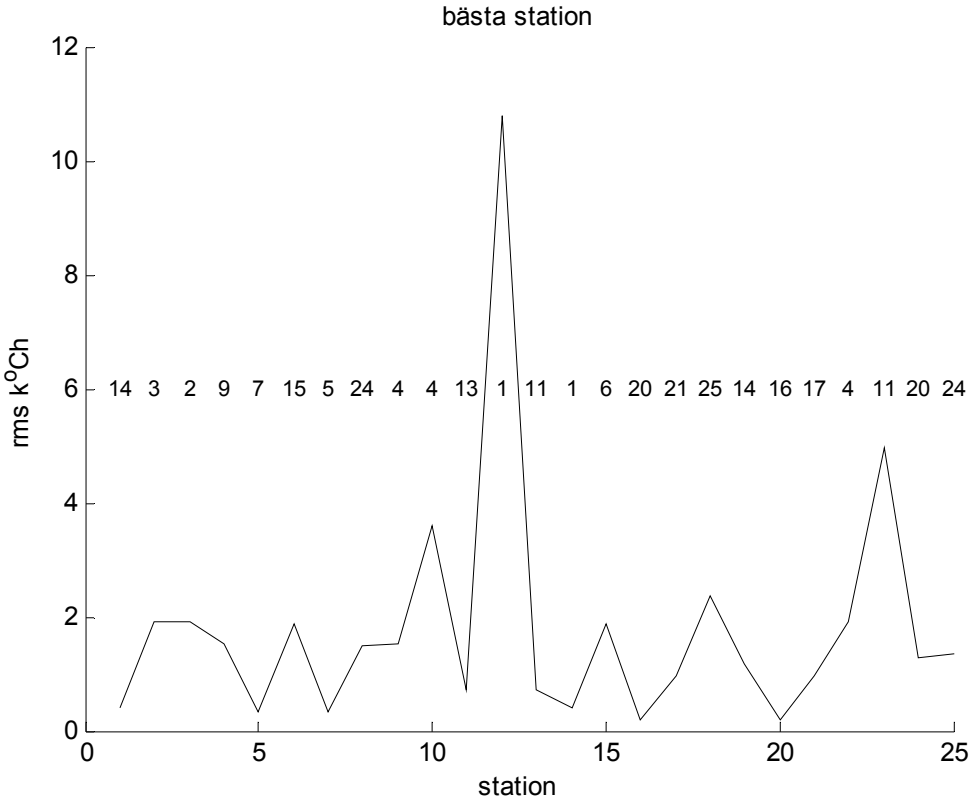
	rms$_1$ k°Ch	rms$_2$ k°Ch	rms$_3$ k°Ch
minimum	0.2	1.2	1.4
medel	1.8	3.2	5.0
maximum	10.8	10.8	11.4
standardfel	2.2	2.2	3.1

Rotmedelkvadratfelet för bästa val redovisas även i Figur 5.26 och som jämförelse med närmsta station i Figur 5.27. Nummer för bästa station och för närmsta station anges också i Figur 5.26 och 5.27.

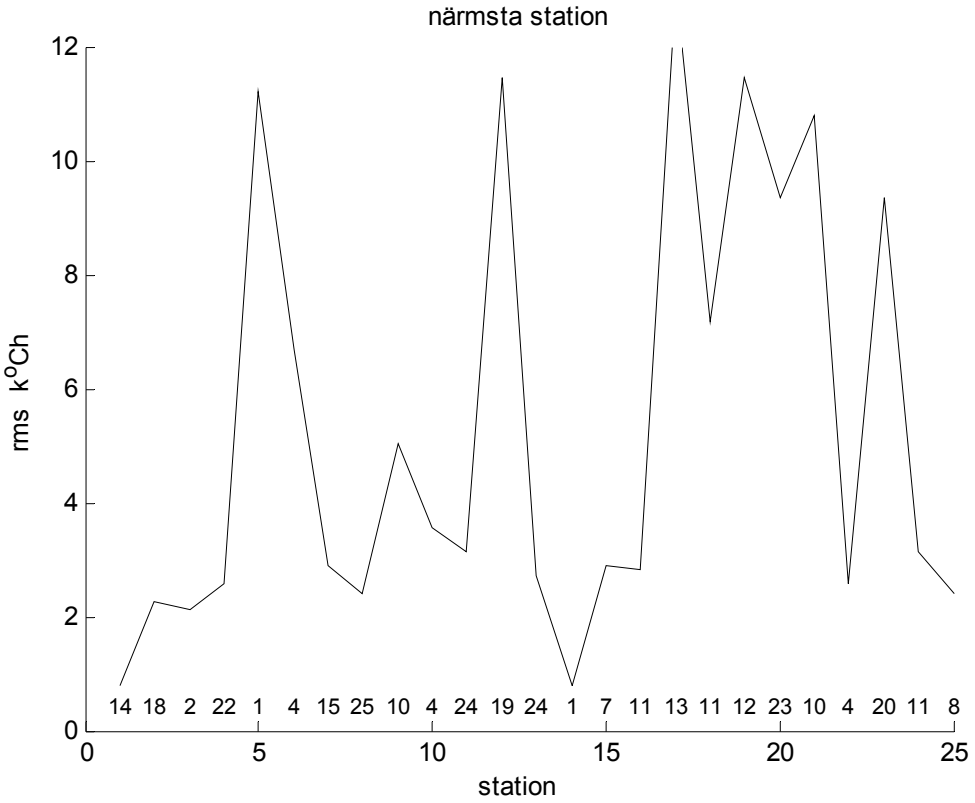
Den största avvikelsen för bästa station fås för nummer 12 Karesuando. Avvikelserna är genomgående måttliga och rotmedelkvadratfelet är större än 2 k°Ch bara i fyra fall enligt Tabell 5.2.

Avvikelserna för närmsta station är betydande och bara två stationer har ett rotmedelkvadratfel som är mindre än 2 k°Ch. De två stationerna är Arjeplog och Kvikkjokk-Årrenjaka.

Slutsatsen är att närmsta station knappast är användbart för att ange klimatet för en annan station. Resultaten för bästa station visar på måttliga fel, men problemet är att avgöra vad som är bästa station för en given ort. Det finns ingen klar regel för detta utval.



Figur 5.26 Rms i k°Ch för bästa station, urval 0-25 °C och olika stationer.



Figur 5.27 Rms i k°Ch för närmsta station, urval 0-25 °C och olika stationer.

Sammanvägning efter avstånd

Denna metod innebär att ett urval av närliggande stationer och dess °Ch-funktioner används för att beskriva °Ch-funktionen för en annan ort genom viktning efter en avståndsfunktion. Denna metod med sammanvägning efter avstånd är inte någon interpolation som tar hänsyn till det geografiska läge. Metoden kan skrivas som följer:

$$G_t(T) = \Sigma_i \, v_i \, G_{ti}(T) \qquad (°\text{Ch}) \qquad (5.1)$$

$$v_i = d_i^n / \Sigma_i \, d_i^n \qquad (-) \qquad (5.2)$$

$$\Sigma_i \, v_i = 1 \qquad (-) \qquad (5.3)$$

$G_t(T)$	sökt °Ch-funktion för gränstemperaturen T
$G_{ti}(T)$	°Ch-funktion för gränstemperaturen T för station index i,
v_i	viktfaktor för station index i
d_i	avstånd till station index i
n	exponent för viktfunktion

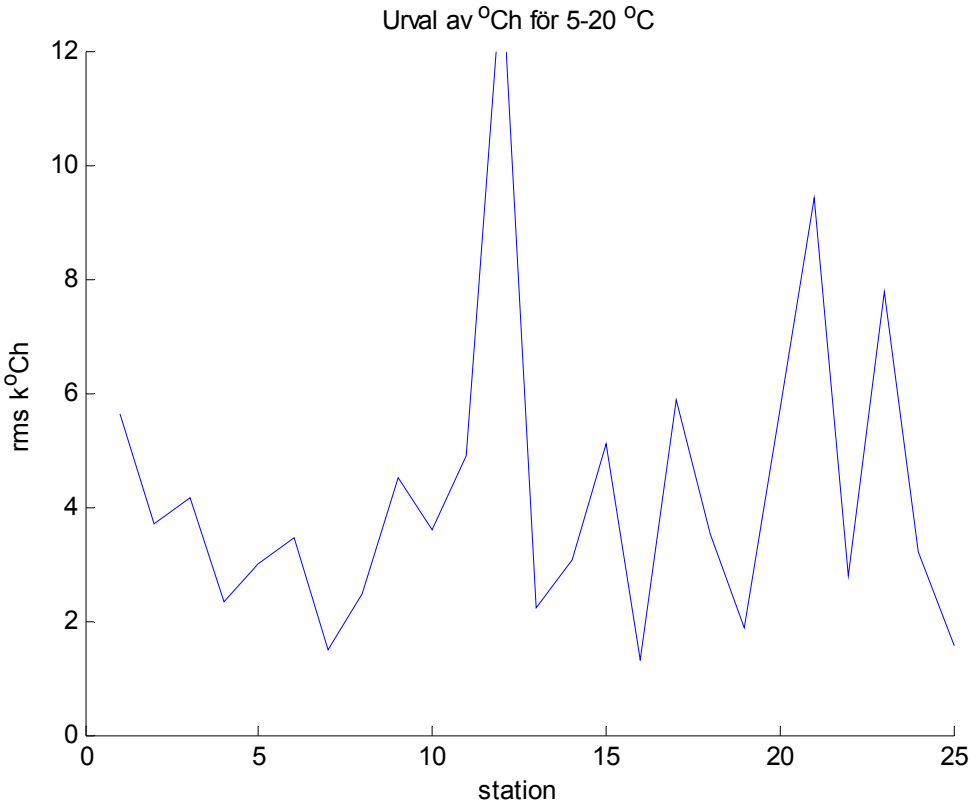
Denna metod har testats för olika värden för exponenten n från -4 till -1 och med de 2, 3, 4 och 5 närmaste stationerna. Rotmedelkvadratfelet för sexton beräkningsalternativ var i stort sett det samma och begränsat till (4.2323,4.9195) k°Ch. Bäst resultat gav fyra stationer och exponenten -3. Denna exponent innebär att den närmsta stationen ges en hög vikt jämför med övriga längre bort belägna stationer.

Det bästa resultatet med rotmedelkvadratfelet om avrundat 4.2 k°Ch kan jämföras med resultatet i Tabell 5.3 med värdena 1.8, 3.2 och 5.0 k°Ch för de tre bästa grannstationerna, vilka valts ut efter minsta rotmedelkvadratfel i förhållande till den sökta stationen helt oberoende av något avstånd.

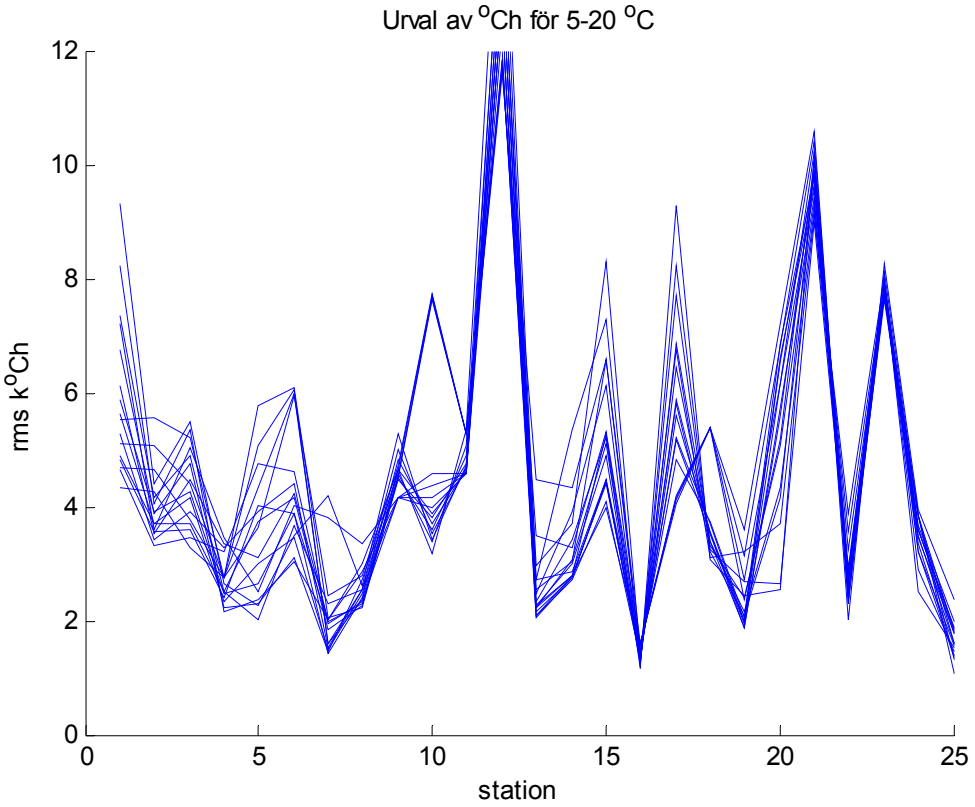
Denna metod med sammanvägning efter avstånd är rimlig om det finns ett stort antal stationer att utgå från och att dessa geografiskt omsluter den ort som skall beräknas. Detta är inte fallet här med endast tjugofem stationer utspridda över en avlång yta, vilket framgår väl av Figur 2.1. Det finns flera stationer som ligger ytterst och en viktning efter avstånd där alla stationer ligger på samma sida blir inte bra.

Rotmedelkvadratfelet redovisas i Figur 5.28 för beräkningsalternativet med fyra stationer och viktsexponenten n -3 samt för samtliga sexton beräkningsalternativ i Figur 5.29. Kurvorna i Figur 5.29 har stora likheter med det bästa beräkningsalternativet i Figur 5.28 trots att vikts-exponent ändras en faktor fyra och att antalet stationer ändras från två upptill fem. Detta visar att metoden urartar mot metoden närmsta grannstation.

Huvudslutsatsen för denna metod med sammanvägning efter avstånd är att den ger ett dåligt resultat, eftersom det finns enskilda stationer som ger ett klart bättre resultat. Ett problem är dock att kunna bestämma vilken station som bästa beskriver en annan station.



Figur 5.28 Rms k°Ch för bästa beräkningsalternativ, urval 0-25 °C och olika stationer.



Figur 5.29 Rms k°Ch för alla sexton beräkningsalternativ, urval 0-25 °C och olika stationer.

Sammanvägning efter geografiskt läge

Två metoder för sammanvägning av °Ch-funktion har testats. De variabler som använts vid beräkning är geografiskt läge för stationer inberäknat höjdläge över havet. Det geografiska läget har beskrivits på två sätt med tre relativa koordinater på en sfärisk yta och med nordlig lattitud och östlig longitud. Detta påverkar antalet parametrar som skall anpassas.

Den första metoden bygger på att °Ch-funktionen kan beskrivas med endast två parameterar med ett litet fel, vilket tidigare visats i avsnitt 4. Den förenklade °Ch-funktionen beskrivs med två parametrar som anger lägsta och högsta utetemperatur eller alternativt årsmedeltemperatur och temperaturspann. Rotmedelkvadratfelet är klart mindre än 1000 °Ch för tjugofem stationer enligt Tabell 4.14. Notera att för varje station som skall beräknas, bestäms åtta eller tio parametrar för hur lägsta och högsta utetemperatur skall beräknas. Sambandet mellan geografiskt läge och de två parametrar som definierar den förenklade °Ch-funktionen för station index i nämligen T_{mini} och T_{maxi} kan skrivas som följer för fallet med normala geografiska koordinater, höjdläge och en konstant:

$$T_{mini} = [\ N_i \ \ O_i \ \ h_i \ \ 1\ ]\ x_{min} \qquad (°C) \qquad (5.4)$$

$$T_{maxi} = [\ N_i \ \ O_i \ \ h_i \ \ 1\ ]\ x_{max} \qquad (°C) \qquad (5.5)$$

$$f_i = 8760\ /\ (\ T_{maxi} - T_{mini}\ ) \qquad (h/°C) \qquad (5.6)$$

N_i	nordlig lattitud för station index i, °
O_i	ostlig longitud för station index i, °
h_i	höjdläge för station index i, möh
f_i	frekvens för station index i, h/°C
x_{min}	omräkningsparametervektor till T_{min}
x_{max}	omräkningsparametervektor till T_{max}

De två omräkningsparametervektorerna x_{min} och x_{max} bestäms med minst fyra stationer. Bra resultat blev det med de tio närmsta stationerna.

Den andra metoden bygger på att °Ch-funktionen interpoleras fram för varje gränstemperatur enligt (5.7) för fallet med normala geografiska koordinater och konstant. Antalet parametrar som bestäms är därför stort och fyra eller fem för varje gränstemperatur. Detta innebär att antalet stationer måste vara minst fyra eller fem.

$$G_{ti}(T) = [\ N_i \ \ O_i \ \ h_i \ \ 1\ ]\ x_T \qquad (°C) \qquad (5.7)$$

$G_{ti}(T)$	°Ch-funktion för station index i och gränstemperatur T, °Ch
N_i	nordlig lattitud för station index i, °
O_i	ostlig longitud för station index i, °
h_i	höjdläge för station index i, möh
x_T	modellparametervektor för gränstemperatur T

Beräkningar har skett med de närmsta sex, åtta och tio stationerna. Bäst resultat blev det med tio stationer. Beräkning med antalet stationer lika med antalet fria parametrar ger ett sämre resultat, eftersom anpassning blir helt utan fel och det inte finns något medelvärdesbildande.

Den andra metoden ger inte bättre resultat än den första metoden, trots att anpassning sker med ett mycket större antal parametrar.

Rotmedelkvadratfelet redovisas i Tabell 5.4 för fyra modeller för förenklad °Ch-funktionen, fall 1-4, fyra modeller för fullständig °Ch-funktionen och fall 5-8 samt bästa och närmsta grannstation. De fyra modellerna avser sfäriska koordinater utan och med höjdnivå samt geografiska koordinater utan och med höjdnivå. Rotmedelkvadratfelen sammanställs statistiskt för de tjugofem stationerna i Tabell 5.5. Fall 4 ger lägst medelfel och standardavvikelse enligt Tabell 5.5 och rotmedelkvadratfelet för fall 4 redovisas i Figur 5.30. Den fjärde modellen beskrivas av (5.4-5).

Slutsatsen är att den förenklade modellen med beräkning av två parametrar till en förenklad °Ch-funktion är bättre än den fullständiga modellen med beräkning av °Ch-värden för varje gränstemperatur.

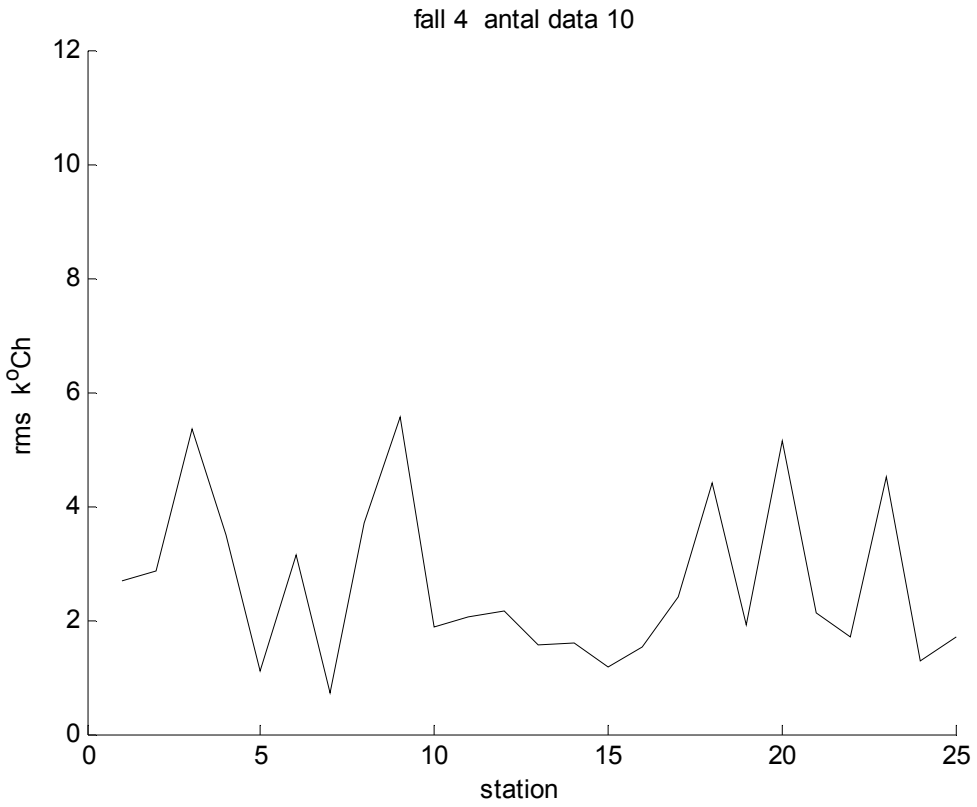
Tabell 5.4 Rotmedelkvadratfel k°Ch för olika beräkningsalternativ och stationer enskilt

station	fall 1	fall 2	fall 3	fall 4	fall 5	fall 6	fall 7	fall 8	bäst	närmst
1	6.4	3.9	4.9	2.7	6.6	4.3	4.9	2.7	0.8	0.8
2	2.4	1.6	2.9	2.9	2.4	1.6	2.9	2.9	2.1	2.3
3	8.0	1.5	2.6	5.3	8.4	1.6	2.3	5.3	2.1	2.1
4	2.7	3.2	2.6	3.5	2.6	3.2	3.1	3.9	2.4	2.6
5	2.0	2.4	1.1	1.1	2.0	2.5	0.9	1.1	0.4	11.2
6	4.8	3.3	5.4	3.2	4.7	3.7	5.5	3.5	2.2	6.7
7	1.6	0.9	1.0	0.7	1.9	1.2	1.3	1.0	0.4	2.9
8	4.3	4.4	3.8	3.7	3.9	4.1	3.5	3.4	2.0	2.4
9	6.2	5.6	5.3	5.6	6.5	5.9	5.5	5.8	2.4	5.0
10	2.9	3.0	1.8	1.9	2.6	2.7	1.8	1.6	3.5	3.5
11	6.3	1.7	3.4	2.1	6.3	1.7	3.3	2.5	0.9	3.1
12	6.3	4.4	3.7	2.2	6.4	4.4	3.7	2.0	10.4	11.5
13	3.4	1.4	5.0	1.6	3.4	1.4	5.2	1.6	0.9	2.7
14	2.4	1.7	2.6	1.6	2.5	1.6	2.8	1.4	0.8	0.8
15	4.8	1.1	3.7	1.2	4.9	1.1	4.0	1.4	2.2	2.9
16	2.3	1.6	1.9	1.5	2.3	1.7	2.0	1.7	0.4	2.8
17	6.6	4.7	4.0	2.4	6.3	4.4	3.8	2.1	0.9	13.1
18	3.0	2.5	3.8	4.4	2.8	2.3	3.8	4.3	2.3	7.2
19	1.8	1.9	1.7	1.9	1.7	1.8	1.6	1.8	1.6	11.5
20	6.2	4.2	6.1	5.2	6.5	4.5	6.3	5.4	0.4	9.4
21	4.1	2.0	6.1	2.1	4.2	2.3	6.4	2.3	0.9	10.8
22	4.8	1.0	4.3	1.7	4.9	0.8	4.0	1.6	2.6	2.6
23	9.0	6.9	5.9	4.5	8.9	6.8	5.8	4.4	6.4	9.4
24	2.9	3.4	3.8	1.3	3.0	3.7	3.9	1.4	1.3	3.1
25	1.3	0.8	1.6	1.7	1.6	1.1	1.9	2.0	1.4	2.4

Tabell 5.5 Rotmedelkvadratfel k°Ch för olika beräkningsalternativ och stationer gemensamt

	fall 1	fall 2	fall 3	fall 4	fall 5	fall 6	fall 7	fall 8	bäst	närmst
min	1.3	0.8	1.0	0.7	1.6	0.8	0.9	1.0	0.4	0.8
medel	4.2	2.8	3.6	2.6	4.3	2.8	3.6	2.7	2.1	5.3
max	9.0	6.9	6.1	5.6	8.9	6.8	6.4	5.8	10.4	13.1
std	2.1	1.6	1.6	1.4	2.2	1.6	1.6	1.4	2.2	3.9

En jämförelse mellan sammanvägning efter avstånd, bästa och närmsta station visar att sammanvägning efter geografiskt läge inte är bättre än val av bästa station



Figur 5.30 Rms k°Ch för fall 4, antal data 10, urval 0-25 °C och olika stationer.

Gemensam sammanvägning efter geografiskt läge

De tidigare modellerna har ett stort antal parametrar enligt (5.4-5) och (5.8) och varje modell är anpassade med data från ett antal närliggande stationer. I detta underavsnitt undersöks möjligheterna att endast göra en anpassning för alla tjugofem stationer samtidigt. Detta innebär att det för modell (5.4-5) finns högst tio modellparametrar för att bestämma för alla stationers T_{mini} och T_{maxi}. Den andra direkta °Ch-funktionsmodellen har fyra eller fem parametrar för varje gränstemperatur.

Resultatet för gemensamma modeller för gränstemperaturområden 0-25 °C och 0-20 °C redovisas i Figur 5.31-32 för modell (5.4-5) och i Figur 5.33-34 för modell (5.8). En anmärkning är att anpassning har skett med samtliga stationer och därefter har de anpassade modellerna tillämpats för varje station. Detta kan ses som ett sätt att bestämma hur bra kan anpassningen blir och hur bra kan en annan orts klimat beskrivas med hjälp av data från tjugofem stationer.

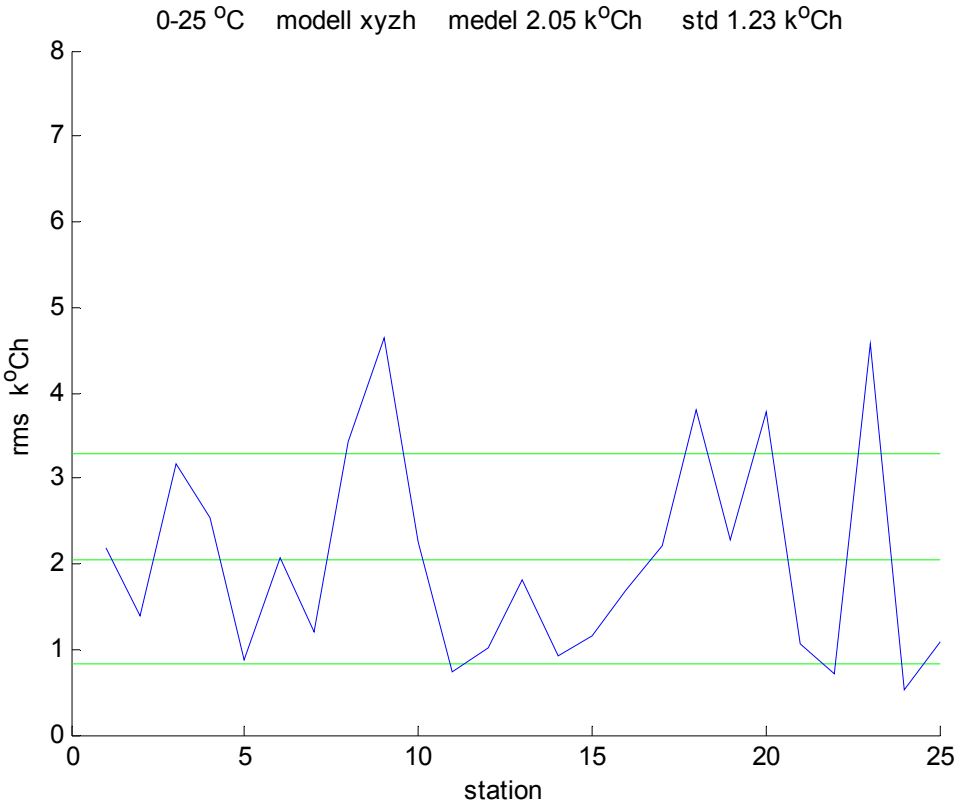
Anpassning har även skett med tjugofyra stationer för att bestämma °Ch-funktioner den uteslutna stationen. Resultatet redovisas på samma sätt som tidigare för gemensamma modeller för gränstemperaturområden 0-25 °C och 0-20 °C redovisas i Figur 5.35-36 för modell (5.4-5) och i Figur 5.37-38 för modell (5.8). Medelfel, standardfel och rotmedkvadratfel för fall i Figur 5.31-38 i Tabell 5.6.

Skillnaden mellan den enklare modellen enligt (5.4-5) och den mer omfattande modellen enligt (5.8) är ytterst liten (fall x mot fall x+2). Siffrorna visar också som väntat att felet ökar för fall 5-8 jämfört med fall 1-4 när en station som skall beskrivas utesluts vid själva anpassningen till någon modell. Felet avtar också när gränstemperaturområden minskar från 0-25 °C till 0-20 °C (udda fall mot jämna fall).

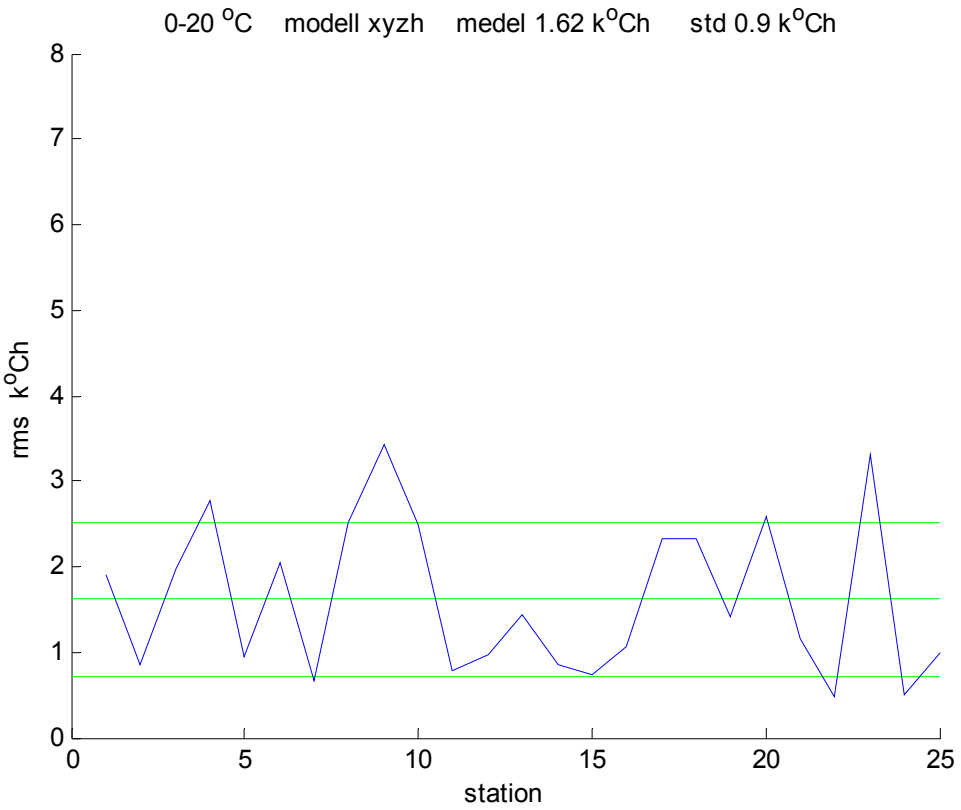
Huvudslutsatsen är att den enkla modellen är lämpligast och att rotmedelkvadratfelet för en okänd ort skulle kunna avrundas till 3.0 och 2.3 k°Ch för gränstemperaturområden 0-25 °C respektive 0-20 °C.

Tabell 5.6 Medel-,std- och rms-fel i k°Ch för olika sammanvägningar efter geografiskt läge

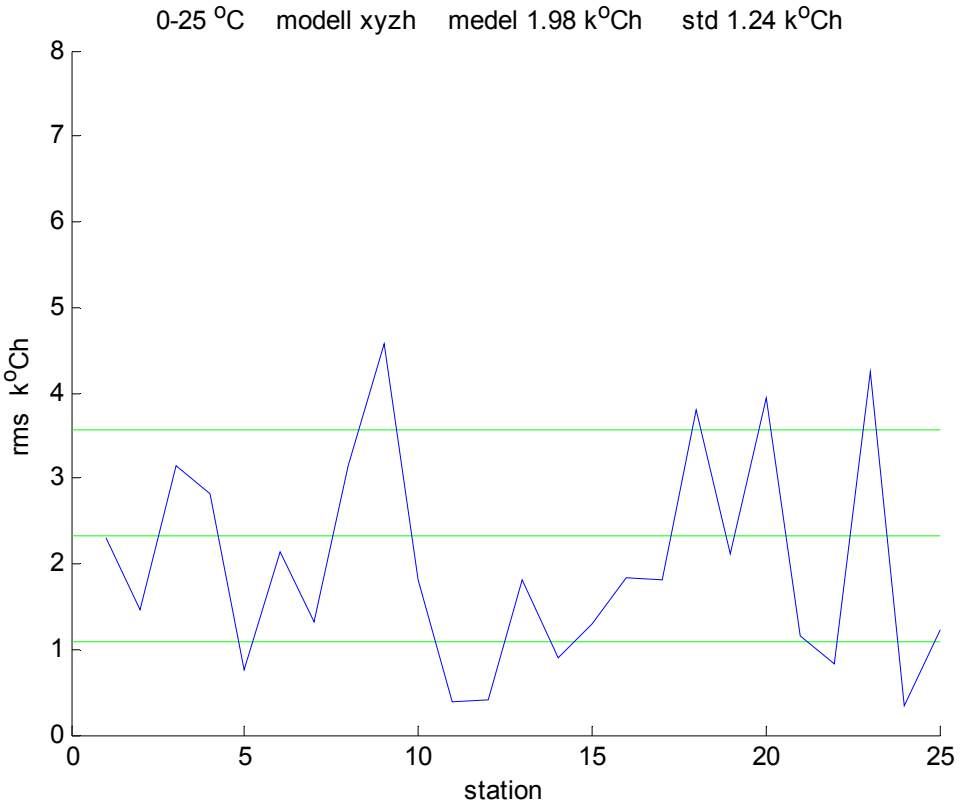
fall	Figur	modell	antal data	område °C	medel-fel k°Ch	std-fel k°Ch	rms-fel k°Ch
1	5.31	(5.4-5)	25	0-25	2.05	1.23	2.39
2	5.32	(5.4-5)	25	0-20	1.62	0.90	1.85
3	5.33	(5.8)	25	0-25	1.98	1.24	2.34
4	5.34	(5.8)	25	0-20	1.57	0.87	1.79
5	5.35	(5.4-5)	24	0-25	2.56	1.59	3.01
6	5.36	(5.4-5)	24	0-20	2.00	1.07	2.27
7	5.37	(5.8)	24	0-25	2.51	1.66	3.01
8	5.38	(5.8)	24	0-20	1.97	1.13	2.27



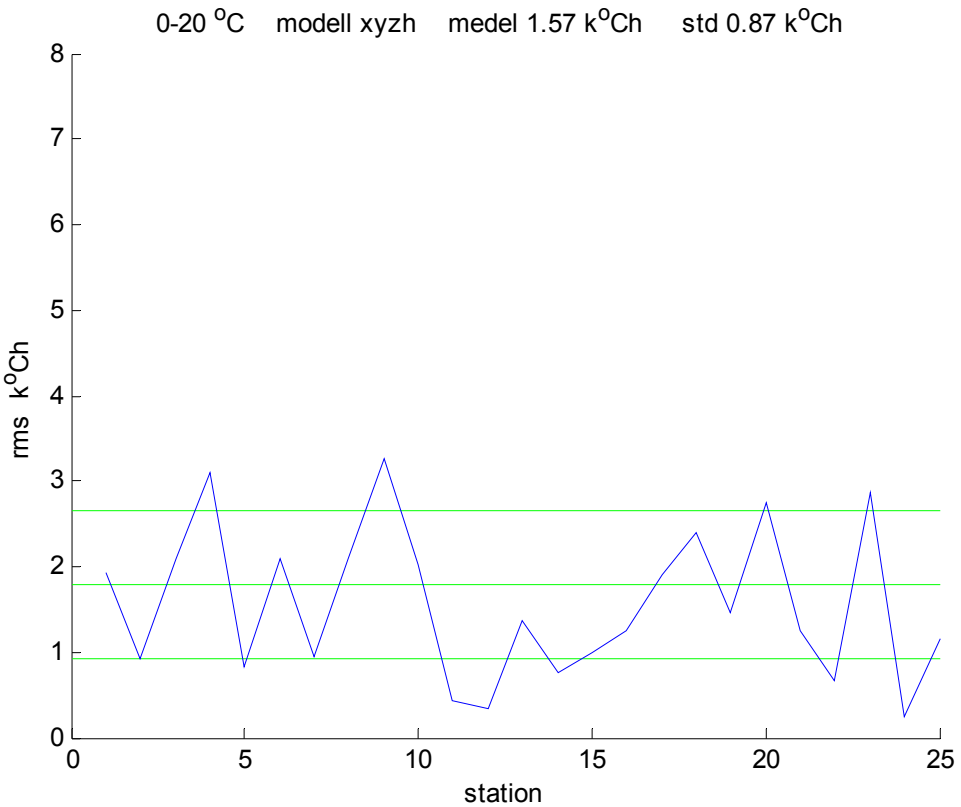
Figur 5.31 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-25 °C för modell (5.4-5) för tjugofem stationer.



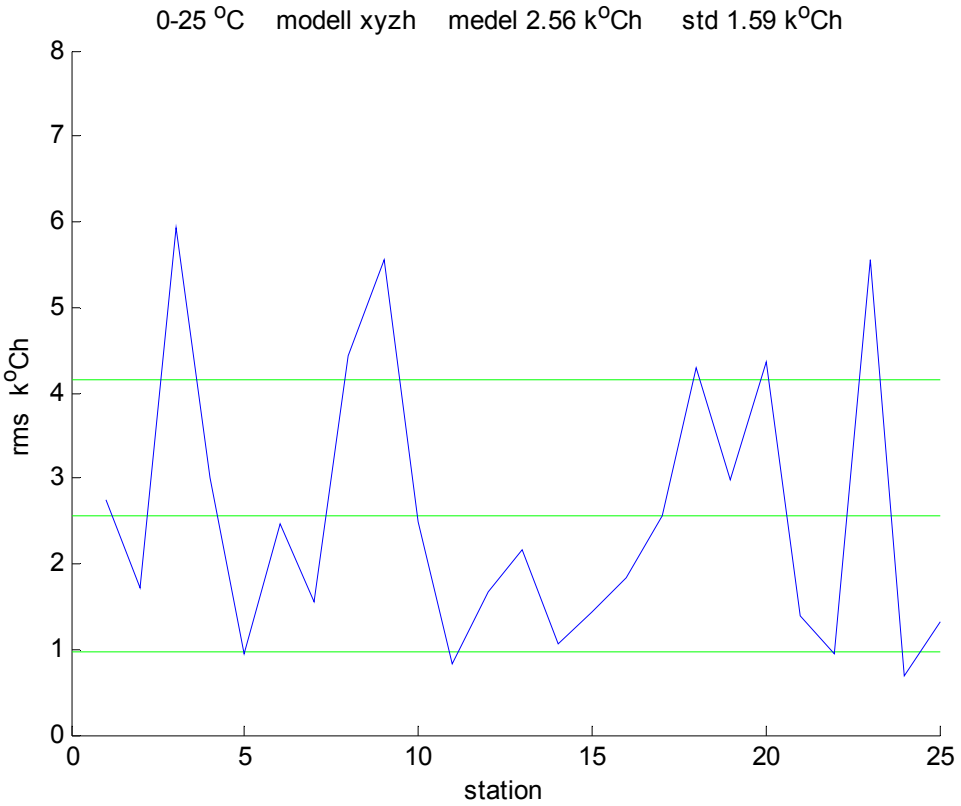
Figur 5.32 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-20 °C för modell (5.4-5) för tjugofem stationer.



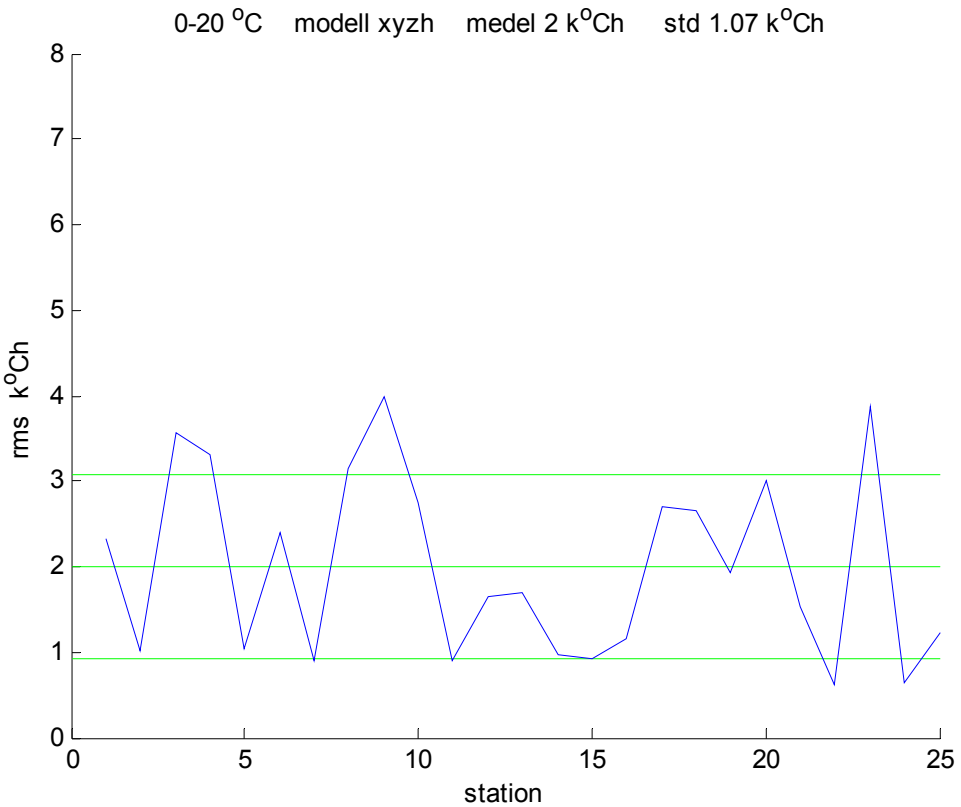
Figur 5.33 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-25 °C för modell (5.8) för tjugofem stationer.



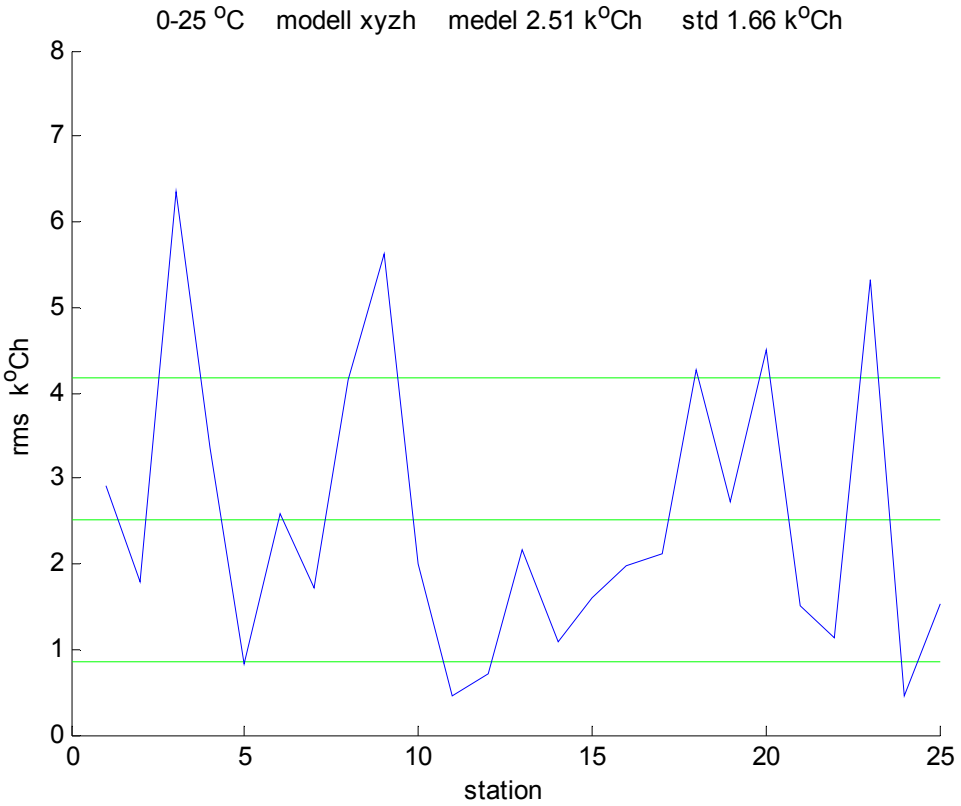
Figur 5.34 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-20 °C för modell (5.8) för tjugofem stationer.



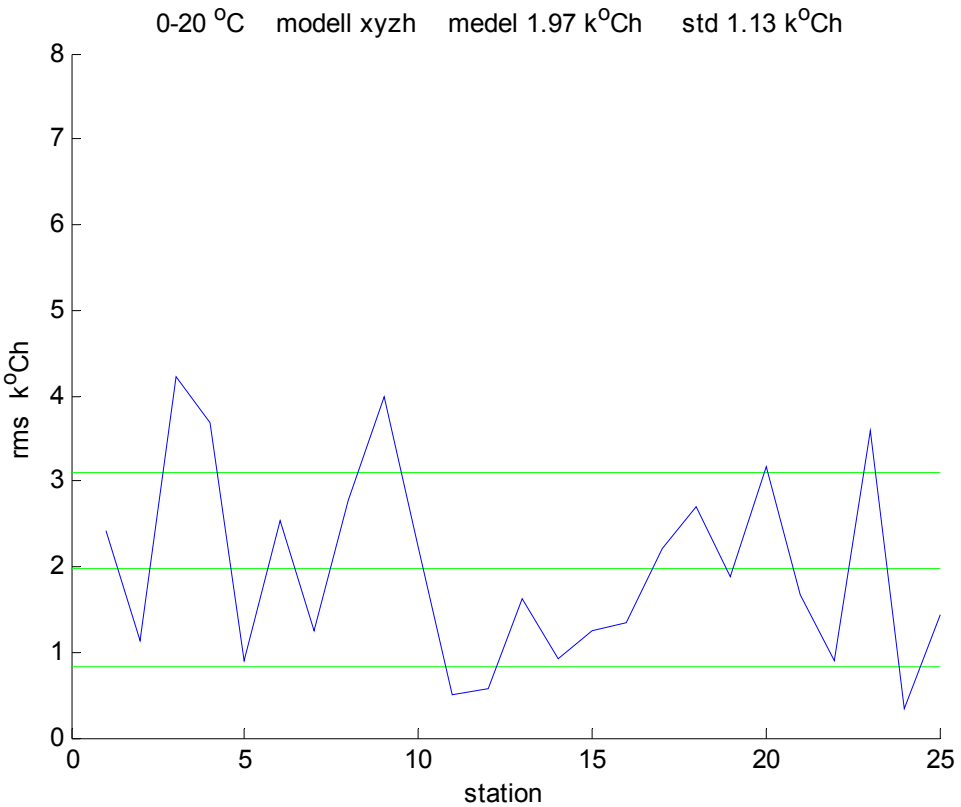
Figur 5.35 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-25 °C för modell (5.4-5) med övriga stationer.



Figur 5.36 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-20 °C för modell (5.4-5) med övriga stationer.



Figur 5.37 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-25 °C för modell (5.8) med övriga stationer.



Figur 5.38 Rms i k°Ch för gränstemperatur 0-20 °C för modell (5.8) med övriga stationer.

Uppsummering

Hur utetemperaturen för en ort kan beskrivas med data från andra orter har undersökts i detta avsnitt med några olika metoder. Detta har skett med ett begränsat antal stationer.

Den allra enklaste metoden är att använda den närmaste stationen för ett beskriva en annan ort. Resultatet är inte användbart. En förklaring är att avstånden mellan olika stationer är förhållandevis stora.

Den annan enkel metod är att finna en station som bäst beskriver en annan station. Detta resulterar i måttliga fel, men det finns inget enkelt sätt att bestämma vilken som är den bästa stationen för en annan station.

En sammanvägning av flera närliggande stationer efter avstånd kan tyckas vara en bra metod, om den sökta orten ligger omgiven av de närliggande stationerna som skall användas. Tester gjordes med olika antal närliggande stationer och olika viktningsfunktioner efter avstånd. Resultatet urartade mer eller mindre till sammanvägning till den närmsta stationen.

En annan och bättre sammanvägning efter geografiskt läge provades med viss framgång. Fördelen med att ta hänsyn till det geografiska läget innebär att en form av interpolation eller extrapolation.

Det geografiska läget beskrevs med lattitud och longitud alternativt med tre sfäriska koordinater för lattitud och longitud samt kombinerat utan eller höjdläge.

Denna metod provades med anpassning av ett mindre antal närliggande stationer, till alla stationer och alla utom aktuell station samt med två olika beskrivningar av °Ch-funktioner. Den ena beskrivning utnyttjade en förenklad gradtimmefunktion enligt sambanden (4.1-4). Den andra beskrivningen byggde på att °Ch-värden för varje gränstemperatur sammanvägdes från andra stationers °Ch-värden.

Metoden med den förenklade °Ch-funktionen med endast tio modellparametrar gav nästa samma resultat som den mer omfattande metoden med fem parametrar för varje ingående gränstemperatur, vilket blir 125 parametrar om området som skall beskriva är från 0 till 20 °C. Antalet modellparametrar blir därför orimligt stort. Det förutsätts att det geografiska läget beskrivs med sfäriska koordinater.

Huvudslutsatsen är att utetemperaturen kan beskrivas med ett rimligt fel genom en sammanvägning efter det geografiska läget och med en förenklad °Ch-funktion. Rotmedelkvadratfelet redovisat i Tabell 5.6 är mindre än 2.0 k°Ch för att beskriva alla stationer med varandra samt mindre än 2.5 k°Ch för att beskriva en station med övriga stationer. Dessa fel kan för jämförelsens skull beskrivas som ett fel i utetemperaturen mindre än 0.5 °C under 4000 respektive 5000 h.