



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

KESKKONNATEHNIKA INSTITUUT

EESTI KRAADPÄEVAD

TTÜ keskkonnatehnika instituudi direktor prof. E.Loigu03.03.2006

TTÜ kütte ja ventilatsiooni õppetooli juhataja prof. T.-A.Kõiv.....03.03.2006

Tallinn 2006

SISUKORD

	Lk.
Eessõna.....	3
1. Sissejuhatus.....	4
2. Kraadpäevade määramine.....	5
2.1. Meteoroloogiajaamade võrk	5
2.2. Võtmepiirkonnad kraadpäevade määramiseks.....	6
2.3. Kliimaandmed ja varem tehtud tööd.....	7
2.4. Andmete töötlemine	8
2.5. Eesti kraadpäevad.....	8
2.6. Välisõhu temperatuuri kestusgraafikud.....	21
3. Kraadpäevade kasutamine.....	29
3.1. Erinevate aastate välisõhu temperatuuri mõju kompenseerimine	29
3.2. Tasakaalutemperatuurid.....	30
3.3. Soojusvajaduse määramine.....	33
3.4. Arvutusnäited ligikaudse soojusevajaduse määramiseks hoonete kütteks.....	34
4. Jooksvate aastate kraadpäevade arvutamine.....	36
5. Eesti iseloomulike regioonide TRY (Test Reference Year) failist.....	37
6. Kokkuvõte.....	38
Kirjandus.....	39
Lisad.....	40

Eessõna

Käesolev töö on koostatud Eesti Majandus- ja Kommunikatsiooni Ministeeriumi tellimisel. Töö eesmärkideks on:

- määrata nn lihtsad kraadpäevad normaalaastale ja aastatele 1999 kuni 2004 Eesti 6-le geograafilisele punktile;
- esitada nn normaalaasta ja aastate 1999 kuni 2004 kraadpäevad erinevatele tasakaalutemperatuuridele Eesti 6-le geograafilisele punktile;
- anda juhised kraadpäevade kasutamiseks.

Kraadpäevade kasutajateks on hoonete energiaaudiitorid, energiatõhususe sertifitseerijad, projekteerijad, eksperdid, hoonete valdajad, kinnisvarafirmad jt asjast huvitatud.

Kraadpäevad on vajalikud hoone soojusvajaduste määramiseks, aga samuti tegelikult tarbitud soojuse või kütuse võrdlevaks analüüsiks erineva väliskliimaga aastatel.



1. Sissejuhatus

Tulenevalt hoonete energiatõhususe direktiivist 2002/91/EÜ tuleb Eestil kui Euroopa Liidu liikmesriigil alates 2009. aastast käivitada müüdavate, renditavate ja ehitatavate hoonete energiatõhususe sertifitseerimine.

Hoonete energiatarbimise adekvaatne määramine ja erinevate hoonete energiatarbimise võrdlemine energiatõhususe sertifitseerimise käigus on mõeldamatu ühtse metoodika järgi määratud kraadpäevi kasutamata.

Hoonete energeetilise auditeerimise käigus on üheks olulisemaks ülesandeks auditeeritud objektile energiaakava koostamine, mis määrab prioriteetsed säästumeetmed vaadeldud hoones. Säästumeetmete reastus ehk auditi tulemus sõltub kogutud algandmete kvaliteedist, sh taustinformatsioonist, mille kogumine hoone energiaauditite raames on mõeldamatu. Antud tüüpi andmete hulka kuuluvad ka ilmastikuandmed. Säästumeetmete võrreldavuse nimel peavad audiitorid kasutama andmeid identsetest allikatest.

Hoonete soojustarbimise määramisel ja säästuarvutustes on väga mugav kasutada kraadpäevi. Oluline tähtsus on kraadpäevadel hoone erinevate aastate soojustarbimise adekvaatsel hindamisel.

Kahjuks varem soojusvajaduste määramiseks kasutatud kliimaandmed on rohkem kui 50 aasta tagusest perioodist ja ei arvesta viimaste aastakümnete märgatavat kliima soojenemist. Samuti on kliimaandmeid võimalik hankida mitmesugustest allikatest. Riikliku auditeerimissüsteemi koherentsuse huvides on vajalik tagada selgete metoodiliste juhendite olemasolu audiitoritele kraadpäevade kasutamise kohta säästuarvutustes, millele oleks lisatud ka andmed kraadpäevade kohta. Töö eesmärgiks oli juhendmaterjali koostamine energiaaudiitoritele kraadpäevade kasutamiseks säästuarvutustes.

Lihtsad kraadpäevad

Nn lihtsate kraadpäevade arvutuse aluseks Eestis on arvestuslik sisetemperatuur (nn tasakaalutemperatuur) 17°C.

Üks kraadpäev väljendab 1°C erinevust arvestusliku sisetemperatuuri ja ööpäeva (24 tunnise perioodi) keskmise välisõhu temperatuuri vahel.

Kui näiteks ööpäeva keskmine välisõhu temperatuur on 2°C, siis on 24 tunnise perioodi (1 ööpäev) kraadpäevade arv $17 - 2 = 15$ (°C·d).

Miks võetakse arvestuslik siseõhutemperatuur madalam kui tegelik? Sellepärast, et osa kütte soojusvajadusest kaetakse nn vaba soojusega so elektriseadmetelt, inimestelt jne tulevate sisemiste soojuseritustega ja päikese kiirgusega. Näiteks meie viiekordsete tüüpelamute soojusliku käitumise analüüs on näidanud, et keskmisena tõuseb vaba soojuse arvel siseõhutemperatuur ca 3-4°C [1].

Soojusvajadust iseloomustavaid kraadpäevi nimetatakse sageli kütte kraadpäevadeks.



Siiani on valitsenud olukord, kus erinevad audiitorid kasutavad ühes ja samas Eesti geograafilises punktis erinevaid kraadpäevi. Sellest tulenevalt ei ole saadud erisoojustarbimised sageli omavahel võrreldavad.

Varasemates materjalides [2] esitatud andmed Eesti kraadpäevade kohta baseeruvad kliimaandmetel, mis on rohkem kui 60 aasta tagusest perioodist ja ei arvesta viimaste aastakümnete märgatavat kliima soojenemist. Määratud on nad nn SNiP'i järgse kütteperioodi alusel.

2. Kraadpäevade määramine

2.1. Meteoroloogiajaamade võrk

Eesti meteoroloogiajaamade võrk on näidatud joon.1. Lisaks kaardil toodud 21 meteoroloogiajaamale on pikka aega vaatlusi tehtud Kärđla ja Kuressaare jaamades. Nende jaamade meteoroloogiaandmeid on kasutatud töö I etapil (2003). Käesolevaks ajaks on majanduslikel põhjustel aga vaatlused nendes jaamades lõpetatud.

Standardse kliimavaatluste programmi raames registreeritakse:

- õhutemperatuur** (hetketemperatuur, maksimaalne, minimaalne);
- maapinnatemperatuur;
- õhuniiskus;
- õhurõhk ja selle muutumise tendents;
- tuule suund ja kiirus;
- pilvede hulk ja liigid;
- pilvede kõrgus.



Joon.1. Eesti meteoroloogiajaamade võrk



Vaatluste algus tegutsevates meteoroloogiajaamades [3]:

Sõrve	1865
Vilsandi	1865
Ristna	1922
Lääne-Nigula	1964
Virtsu	1903
Kihnu	1931
Pärnu	1842
Kuusiku	1920
Pakri	1865
Tallinn	1805
Türi	1925
Viljandi	1824
Valga	1925
Võru	1868
Tartu (Tõravere)	1865
Jõgeva	1964*
Tiirikoja (Mustvee)	1923
Väike-Maarja	1962
Kunda	1901
Jõhvi	1958
Narva	1868

*Jõgeva jaam töötas kuni 1988 aastani kui agrometeoroloogiajaam, vaatlusi tehti ainult 4 korda ööpäevas. 1988 aastast töötab meteoroloogiajaamana.

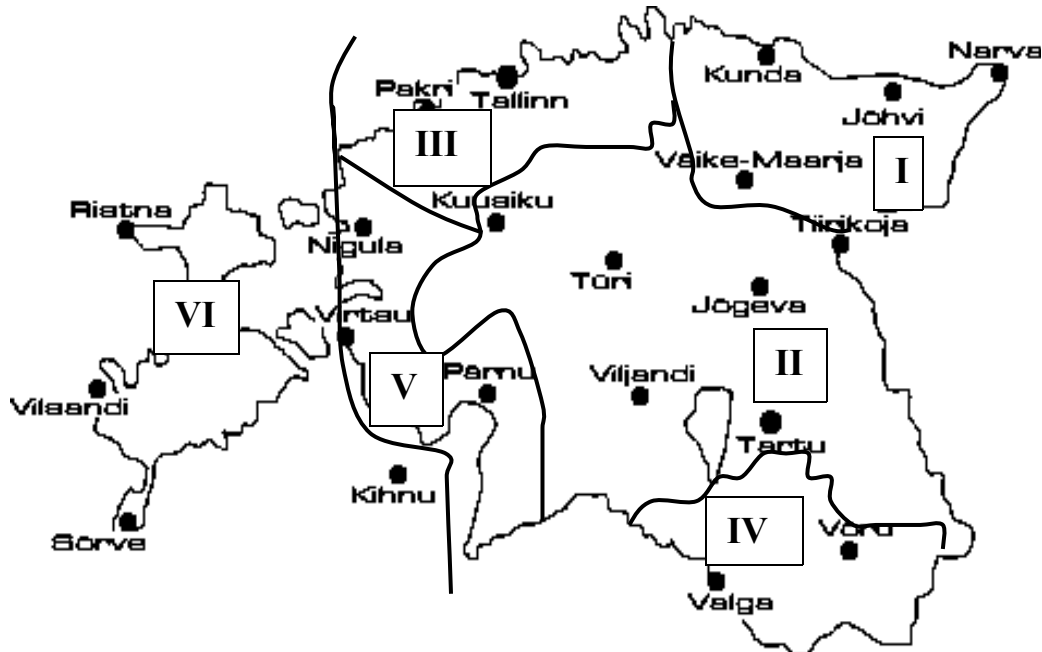
2.2. Võtmepiirkonnad kraadpäevade määramiseks

Vastavalt 2003. aastal läbi viidud uurimusele [5] ja tulemuste analüüsile on valitud 6 nn võtmepiirkonda, milliste kraadpäevad katavad kogu Eesti territooriumi, vt joon.2.

Eesti kraadpäevade võtmepiirkonnad ja keskused, milliste välisõhu temperatuuride alusel määratakse piirkonna kraadpäevad, on järgmised:

- Jõhvi I**
- Tartu II**
- Tallinn III**
- Valga IV**
- Pärnu V**
- Ristna VI**

Lihtsustatud arvutustes võib Tallinna kraadpäevi vaadata kui Eesti keskmisi.



Joon.2. Kuus võtmepiirkonda

2.3. Kliimaandmed ja varem tehtud tööd

Nende 6 võtmepiirkonna keskustele on Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudist (EMHI) hangitud 30 aasta 1975...2004 igapäevased välisõhu temperatuurid, mis olid kraadpäevade määramise aluseks.

Tuleb veelkord märkida, et Eestis seni ametlikult määratud kütte kraadpäevade arvutamisel [2] on kasutatud Eesti Majandusministeeriumi juhendis "Soojusvarustuse kulude arvestamise ja jaotamise meetodikast" [4] toodud kliimaandmeid ja kütteperioodide kestusi. Kahjuks pärinevad need kliimaandmed eelmise sajandi keskpaigast ja ei arvesta viimaste aastakümnete reaalseid kliimamuutusi, ka kütteperioodide kestused ei vasta tänapäeva tingimustes reaalsele.

Analüüsid Tallinna nn kütteperioodi kraadpäevi ($t_B=18^\circ\text{C}$) kuu keskmiste temperatuuride alusel [5] näeme, et eelmise sajandi keskpaiga välisõhu temperatuuride põhjal määratud kraadpäevade arv oli 5,8% suurem kui aastate 1972...2001 sama perioodi keskmine kraadpäevade ($t_B=18^\circ\text{C}$) arv. Valga eelmise sajandi nn kütteperioodi kraadpäevade ($t_B=18^\circ\text{C}$) arv oli aga 6,2% suurem kui aastate 1972...2001 sama perioodi keskmine kraadpäevade ($t_B=18^\circ\text{C}$) arv.

Kliimamuutusi näitab hästi Tallinna erinevate kümneaastate 1975-1984 ja 1995-2004 kraadpäevade ($t_B=17^\circ\text{C}$) võrdlus. Lisa Tabel 1 andmetest on näha, et võrreldes esimese kümneaastaga on viimase kraadpäevade arv 7% väiksem. Eelpool märgitud muutused haakuvad hästi teiste autorite tooduga [9].

Mis puutub Tallinna erinevate aastate kraadpäevadesse ($t_B=17^\circ\text{C}$) perioodil 1975...2004, siis nende hälve on +17%/-14% keskmisest kraadpäevade arvust.

2.4. Andmete töötlemine

Kraadpäevade määramise aluseks kasutatakse vaadeldava perioodi kõikide päevade arvestusliku sisetemperatuuri (tasakaalutemperatuuri) ja välisõhu temperatuuri vahede summat. Tasakaalutemperatuur on temperatuur, milleni katab soojuskaod küttesüsteem. Seejuures päevi, missuguste välisõhu temperatuur on kõrgem kui tasakaalutemperatuur, summas ei arvestata.

Antud töös on kraadpäevade arvutamiseks kasutatud valemit (1) [6]

$$S = \sum_{i=1}^n (t_B - t_{Vi}) \cdot \delta_i \quad ^\circ\text{C} \cdot \text{d} \quad (1)$$

kus

S – kraadpäevade arv, $^\circ\text{C} \cdot \text{d}$

n – päevade arv (näit kuus või aastas)

t_B – arvestuslik sisetemperatuur (tasakaalutemperatuur), $^\circ\text{C}$

t_{Vi} – i -nda päeva välisõhu temperatuur, $^\circ\text{C}$

$\delta_i = 1$, kui $t_B > t_{Vi}$

$\delta_i = 0$, kui $t_B \leq t_{Vi}$.

Normaalaasta kraadpäevad määratakse kui 30 aastase perioodi (1975...2004) keskmised suurused antud geograafilisele punktile.

2.5. Eesti kraadpäevad

Eespool toodud algoritmi (valem 1) alusel on määratud Tallinna, Tartu, Jõhvi, Pärnu, Valga, Ristna normaalaasta (1975...2004) kraadpäevad ($t_B=17^\circ\text{C}$) nii kuude lõikes kui ka aastased. Niisuguseid keskmisi kraadpäevi ($t_B=17^\circ\text{C}$) nimetatakse lihtsateks kraadpäevadeks. Sama valemi alusel on määratud aastate 2000...2004 lihtsad kraadpäevad, Tabel 1.

Tallinna, Tartu, Jõhvi, Pärnu, Valga, Ristna normaalaasta (1975...2004) kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel on toodud Tabelites 2 kuni 7 ja aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel on toodud Tabelites 8 kuni 13.

Edasine võtmepiirkondade kraadpäevade arvutus peaks toimuma valemi (1) alusel.

Otstarbekas oleks määrata nii lihtsad kraadpäevad ($t_B=17^\circ\text{C}$) kui ka kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel (näit $1...21^\circ\text{C}$), vt Lisa Tabelid 2 kuni 31.

Tabel 1

Tallinna, Tartu, Jõhvi, Pärnu, Valga, Ristna normaalaasta (1975...2004) ja aastate 1999...2004 kraadpäevad ($t_B=17^\circ\text{C}$)

Asukoht	Normaalaasta	2000	2001	2002	2003	2004
Tallinn	4220	3646	4055	4014	4303	4055
Tartu	4295	3658	4145	4067	4217	4128
Jõhvi	4518	3973	4417	4331	4519	4352
Pärnu	4070	3443	3889	3861	3994	3883
Valga	4242	3654	4106	4041	4177	4121
Ristna	3867	3348	3674	3741	3883	3626



Tabel 2

Tallinna **normaalaasta** kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	158	167	84	11	0	0	0	0	0	6	46	120	592
2	185	192	106	19	0	0	0	0	0	10	61	144	717
3	214	218	133	31	1	0	0	0	0	15	79	171	862
4	244	245	161	47	2	0	0	0	0	23	99	200	1021
5	275	273	191	65	4	0	0	0	1	33	123	230	1195
6	306	301	222	86	8	0	0	0	2	46	148	260	1379
7	337	329	253	109	14	0	0	0	4	62	175	291	1574
8	368	358	283	133	23	0	0	0	8	81	204	322	1780
9	399	386	314	159	35	1	0	0	15	103	234	353	1999
10	430	414	345	186	50	2	0	0	25	129	263	384	2228
11	461	442	376	214	68	5	0	1	38	157	294	415	2471
12	492	471	407	242	89	11	0	2	55	186	324	446	2725
13	523	499	438	271	112	21	1	6	76	216	354	477	2994
14	554	527	469	300	137	35	4	12	100	247	384	508	3277
15	585	555	500	330	164	53	10	23	127	277	414	539	3577
16	616	584	531	360	192	73	22	38	154	308	444	570	3892
17	647	612	562	389	221	96	38	58	183	339	474	601	4220
18	678	640	593	419	251	122	58	82	213	370	504	632	4562
19	709	668	624	449	281	149	82	108	242	401	534	663	4910
20	740	697	655	479	312	177	108	135	272	432	564	694	5265
21	771	725	686	509	342	207	136	165	302	463	594	725	5625



Tabel 3

Tartu **normaalaasta** kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	192	196	92	10	0	0	0	0	0	10	67	159	725
2	220	221	114	17	0	0	0	0	0	15	84	185	855
3	249	247	139	27	1	0	0	0	0	22	104	213	1002
4	280	274	167	39	2	0	0	0	1	31	127	243	1163
5	311	301	197	54	4	0	0	0	2	43	151	273	1335
6	341	329	227	72	6	0	0	0	4	57	177	303	1518
7	372	357	257	92	10	0	0	0	8	74	205	334	1710
8	403	386	288	113	17	0	0	0	13	94	234	365	1914
9	434	414	319	137	25	1	0	0	21	117	263	396	2127
10	465	442	350	161	36	2	0	0	32	143	293	427	2352
11	496	470	381	187	50	5	0	1	46	171	323	458	2589
12	527	499	412	214	67	9	1	3	64	200	353	489	2838
13	558	527	443	242	86	17	2	7	85	230	383	520	3101
14	589	555	474	271	107	28	5	14	108	260	413	551	3377
15	620	583	505	300	130	42	11	25	135	291	443	582	3668
16	651	612	536	329	156	60	20	40	162	322	473	613	3975
17	682	640	567	359	182	80	35	59	191	353	503	644	4295
18	713	668	598	389	211	103	52	82	220	384	533	675	4629
19	744	697	629	419	241	128	74	107	250	415	563	706	4972
20	775	725	660	449	271	154	98	133	280	446	593	737	5323
21	806	754	691	479	302	182	125	162	310	477	623	768	5681



Tabel 4

Jõhvi **normaalaasta** kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	208	211	108	16	0	0	0	0	0	10	70	166	790
2	237	237	133	26	0	0	0	0	0	16	89	194	932
3	267	264	161	39	1	0	0	0	0	23	111	223	1090
4	298	291	190	54	3	0	0	0	1	33	135	254	1259
5	329	319	221	72	6	0	0	0	2	46	160	284	1438
6	360	348	251	92	10	0	0	0	4	62	188	315	1629
7	391	376	282	114	16	0	0	0	8	81	217	346	1831
8	422	404	313	138	25	1	0	0	15	103	246	377	2043
9	453	432	344	163	38	2	0	0	24	128	276	408	2267
10	484	461	375	190	53	4	0	1	37	155	306	439	2502
11	515	489	406	217	70	8	0	2	53	184	336	470	2749
12	546	517	437	245	90	14	1	5	72	214	366	501	3008
13	577	545	468	274	112	25	3	11	95	244	396	532	3281
14	608	574	499	303	136	38	7	20	120	275	426	563	3568
15	639	602	530	332	161	55	15	34	147	306	456	594	3871
16	670	630	561	362	189	75	27	52	175	337	486	625	4189
17	701	658	592	391	217	98	43	74	204	368	516	656	4518
18	732	687	623	421	247	123	64	99	234	399	546	687	4861
19	763	715	654	451	277	149	87	125	264	430	576	718	5210
20	794	743	685	481	308	177	114	153	294	461	606	749	5564
21	825	771	716	511	339	205	142	183	324	492	636	780	5924



Tabel 5

Pärnu normaalaasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	153	163	73	6,6	0	0	0	0	1	6,5	41	116	560
2	180	189	97	14	0	0	0	0	2	11	55	140	688
3	210	217	125	26	0,3	0	0	0	3	16	72	168	837
4	241	245	155	41	0,9	0	0	0	4,2	23	93	197	1000
5	272	273	186	59	2	0	0	0	5,7	32	115	227	1173
6	303	301	217	79	3,9	0	0	0	7,7	44	140	258	1354
7	334	329	248	102	7,3	0	0	0	10	57	168	289	1544
8	365	358	279	125	13	0,1	0	0	14	74	197	320	1744
9	396	386	310	150	21	0,4	0	0	20	95	227	351	1955
10	427	414	341	176	32	1	0	0	28	119	257	382	2176
11	458	442	372	203	46	2,4	0	0,3	39	146	287	413	2408
12	489	471	403	230	63	5,8	0,1	1	54	175	317	444	2650
13	520	499	434	258	82	12	0,6	2,7	72	205	347	475	2905
14	551	527	465	287	104	21	1,9	6,4	93	235	377	506	3174
15	582	556	496	316	128	35	4,9	13	117	266	407	537	3456
16	613	584	527	345	154	52	12	23	144	297	437	568	3755
17	644	612	558	375	182	72	23	38	172	328	467	599	4070
18	675	640	589	405	211	94	39	58	201	359	497	630	4397
19	706	669	620	435	240	119	59	81	231	390	527	661	4737
20	737	697	651	465	270	145	82	107	261	421	557	692	5085
21	768	725	682	495	301	173	108	135	291	452	587	723	5439



Tabel 6

Valga **normaalaasta** kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	188	186	82	7	0	0	0	0	0	10	65	159	696
2	214	210	102	14	0	0	0	0	0	15	82	185	823
3	244	236	127	23	1	0	0	0	0	22	102	213	968
4	274	263	155	35	2	0	0	0	1	31	124	242	1127
5	305	291	184	50	3	0	0	0	2	43	148	272	1297
6	336	319	214	67	6	0	0	0	4	57	174	303	1479
7	367	347	245	86	9	0	0	0	8	74	201	334	1670
8	398	375	275	107	15	0	0	0	14	94	230	365	1873
9	429	403	306	130	23	1	0	0	22	117	260	396	2085
10	460	432	337	154	33	2	0	0	33	142	289	427	2309
11	491	460	368	180	46	4	0	1	47	170	319	458	2545
12	522	488	399	207	62	9	1	3	65	199	349	489	2793
13	553	516	430	235	80	16	2	7	86	229	379	520	3054
14	584	545	461	263	101	27	5	14	110	260	409	551	3328
15	615	573	492	291	124	40	11	24	136	291	439	582	3617
16	646	601	523	321	148	57	21	39	164	322	469	613	3923
17	677	629	554	350	175	76	35	58	192	353	499	644	4242
18	708	658	585	380	203	98	52	81	222	384	529	675	4575
19	739	686	616	410	233	123	73	106	251	415	559	706	4917
20	770	714	647	440	263	150	97	133	281	446	589	737	5267
21	801	742	678	470	294	178	124	162	311	477	619	768	5623



Tabel 7

Ristna **normaalaasta** kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	88	107	55	6,3	0	0	0	0	0	1,7	18	57	333
2	109	129	78	14	0	0	0	0	0	3	26	74	433
3	134	154	105	27	0,4	0	0	0	0	5,2	37	94	555
4	162	181	134	45	1,8	0	0	0	0,1	8,4	50	117	699
5	192	209	165	67	4,9	0	0	0	0,2	13	66	144	861
6	223	237	196	91	11	0	0	0	0,6	20	86	174	1037
7	254	265	227	118	20	0,1	0	0	1,4	29	109	204	1226
8	285	294	258	145	33	0,5	0	0	3,1	40	136	234	1428
9	316	322	289	173	51	1,7	0	0	6,1	56	164	265	1644
10	347	350	320	201	72	4,6	0	0	11	77	194	296	1873
11	378	378	351	231	95	11	0,2	0,2	19	101	223	327	2115
12	409	407	382	260	121	21	0,6	0,7	30	129	253	358	2371
13	440	435	413	290	148	35	1,7	2,4	45	158	283	389	2640
14	471	463	444	320	176	53	4,6	5,7	64	189	313	420	2923
15	502	491	475	349	205	74	11	12	88	220	343	451	3222
16	533	520	506	379	234	99	23	23	114	251	373	482	3537
17	564	548	537	409	264	125	41	39	142	282	403	513	3867
18	595	576	568	439	294	152	63	61	171	313	433	544	4210
19	626	605	599	469	325	181	88	86	201	344	463	575	4562
20	657	633	630	499	356	210	115	113	230	375	493	606	4918
21	688	661	661	529	387	240	143	143	260	406	523	637	5279

Tabel 8

Tallinna aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu temperatuur	2000	2001	2002	2003	2004
1	285	606	512	624	518
2	376	733	643	745	632
3	488	876	802	892	759
4	613	1029	978	1060	905
5	748	1191	1167	1249	1070
6	899	1360	1363	1448	1250
7	1062	1538	1565	1657	1441
8	1248	1729	1773	1873	1644
9	1448	1930	1986	2098	1859
10	1665	2145	2207	2329	2084
11	1899	2374	2437	2571	2319
12	2147	2617	2675	2823	2568
13	2412	2875	2921	3091	2834
14	2696	3149	3176	3374	3113
15	2992	3439	3443	3667	3410
16	3308	3741	3721	3978	3723
17	3646	4055	4014	4303	4055
18	2995	4381	4328	4637	4397
19	4353	4717	4659	4974	4747
20	4716	5058	5003	5316	5101
21	5081	5408	5356	5643	5460

Tabel 9

Tartu aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu temperatuur	2000	2001	2002	2003	2004
1	351	751	638	654	621
2	443	887	772	787	743
3	553	1031	924	935	876
4	679	1183	1092	1098	1025
5	822	1342	1273	1273	1191
6	978	1514	1464	1454	1370
7	1150	1695	1666	1645	1561
8	1337	1883	1871	1846	1762
9	1537	2083	2082	2056	1975
10	1747	2291	2299	2276	2197
11	1973	2509	2524	2505	2429
12	2212	2747	2758	2750	2675
13	2467	2998	2999	3013	2938
14	2735	3263	3246	3294	3213
15	3026	3542	3503	3586	3500
16	3333	3836	3779	3894	3806
17	3658	4145	4067	4217	4128
18	4002	4463	4372	4549	4463
19	4357	4788	4692	4889	4807
20	4717	5123	5027	5233	5158
21	5080	5468	5370	5580	5516

Tabel 10

Jõhvi aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu temperatuur	2000	2001	2002	2003	2004
1	445	846	727	799	696
2	553	987	877	938	824
3	677	1139	1045	1095	969
4	816	1298	1226	1264	1129
5	969	1468	1414	1444	1301
6	1135	1649	1612	1634	1488
7	1317	1838	1818	1832	1682
8	1513	2036	2032	2043	1891
9	1723	2248	2252	2264	2109
10	1949	2470	2478	2497	2339
11	2192	2707	2712	2742	2581
12	2447	2956	2954	3000	2838
13	2716	3216	3204	3276	3110
14	3001	3495	3463	3568	3397
15	3306	3789	3738	3868	3699
16	3632	4096	4028	4186	4017
17	3973	4417	4331	4519	4352
18	4323	4744	4648	4857	4692
19	4684	5082	4983	5198	5041
20	5048	5427	5327	5544	5396
21	5414	5778	5679	5895	5757

Tabel 11

Pärnu aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu temperatuur	2000	2001	2002	2003	2004
1	253	560	480	541	500
2	343	691	607	657	615
3	456	840	769	796	747
4	579	996	946	954	894
5	709	1159	1132	1124	1052
6	855	1326	1324	1301	1220
7	1016	1503	1523	1490	1399
8	1191	1685	1728	1688	1592
9	1382	1876	1941	1896	1797
10	1585	2078	2158	2115	2016
11	1800	2294	2381	2343	2242
12	2031	2523	2609	2586	2475
13	2279	2767	2843	2841	2725
14	2546	3029	3084	3109	2991
15	2828	3303	3330	3389	3269
16	3126	3590	3587	3684	3567
17	3443	3889	3861	3994	3883
18	3779	4199	4150	4316	4212
19	4131	4522	4464	4649	4552
20	4492	4858	4794	4990	4902
21	4855	5201	5138	5332	5256

Tabel 12

Valga aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu temperatuur	2000	2001	2002	2003	2004
1	346	731	616	649	616
2	438	868	745	776	732
3	546	1013	898	922	866
4	670	1166	1066	1080	1013
5	811	1327	1245	1251	1178
6	970	1499	1436	1431	1354
7	1145	1678	1636	1622	1544
8	1331	1864	1843	1822	1746
9	1531	2062	2053	2033	1958
10	1742	2269	2271	2252	2180
11	1968	2486	2497	2484	2415
12	2209	2720	2732	2728	2664
13	2463	2969	2972	2988	2927
14	2736	3231	3219	3264	3202
15	3024	3509	3477	3553	3489
16	3330	3800	3751	3857	3798
17	3654	4106	4041	4177	4121
18	3996	4423	4345	4505	4456
19	4351	4750	4671	4844	4800
20	4711	5085	5011	5189	5151
21	5074	5429	5357	5538	5508

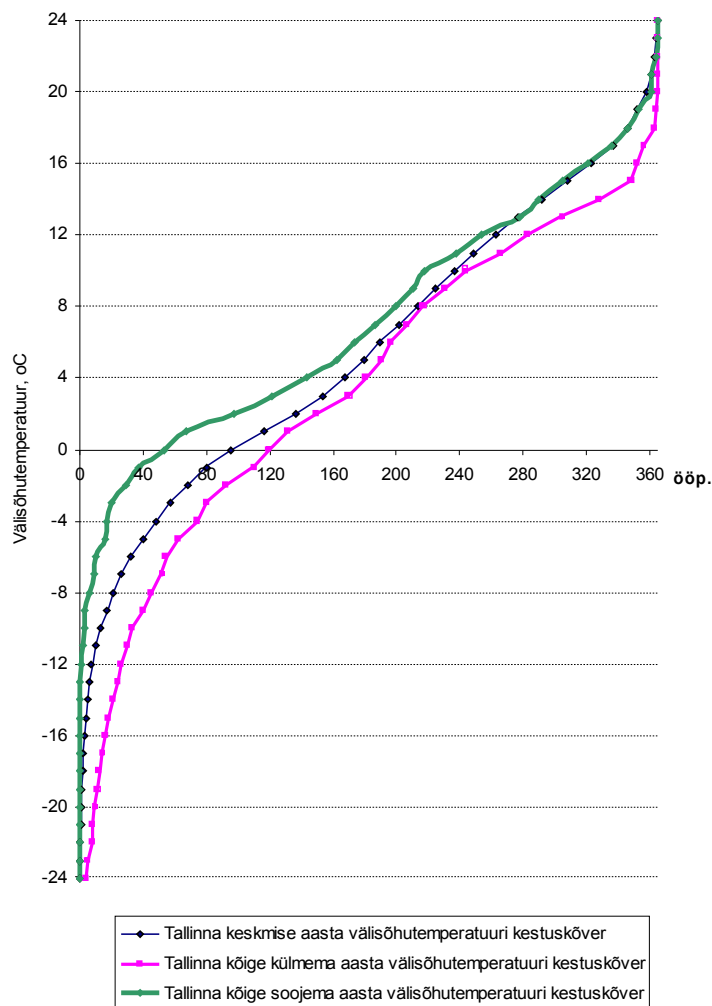
Tabel 13

Ristna aastate 2000...2004 kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu temperatuur	2000	2001	2002	2003	2004
1	121	303	280	373	244
2	186	397	379	482	342
3	272	519	524	609	453
4	383	663	695	751	581
5	511	821	881	912	725
6	645	991	1076	1093	887
7	795	1169	1280	1290	1067
8	961	1361	1491	1498	1260
9	1150	1570	1708	1716	1471
10	1360	1791	1931	1943	1693
11	1589	2025	2162	2180	1926
12	1842	2270	2405	2431	2175
13	2110	2526	2654	2694	2434
14	2388	2795	2910	2971	2708
15	2690	3075	3172	3263	2997
16	3011	3366	3451	3566	3302
17	3348	3674	3741	3883	3626
18	3706	3995	4045	4214	3962
19	4071	4333	4367	4553	4314
20	4437	4682	4705	4894	4672
21	4803	5037	5053	5238	5033

2.6. Välisõhu temperatuuri kestusgraafikud

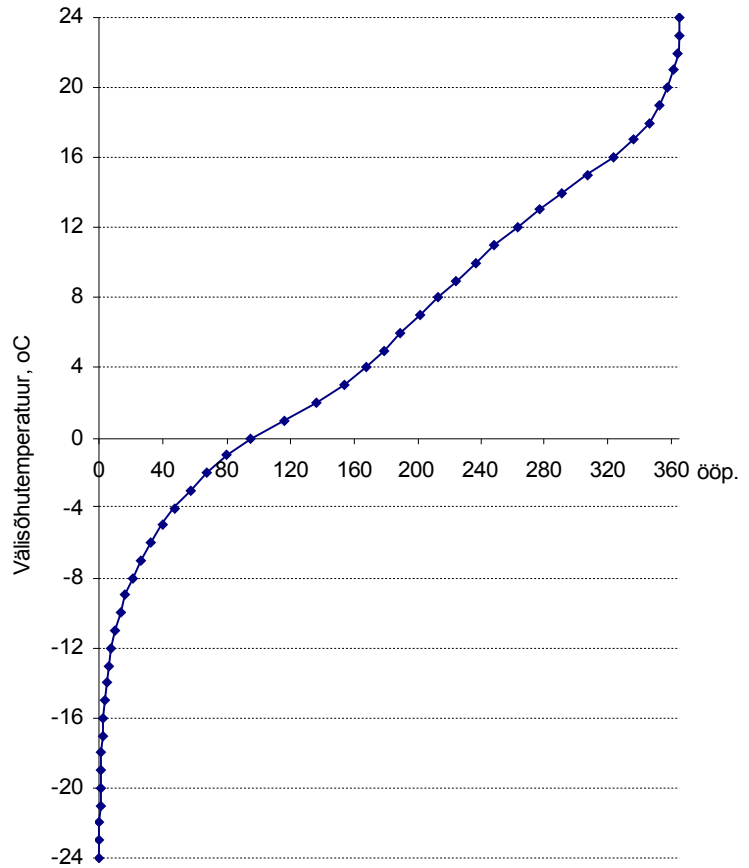
Sageli on inseneriarvutustes vajalikud välisõhu temperatuuride kestusgraafikud või antud välisõhutemperatuurist madalamate temperatuuride kestused (päevade arv). Selleks on joonistel 4 kuni 9 esitatud 6 geograafilise punkti keskmise aasta (1974-2004) välisõhu temperatuuride kestusgraafikud, joonisel 3 aga välisõhutemperatuuride kõikumiste iseloomustamiseks antud perioodi Tallinna külmima ja kõige soojema aasta kestusgraafikud keskmise aasta kestusgraafiku taustal. Tabelis 14 on toodud Tallinna välisõhu temperatuuride kestused keskmisel, külmimal ja kõige soojemal aastal ajavahemikule 1975 kuni 2004. Jooniselt 4 ja tabelist 14 on näha, et kõige soojema ja külmima aasta välistemperatuuride erinevused Tallinnas on olulised, näit alla 0°C päevade arv on vastavalt 53 ja 119.



Joon. 3. Tallinna keskmise, külmima ja kõige soojema aasta välisõhutemperatuuride kestuskõverad (1975-2004).



t, °C	Päevade arv
-24	0,2
-23	0,3
-22	0,5
-21	0,7
-20	0,9
-19	1,3
-18	1,7
-17	2,2
-16	2,7
-15	3,8
-14	4,8
-13	6,1
-12	7,5
-11	10,2
-10	13,3
-9	16,9
-8	20,8
-7	25,7
-6	32,0
-5	39,9
-4	47,7
-3	57,1
-2	67,9
-1	80,2
0	95,6
1	116,4
2	136,9
3	153,7
4	167,5
5	179,0
6	189,5
7	201,5
8	213,4
9	225,0
10	236,6
11	248,5
12	262,8
13	276,9
14	291,5
15	307,7
16	323,1
17	336,5
18	346,0
19	352,3
20	357,6
21	361,4
22	363,4
23	364,4
24	364,9

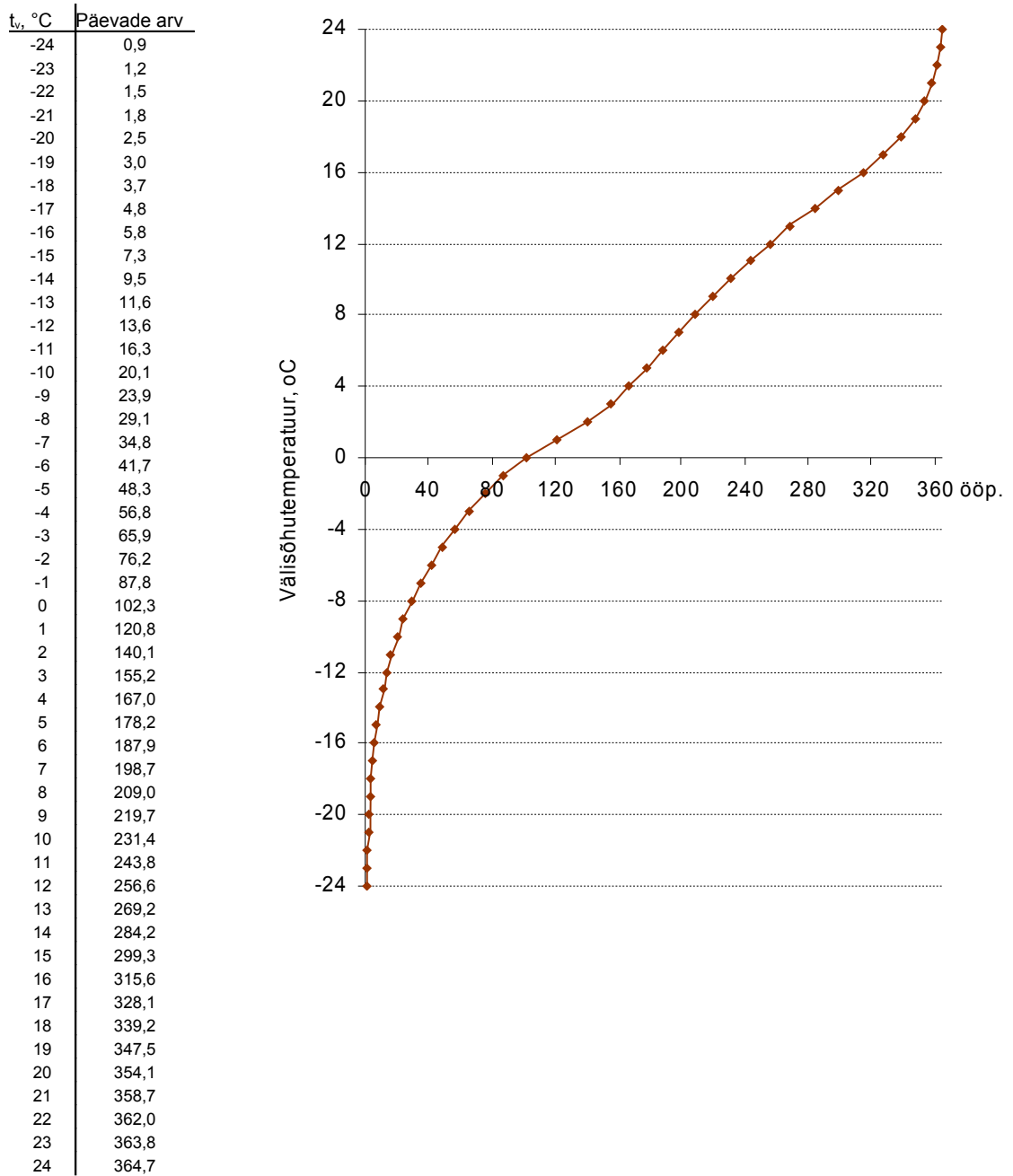


Joon.4. Tallinna keskmise aasta välisõhuhu temperatuuri kestuskõver ja antud välisõhuhu temperatuurist madalamate temperatuuride kestus (päevade arv).



Tabel 14
Tallinna toodud välisõhutemperatuurist madalamate temperatuuride kestused (päevade arv) keskmisel, külmimal ja kõige soojemal aastal (1975-2004)

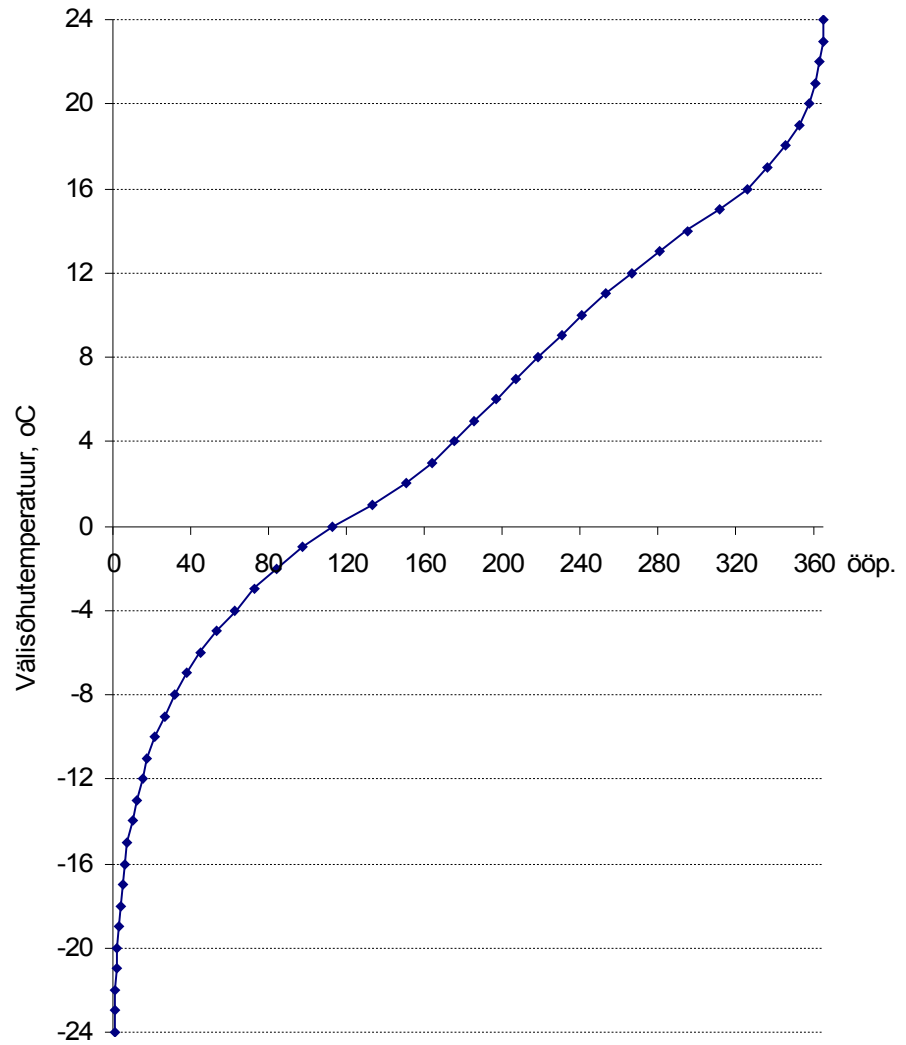
Välisõhu-temperatuur, °C	Keskmine aasta, toodud temperatuurist madalamate temperatuuride kestus, päeva	Külmim aasta, toodud temperatuurist madalamate temperatuuride kestus, päeva	Kõige soojem aasta, toodud temperatuurist madalamate temperatuuride kestus, päeva
-24	0,2	4,0	0,0
-23	0,3	5,0	0,0
-22	0,5	8,0	0,0
-21	0,7	8,0	0,0
-20	0,9	9,0	0,0
-19	1,3	11,0	0,0
-18	1,7	12,0	0,0
-17	2,2	14,0	0,0
-16	2,7	16,0	0,0
-15	3,8	18,0	0,0
-14	4,8	21,0	0,0
-13	6,1	24,0	0,0
-12	7,5	26,0	1,0
-11	10,2	30,0	2,0
-10	13,3	33,0	3,0
-9	16,9	40,0	3,0
-8	20,8	45,0	6,0
-7	25,7	51,0	9,0
-6	32,0	54,0	10,0
-5	39,9	62,0	16,0
-4	47,7	74,0	17,0
-3	57,1	80,0	20,0
-2	67,9	92,0	29,0
-1	80,2	110,0	37,0
0	95,6	119,0	53,0
1	116,4	131,0	67,0
2	136,9	149,0	97,0
3	153,7	169,0	121,0
4	167,5	180,0	143,0
5	179,0	191,0	162,0
6	189,5	197,0	173,0
7	201,5	207,0	187,0
8	213,4	217,0	200,0
9	225,0	231,0	211,0
10	236,6	244,0	218,0
11	248,5	266,0	238,0
12	262,8	283,0	254,0
13	276,9	304,0	278,0
14	291,5	328,0	290,0
15	307,7	348,0	305,0
16	323,1	352,0	321,0
17	336,5	356,0	336,0
18	346,0	363,0	346,0
19	352,3	364,0	353,0
20	357,6	365,0	361,0
21	361,4	365,0	361,0
22	363,4	365,0	364,0
23	364,4	365,0	365,0
24	364,9	365,0	365,0



Joon. 5. Tartu keskmise aasta välisõhutamperatuuri kestuskõver ja antud välisõhutamperatuurist madalamate temperatuuride kestus (päevade arv).



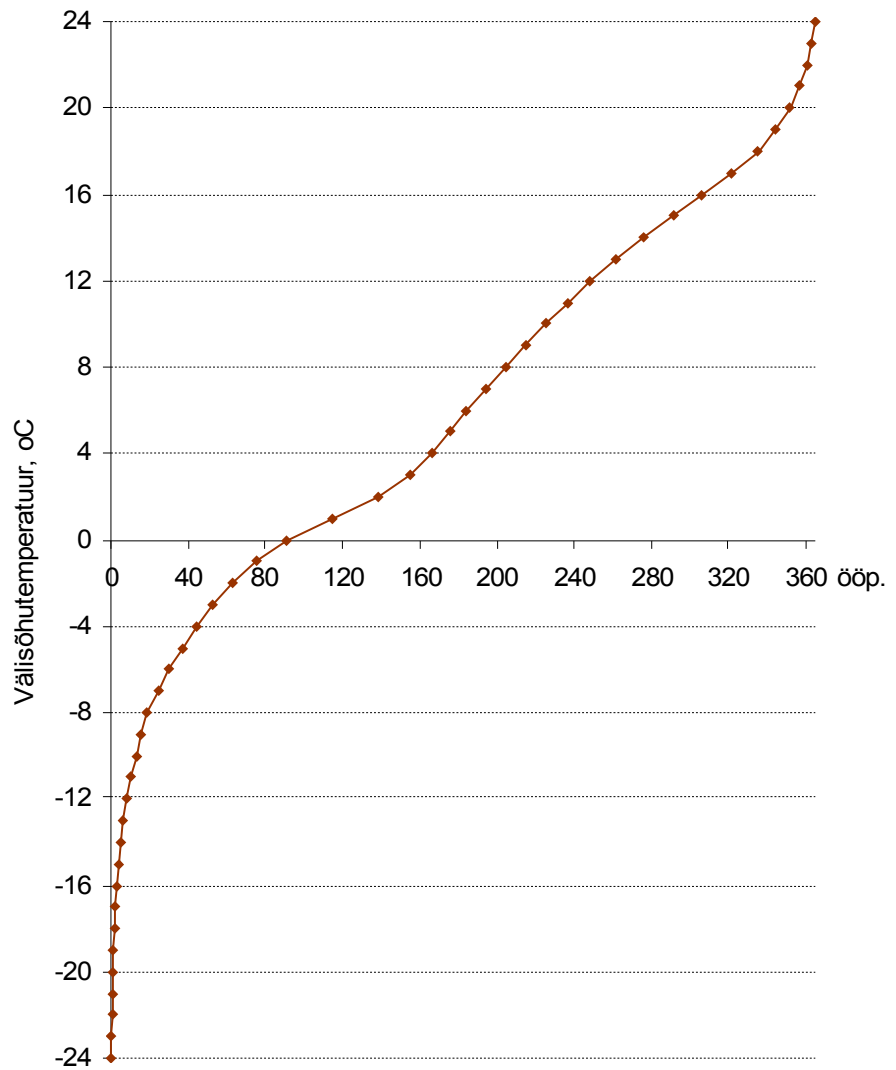
t, °C	Päevade arv
-24	0,8
-23	1,0
-22	1,3
-21	1,6
-20	2,2
-19	2,7
-18	3,7
-17	4,7
-16	6,0
-15	7,5
-14	10,0
-13	12,5
-12	15,3
-11	17,8
-10	21,2
-9	26,3
-8	31,7
-7	37,9
-6	44,7
-5	53,3
-4	62,2
-3	72,3
-2	83,6
-1	97,5
0	113,1
1	133,5
2	151,1
3	164,0
4	174,9
5	186,0
6	196,6
7	207,3
8	218,4
9	230,4
10	240,9
11	253,4
12	266,8
13	280,6
14	295,7
15	311,4
16	325,7
17	336,7
18	345,6
19	352,2
20	357,9
21	361,1
22	363,4
23	364,5
24	365,0



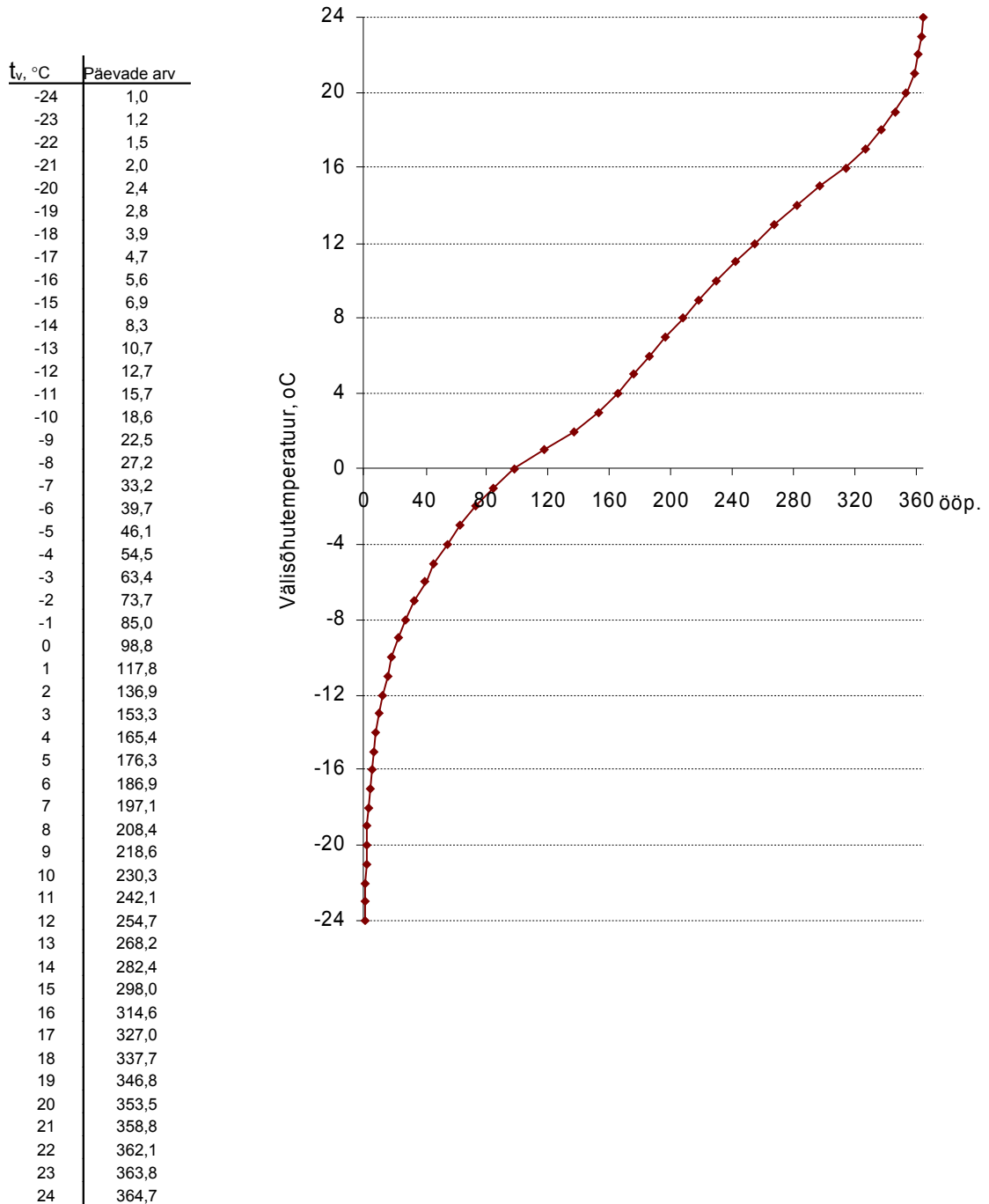
Joon. 6. Jõhvi keskmise aasta välisõhuhu temperatuuri kestuskõver ja antud välisõhuhu temperatuurist madalamate temperatuuride kestus (päevade arv).



$t_v, ^\circ\text{C}$	Päevade arv
-24	0,4
-23	0,5
-22	0,6
-21	0,8
-20	1,0
-19	1,3
-18	1,8
-17	2,4
-16	3,2
-15	4,3
-14	5,4
-13	6,5
-12	7,8
-11	10,3
-10	13,2
-9	16,0
-8	19,1
-7	24,3
-6	30,3
-5	37,0
-4	44,7
-3	53,2
-2	63,0
-1	75,2
0	90,8
1	114,8
2	138,8
3	154,8
4	166,9
5	175,9
6	184,3
7	194,2
8	204,8
9	215,1
10	225,5
11	236,8
12	248,6
13	261,2
14	276,1
15	291,3
16	306,5
17	322,1
18	334,9
19	344,3
20	351,7
21	357,1
22	360,9
23	363,3
24	364,5



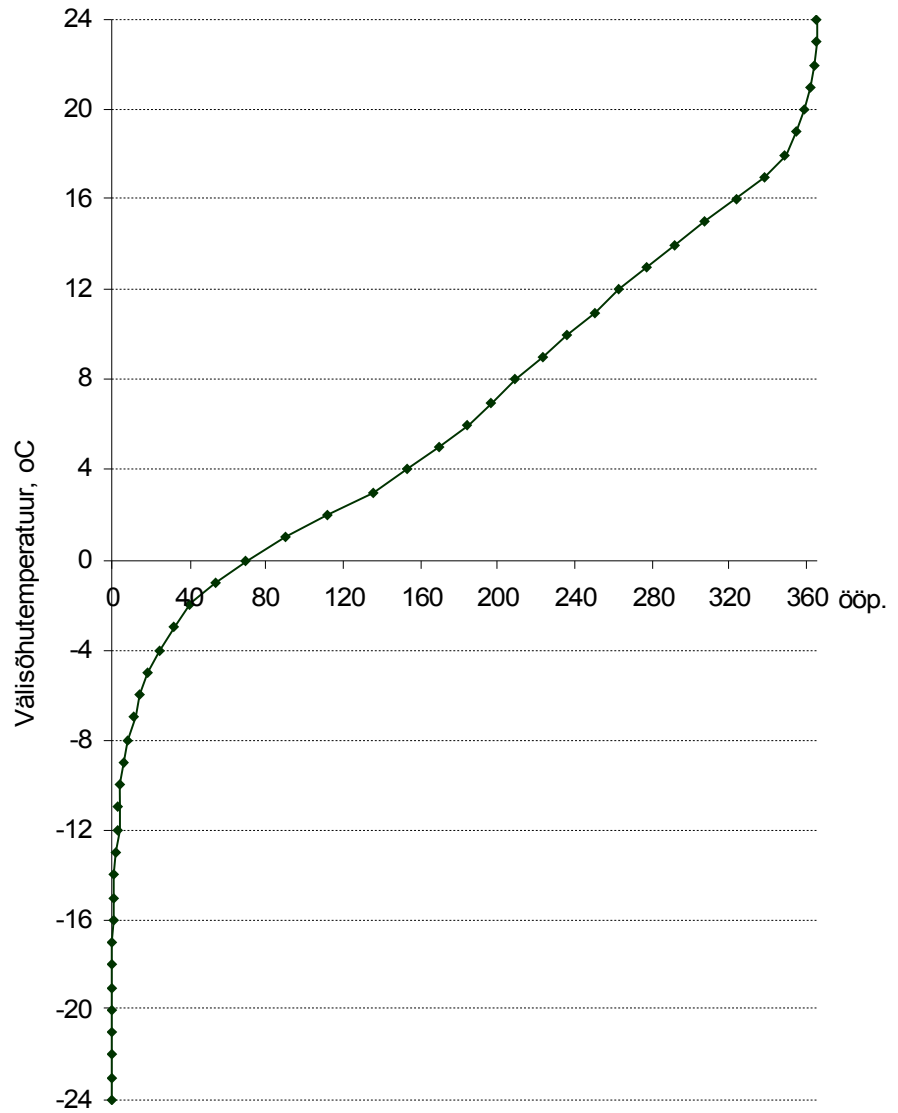
Joon. 7. Pärnu keskmise aasta välisõhuhu temperatuuri kestuskõver ja antud välisõhuhu temperatuurist madalamate temperatuuride kestus (päevade arv).



Joon. 8. Valga keskmise aasta välisõhutamperatuuri kestuskõver ja antud välisõhutamperatuurist madalamate temperatuuride kestus (päevade arv).



$t_v, ^\circ\text{C}$	Päevade arv
-24	0,0
-23	0,1
-22	0,1
-21	0,2
-20	0,3
-19	0,3
-18	0,3
-17	0,4
-16	0,5
-15	0,9
-14	1,2
-13	1,6
-12	2,6
-11	3,4
-10	4,2
-9	6,0
-8	8,0
-7	11,1
-6	14,1
-5	18,4
-4	24,9
-3	31,6
-2	40,8
-1	53,3
0	69,4
1	89,8
2	112,1
3	135,5
4	153,5
5	169,7
6	183,6
7	196,4
8	209,3
9	223,0
10	236,1
11	250,1
12	262,7
13	276,9
14	291,4
15	307,4
16	323,7
17	337,8
18	348,1
19	354,5
20	359,0
21	361,8
22	363,8
23	364,7
24	365,0



Joon. 9. Ristna keskmise aasta välisõhutamperatuuri kestuskõver ja antud välisõhutamperatuurist madalamate temperatuuride kestus (päevade arv).



3. Kraadpäevade kasutamine (Juhised)

Kraadpäevade oluliseks kasutusalaaks on erinevate aastate välisõhu temperatuuri mõju kompenseerimine.

Teiseks oluliseks kraadpäevade kasutusalaaks on ligikaudne soojusvajaduse määramine hoone kütteks. Läbiviidud analüüs näitab, et suhteliselt häid tulemusi annab aasta kraadpäevade kasutamine aastase soojusvajaduse määramisel kortermajade kütteks. Tagasihoidlikumad on tulemused ühiskondlike hoonete soojusvajaduste lihtsustatud määramisel. Teatud probleemiks on see, et saadud tulemuste kontrolliks ja täpsemaks analüüsiks neis hoonetes sageli puuduvad vajalikud lähteandmed: hoones on küll üldine soojusarvesti, kuid puuduvad mõõteandmed ventilatsiooni sissepuhke kalorifeeride soojuse kulu ja sooja tarbevee kulu kohta. Arvutuslikud suurused (näit sooja tarbevee osas) aga sageli erinevad tegelikust kulust mitmeid kordi.

3.1. Erinevate aastate välisõhu temperatuuri mõju kompenseerimine

Kraadpäevade oluliseks kasutusalaaks on erinevate aastate välisõhu temperatuuri mõju elimineerimine soojustarbimisele. Välisõhu temperatuuride kompenseerimine võimaldab soojustarbimise viia ühtsele nn normaalaasta baasile, kus erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise aasta tarbimisele, sellega on elimineeritud erinevate kliimatingimustega aastate välistemperatuuri mõju soojustarbimisele.

Et elimineerida erinevate aastate välisõhu temperatuuride mõju, viiakse reaalse aasta soojustarbimine üle võrreldavale nn normaalaasta tarbimisele, kasutades seost

$$Q_N = (Q_{\text{teg}} - C) \cdot S_N / S_{\text{teg}} + C \quad (2)$$

kus:

- Q_N - normaalaasta soojustarbimine
- Q_{teg} - tegeliku aasta soojustarbimine
- S_N - normaalaasta kraadpäevade arv (lihtsad kraadpäevad)
- S_{teg} - tegeliku aasta kraadpäevade arv
- C - kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine

Osa hoonetes tarbitud soojusest on nõrgalt seotud välisõhutemperatuuriga, seega praktiliselt sõltumatu kraadpäevade arvust. Kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimise põhiosa moodustab soojatarbevee valmistamiseks kulutatud soojus. Kraadpäevadest sõltumatu soojustarbe hulka kuuluvad ka sooja tarbevee torustiku soojuskaod, käterätikuivatitega hoonesse antud soojus, siia hulka võib lugeda ka mittekõetavates ruumides (näit kütmata pööningutel) paiknevate kütetorustike soojuskaod.

Näide.

Elamu 2001.a soojustarbimine oli 381 MWh, kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine (soojavee valmistamine, torustiku soojuskaod) kütteperioodi välisel ajal juuni – september on 21 MWh, kütteperioodil on kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine 10 MWh/kuus. Kraadpäevade arv hoone asukohas 2001.a on 3889 °C·d ja normaalaasta kütte kraadpäevade arv on 4070. Kraadpäevade arv 2002.a on 3861, soojustarbimine oli 360 MWh, kraadpäevadest sõltumatu soojustarbimine oli sama kui 2001.a. Kumba aasta normaalaasta baasile viidud kütte soojustarbimine oli väiksem?

**Lahendus.**

Kasutame nn lihtsaid kraadpäevi.

Leiame kütte soojustarbimise 2001.a.

$$Q_{01} = 381 - 21 - 8 \times 10 = 280 \text{ MWh}$$

2001.a kütte soojustarbimine normaalaastale viiduna

$$Q_{01 N} = 280 \times 4070 / 3889 = \mathbf{293 \text{ MWh}}$$

Leiame kütte soojustarbimise 2002.a.

$$Q_{02} = 360 - 21 - 8 \times 10 = 259 \text{ MWh}$$

2002.a kütte soojustarbimine normaalaastale viiduna

$$Q_{02 N} = 259 \times 4070 / 3861 = \mathbf{273 \text{ MWh}}$$

Võrreldaval tasemel oli 2002.a soojustarbimine $293 - 273 = 20 \text{ MWh}$ väiksem kui 2001.a.

3.2. Tasakaalutemperatuurid

Kraadpäevi kasutatakse laialdaselt hoone kütte soojustarbe ligikaudseks määramiseks.

Hoone siseõhu temperatuur formeerub kütte- ja vabasoojuse tulemusel. Viimase allikateks on inimesed, elektriseadmed, elektrivalgustus, päikesekiirgus. Piltlikult öeldes küttega kaetakse soojuskaod välisõhu temperatuurist kuni tasakaalutemperatuurini t_B .

Soojuskaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhu temperatuurini kaetakse vabasoojusega.

Täpsemalt, tasakaalutemperatuur oleneb hoone nn kasulikust vabasoojusest (ruumide soojuseraldused, päikesekiirgus), kuna päris 100%-liselt ei lähe vaba soojus soojuskadude katteks [8] ja selle osakaalust hoone soojusvajaduses.

Arvutuste lihtsustamiseks on otstarbekas ligikaudselt määrata olulisemate hoonete tasakaalutemperatuurid erinevat tüüpi hoonetele. Tuleb siiski märkida, et suhteliselt häid tulemusi annab taoline arvutus elamutes.

Käesolevas töös vaatame võimalikke tasakaalutemperatuure kortermajades ja koolides, väga põgusalt ka kontorihoonetes, millistele on määratud ligikaudsed tasakaalutemperatuurid vaba soojuse komponentide analüüsi ja eksploatatsioonirežiimi põhjal.

Siseõhu temperatuur formeerub küttesüsteemiga ja vaba soojusega antud soojuse toimel

$$t_s = t_v + \Delta t_k + \Delta t_{vs} \quad (3)$$

Tasakaalutemperatuur on temperatuur, milleni tõstetakse temperatuur küttesoojuse arvel

$$t_B = t_v + \Delta t_k \quad (4)$$

ehk

$$t_B = t_s - \Delta t_{vs} \quad (5)$$

kus

t_s - siseõhu temperatuur

t_v - välisõhu temperatuur

t_B - tasakaalu temperatuur

Δt_k - temperatuuri tõus küttesüsteemilt saadud soojuse arvel (siia arvestatakse ka torustiku ja käterätikuivatite poolt antud soojus)

Δt_{vs} - temperatuuri tõus vaba soojuse arvel

Temperatuuri tõusu küttesüsteemi ja vaba soojuse arvel saab leida seostest (6) ja (7)

$$\Delta t_k = \Phi_k / H \quad (6)$$

$$\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H \quad (7)$$

ja hoone erisoojuskaod

$$H = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + L \cdot c \cdot \rho \quad (8)$$

Vabasoojuskoormuse põhilised komponendid

$$\Phi_{vs} = \Phi_{in} + \Phi_{el.v} + \Phi_{sead} + \Phi_p \quad (9)$$

kus

Φ_k – keskmine küttekoormus, kW

Φ_{vs} – keskmine vabasoojuskoormus, kW

H – erisoojuskaod, W/°C

U_i – i-nda piirdetarindi U-arv, W/(m²·°C)

A_i – i-nda piirdetarindi pindala, m²

n – erinevat tüüpi välispiirdetarindite arv

L – õhuvahetus, m³/s

c – õhu erisoojus, J/(kg·°C)

ρ - õhu tihedus, kg/m³

Φ_{in} – inimeste vabasoojuskoormus, kW

$\Phi_{el.v}$ – elektrivalgustuse vabasoojuskoormus, kW

Φ_{sead} – seadmete vabasoojuskoormus, kW

Φ_p – päikese kiirgusest tingitud vabasoojuskoormus, kW



Lisaks vabasoojuse osakaalule mõjutab eriti ühiskondlikes hoonetes soojuse kulu kütteks ka sisetemperatuuri alandamine pärast tööaega ja nädalavahetustel. Saadava säästu suurus oleneb suhtelisest küttekoormusest üleskütmise perioodil (kui palju on küttekoormus suurem nominaalsest küttekoormusest antud välistemperatuuril), mis eelneb hommikusele tööaja algusele ja hoone soojuslikust ajakonstandist.

Tasakaalutemperatuuri formeerumist on analüüsitud korterelamutes, tüüpkoolides ja kontorihoonetes.

Elamud ($t_s=21^\circ\text{C}$)

Analüüsitud on tasakaalu temperatuuri formeerumist vana tüüpi renoveerimata ja renoveeritud loomuliku ventilatsiooniga vanades kortermajades ning uutes sundväljatõmbe ventilatsiooniga ja korteriagregaatidel põhineva sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniga kortermajades.

Analüüsi tulemusel on aasta kütte soojusvajaduste määramiseks saadud järgmised ligikaudsed tasakaalutemperatuurid:

-vana tüüpi renoveerimata kortermajad (loomulik ventilatsioon): **tasakaalutemperatuur $\approx 17^\circ\text{C}$;**

-vana tüüpi renoveeritud kortermajad (loomulik ventilatsioon): **tasakaalutemperatuur $\approx 13^\circ\text{C}$;**

-uued kortermajad (sund väljatõmbe ventilatsioon): **tasakaalutemperatuur $\approx 15^\circ\text{C}$;**

-uued kortermajad (sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon): **tasakaalutemperatuur $\approx 12^\circ\text{C}$.**

Üksikute kuude soojusvajaduste määramisel kütteks tuleks paremate tulemuste saamiseks kasutada muutuvaid tasakaalutemperatuure:

- **külmematel kuudel: oktoober, november, detsember, jaanuar, veebruar, märts, aprill – kõrgemat ja**

soojematel kuudel: september, mai jt madalamat tasakaalutemperatuuri:

-vana tüüpi renoveerimata kortermajad (loomulik ventilatsioon):

tasakaalutemperatuure $\approx 18/15^\circ\text{C}$;

-vana tüüpi renoveeritud kortermajad (loomulik ventilatsioon):

tasakaalutemperatuure $\approx 14/11^\circ\text{C}$;

-uued kortermajad (sund väljatõmbe ventilatsioon): **tasakaalutemperatuure $\approx 16/13^\circ\text{C}$;**

-uued kortermajad (korteriagregaatidega sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon):

tasakaalutemperatuure $\approx 13/10^\circ\text{C}$.

Koolid ($t_s=21^\circ\text{C}$)

Analüüsitud on tasakaalu temperatuuri formeerumist suurtes tüüpkoolimajades, mis on:

- renoveeritud akendega ja renoveerimata ventilatsiooniga (loomulik);

- renoveeritud piirdetarinditega ja renoveerimata ventilatsiooniga (loomulik);

- renoveeritud piirdetarinditega ja sund väljatõmbe ventilatsiooniga;

- renoveeritud piirdetarinditega ja sund sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniga.

Analüüsi tulemusel võib optimaalse kütterežiimi rakendamisel (öine ja nädalalõpu temperatuuri alandamine ning suure suhtelise küttekoormusega üleskütmine) soovitada järgmisi ligikaudseid ööpäeva keskmisi arvestuslikke tasakaalutemperatuure:

- renoveeritud akendega ja renoveerimata ventilatsiooniga tüüpkoolimajas:

tasakaalutemperatuur $\approx 15^\circ\text{C}$;



- renoveeritud piirdetarinditega ja renoveerimata ventilatsiooniga tüüpsoolimas: **tasakaalutemperatuur $\approx 13^{\circ}\text{C}$** ;
- renoveeritud piirdetarinditega ja sund väljatõmbe ventilatsiooniga tüüpsoolimas: **tasakaalutemperatuur $\approx 15^{\circ}\text{C}$** ;
- renoveeritud piirdetarinditega ja soojustagastitel baseeruva sund sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniga soolimas: **tasakaalutemperatuur $\approx 13^{\circ}\text{C}$** .

21°C madalama siseõhu temperatuuri korral tasakaalutemperatuur alaneb.

Koolide väikese täituvuse korral tasakaalutemperatuurid tõusevad ca $1...2^{\circ}\text{C}$ võrra.

Täpsemad energiatarbimise ja sisekliima tulemused saadakse modelleerimisel.

Tuleb märkida, et koolihoonetes, mille soojuslik ajakonstant on 100 h mõjutab õine ja nädalalõpu temperatuuri alandamine (kütte väljalülitamise korral) aastast soojuse säästu kütteks järgmiselt:

- üleskütmise suhteline küttekooormus $Q'_k=1,2$ - $\approx 4\%$;

- üleskütmise suhteline küttekooormus $Q'_k=1,6$ - $\approx 8\%$;

kui soojuslik ajakonstant on 60 h :

- üleskütmise suhteline küttekooormus $Q'_k=1,2$ - $\approx 7\%$;

- üleskütmise suhteline küttekooormus $Q'_k=1,6$ - $\approx 13\%$.

Büroohooned ($t_s=21^{\circ}\text{C}$)

Analüüsitud on tasakaalutemperatuuri formeerumist ka kaasaegsetes renoveeritud büroohoonetes.

Kuna büroohoonete soojuslik käitumine on küllaltki komplitseeritud, mängivad suurt rolli tegelik vabasoojus ning insenerisüsteemid ja nende automatiseerituse tase. Seetõttu saab soovitada ainult ligikaudseid arvestuslike tasakaalutemperatuuride (ööpäeva keskmistena) vahemikke olenevalt suletud netopinnast töötaja kohta:

- kuni $16 \text{ m}^2/\text{in}$: $\approx 7...11^{\circ}\text{C}$;

- 16 kuni $30 \text{ m}^2/\text{in}$: $\approx 11...13^{\circ}\text{C}$;

- üle $30 \text{ m}^2/\text{in}$: $\approx 13...15^{\circ}\text{C}$

Nii büroohoonetes kui ka teistes avalik-ühiskondlikes hoonetes on soovitatav soojusvajaduste täpsemaks määramiseks kasutada detailseid arvutusi. Tavaliselt annab hea tulemuse modelleerimine TRY baasil korrektsete lähteandmete kasutamisel.

3.3. Soojusvajaduse määramine

Kraadpäevade alusel on küllaltki lihtne määrata hoone ligikaudset soojusvajadust kütteks. Olenevalt sellest, kas on teada hoone küttekooormus või on hoonele määratud erisoojuskaod, saame soojusvajaduse kütteks arvutada kas seose (10) või (11) alusel

$$Q_k = \Phi_k \cdot S \cdot 24 \cdot 10^{-3} / \Delta t \quad \text{MWh} \quad (10)$$

$$Q_k = H \cdot S \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad \text{MWh} \quad (11)$$

kus

- Φ_k - hoone arvutuslikud soojuskaod, kW
- S – hoone tasakaalutemperatuurile vastav kraadpäevade arv
- 24 - tundide arv ööpäevas
- Δt - sise- ja välisõhu arvutuslike temperatuuride vahe, mille alusel on määratud Φ
- H – erisoojuskaod, kW/°C, määratakse seose (8) järgi.

Eelistatum on seose (11) kasutamine.

Vahel, kui on teada täpsed andmed hoone nn kasuliku vabasoojuse (soojuseraldused, päikesekiirgussoojus) kohta, on ligikaudse soojusvajaduse määramiseks kasutatud arvutuslikus olukorras määratud soojusvajaduste ja vabasoojuse vahet. Tuleb aga märkida, et nii saadud tulemused on märgatavalt suuremad kui eelpool toodud meetodikat kasutades.

Kütte soojusvajaduse tegeliku suuruse kõrvalekalle lihtsustatud meetodil määratud soojusvajadusest on leitav seosest

$$e = \frac{Q_{\text{tegelik}}}{Q^{\text{kraadpäev}}}$$

kus

Q_{tegelik} – hoone tegelik soojustarbimine

$Q^{\text{kraadpäev}}$ – kraadpäevade baasil määratud kütte soojustarbimine

Tuleb märkida, et vea e suurus oleneb tegelikust sisetemperatuurist, hoone küttekoormusest Φ (arvutuslik küttekoormus on sageli suurem tegelikust), erisoojuskadudest H ja vabasoojuse määramise täpsusest, tegelikust kütterežiimist.

3.4. Arvutusnäited ligikaudse soojusvajaduse määramiseks hoonete kütteks

Näide 1.

Hoone soojuskaod on 105 kW, need on määratud temperatuuride vahele 43°C. Kuna tegemist on vana tüüpi renoveerimata kortermajaga on tasakaalutemperatuur 17°C. Hoone asub Tallinnas. Kui suur on hoone soojusvajadus kütteks normaalaastal?

Lahendus:

Tallinna normaalaasta kraadpäevade arv tasakaalutemperatuurile 17°C – 4220 °C·d
 Vastavalt valemile (10)

$$Q = 105 \cdot 4220 \cdot 24 \cdot 10^{-3} / 43 = 247 \text{ MWh}$$

Näide 2.

Koolihoone erisoojuskaod on $4,2 \text{ kW/}^\circ\text{C}$ ja tasakaalutemperatuur on 13°C . Hoone asub Tallinnas, kus tasakaalutemperatuuril 13°C on normaalaasta kraadpäevade arv 2994. Kui suur on hoone soojusvajadus kütteks normaalaastal?

Lahendus:

Vastavalt valemile (11)

$$Q = 4,2 \cdot 2994 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = \mathbf{301,8 \text{ MWh}}$$

Näide 3.

Vana tüüpi renoveerimata kortermaja erisoojuskaod on $3 \text{ kW/}^\circ\text{C}$. Leiame normaalaasta soojusvajaduse kütteks kuude kaupa ja teeme kontrollarvutuse aasta kraadpäevade alusel. Täpsemate tulemuste saamiseks kasutame muutuvaid tasakaalutemperatuure ($18/15^\circ\text{C}$), soojusvajaduse kütteks määrame seosega

I	$Q_k = H \cdot S_k \cdot 24 \cdot 10^{-3}$	
	$^\circ\text{C} \cdot \text{d}$	MWh
Jaanuar	678	48,8
Veebruar	640	46,6
Märts	593	42,7
Aprill	419	30,2
Mai	164	11,8
Juuli-August	86	6,2
September	127	9,1
Oktoober	370	26,6
November	504	36,3
Detsember	632	45,5
Kokku		303,8 MWh

II Lihtsate kraadpäevade alusel (hoone tasakaalutemperatuur on 17°C)

$$Q_k = 3 \cdot 4220 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 303,8 \text{ MWh}$$

Nagu näha on summaarsed tulemused samad, samas I juhul on mai, septembri, novembri, detsembri ja jaanuarikuude arvutuslikud soojusvajadused tegelikele palju lähedasemad.

Näide 4.

Olgu kortermaja akende pindala 350 m^2 ja U-arv $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$, katuse pindala 600 m^2 ja U-arv $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$, välisseinte pindala 1300 m^2 ja U-arv $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$, pinnasel oleva põranda pindala 580 m^2 ja keskmine U-arv $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$. Hoones on sundväljatõmbe ventilatsioon, õhuvahetus on $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (sealhulgas infiltratsioon), hoone tasakaalutemperatuur on 15°C ja asukoht Pärnu. Normaalaasta kraadpäevade arv tasakaalutemperatuuril 15°C on 4070. Kui suur on hoone soojusvajadus kütteks normaalaastal?

Lahendus:

Määrame hoone erisoojuskaod valemi (8) alusel

$$H = 350 \cdot 1,7 + 600 \cdot 0,25 + 1300 \cdot 0,35 + 580 \cdot 0,2 + 4 \cdot 1,2 \cdot 1005 = 6140 \text{ W/}^\circ\text{C} = 6,14 \text{ kW/}^\circ\text{C}$$

Hoone kütte soojusvajadus, valem (11) järgi

$$Q = 6,14 \cdot 4070 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 600 \text{ MWh}$$

Näide 5.

Tallinnas asuva vana tüüpi koolimaja erisoojuskaod on 7,7 kW/°C (aknad vahetatud, ventilatsioon loomulik), seega ettenähtud siseõhu temperatuuri korral on tasakaalutemperatuur 15°C. Leia hoone soojusvajadus kütteks kraadpäevade järgi ja võrdle tulemust tegeliku soojuskuluga kütteks, kui 2004.a $Q_{\text{tegelik}} = 638 \text{ MWh}$.

Lahendus:

Lisa Tabelist 6 leiame Tallinna 2004.a kraadpäevad tasakaalutemperatuurile 15°C, saame 3410 °C·d. Leiame soojuse vajaduse kütteks

$$Q^{\text{kraadpäevad}} = 7,7 \cdot 3410 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 630 \text{ MWh}$$

Määrame kõrvalekalde tegelikust soojustarbimisest kütteks

$$e = 638/630 = 1,0127$$

Nagu näeme on kõrvalekalle ainult 1,27% , mis näitab, et tasakaalutemperatuur 15°C on antud hoonele antud tingimustel lähedane tegelikule. Arvutustäpsust antud hoonele võib lugeda väga heaks.

4. Jooksvate aastate kraadpäevade arvutamine

Jooksva aasta või kuu kraadpäevade arvutuse aluseks on valem (1). Kraadpäevad tuleksid määrata ööpäeva keskmiste välisõhu temperatuuride alusel tasakaalutemperatuuridele 1 kuni 21°C kuude kaupa (vt Lisa Tabelid 2 kuni 30).

5. Eesti iseloomulike regioonide TRY (Test Reference Year) failist

Avalik-ühiskondlike hoonete soojus- ja energiavajaduste modelleerimine annab korrektsete lähteandmete korral oluliselt täpsemad tulemused kui arvutused kraadpäevade alusel, lisaks võimaldab ka külmavajaduste määramist. Modelleerimisega on võimalik lahendada sisekliimaga, piirdetarinditega ja insenerisüsteemidega seonduvaid küsimusi.

Taolise modelleerimise aluseks on nn kunstlik võrdlusaasta, TRY fail, mis koosneb välisõhu parameetrite: temperatuuri, niiskussisalduse, tuule kiiruse (suuna), päikese kiirguse (ka difuusse), pilvisuse iga tunni andmetest aasta vältel [7]. Arvestades Eesti väiksust ja tasast reljeefi oleks otstarbekas koostada üks Eesti TRY fail [10].

Selle faili koostamise osas on TTÜ kütte ja ventilatsiooni õppetoolil ka mõningad kogemused [7].

Taolise faili koostamise kulud võivad küündida paarisaja tuhande kroonini.



6. Kokkuvõte

Esitatud on kraadpäevade arvutamise algoritm ja antud soovitused nende määramiseks. Töös on määratud 6 geograafilise punkti nn normaalaasta kraadpäevad ja kraadpäevad erinevatele tasakaalu temperatuuridele kuude kaupa ning viimase 5 aasta tegelikud kraadpäevad.

Esitatud on erinevatele hoonetüüpidele iseloomulikke tasakaalutemperatuure. Toodud näidetest on näha, et kraadpäevad on lihtsaks ja sobivaks tööriistaks erinevate aastate soojuskulu üleviimiseks võrreldavale alusele, normaalaasta baasile. Kraadpäevi saab kasutada ligikaudseteks energiakulu arvutusteks.

..

Kirjandus

1. Kõiv, T.-A., Kusnetsov, K. Thermal performance of typical residential buildings. Eesti TA toimetised. Tehnikateadused, 2003, 9, 1, 59-66.
2. Eesti kliimateatmik ehitajatele. ET-2 0102-0329, 2000.
3. <http://www.emhi.ee>
4. Eesti Majandusministeerium "Soojusvarustuse kulude arvestamise ja jaotamise metoodikast", Tallinn, 1997.
5. Eesti kraadpäevad ja nende kasutusjuhend, I etapp. TTÜ, 2003.
6. Handbook of heat transfer applications. McGraw-Hill Book Company. New-York, 1985.
7. Kusnetsov, K., Kõiv, T.-A. Simulation and analysys of thermal performance of an apartment buildings. Eesti TA toimetised. Tehnikateadused, 2005, 11, 3, 198-206.
8. European standard prEN 832:1998. Thermal performance of buildings – calculation of energy use for heating – Residential buildings. Brussels, 1998.
9. Skaugen, T.E., Tveito, O.E. Changes in the heating season and degree-days due to climate changes. In Proc. XXII Nordic Hydrological Conference. Røros, Norway, 2002, 2, 631-639.
10. Test Reference Years TRY. Directorate General XII for Sience, Research and Development, Brussels and Luxemburg, 1985.
11. D5-taustaraportti. Rakenusten energiakulutuksen laskentaohje. 2005.
12. ISO/DIS 15927-6 Hygrothermal performance of buildings- calculation and presentation of climatic data – Part 6 Accumulated temperature differences (degree days).

**Lisad**

Tabel 1

Tallinna kraadpäevad tasakaalutemperatuuril, 17°C

Periood	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1975-1984	670	656	597	411	208	104	50	64	185	343	458	613	4359
1985-1994	641	607	541	388	221	100	35	70	201	341	492	586	4223
1995-2004	630	573	549	369	235	86	28	41	163	334	472	602	4082

Tabel 2

Tallinna **2000** aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	97	66	50	2	0	0	0	0	0	0	8	63	285
2	118	88	73	5	0	0	0	0	0	1	14	78	376
3	145	114	100	11	0	0	0	0	0	2	23	94	488
4	175	141	130	19	1	0	0	0	0	3	34	110	613
5	206	170	160	28	3	0	0	0	0	6	48	126	748
6	237	199	191	40	6	0	0	0	0	12	66	147	899
7	268	228	222	54	11	0	0	0	0	18	89	173	1062
8	299	257	253	71	17	0	0	0	5	28	116	203	1248
9	330	286	284	90	27	0	0	0	13	41	144	234	1448
10	361	315	315	111	39	2	0	0	28	57	173	265	1665
11	392	344	346	134	53	8	0	0	47	77	203	296	1899
12	423	373	377	157	70	18	1	0	68	101	233	327	2147
13	454	402	408	183	92	31	2	0	91	128	263	358	2412
14	485	431	439	210	119	46	3	4	119	158	293	389	2696
15	516	460	470	237	147	62	9	11	149	189	323	420	2992
16	547	489	501	265	175	82	22	25	179	220	353	451	3308
17	578	518	532	293	203	106	39	52	209	251	383	482	3646
18	609	547	563	322	231	132	62	83	239	282	413	513	3995
19	640	576	594	352	260	159	90	114	269	313	443	544	4353
20	671	605	625	382	290	188	120	145	299	344	473	575	4716
21	702	634	656	412	321	218	151	176	329	375	503	606	5081



Tabel 3

Tallinna **2001** aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	64	163	109	3	0	0	0	0	0	0	38	229	606
2	90	186	135	7	0	0	0	0	0	0	56	259	733
3	120	212	162	13	0	0	0	0	0	1	78	290	876
4	151	240	191	22	0	0	0	0	0	4	101	321	1029
5	182	268	222	34	0	0	0	0	0	8	125	352	1191
6	213	296	253	50	0	0	0	0	0	14	151	383	1360
7	244	324	284	68	2	0	0	0	3	23	178	414	1538
8	275	352	315	87	7	0	0	0	6	34	207	445	1729
9	306	380	346	109	18	0	0	0	12	46	237	476	1930
10	337	408	377	134	35	2	0	0	18	60	267	507	2145
11	368	436	408	159	57	8	0	0	26	76	297	538	2374
12	399	464	439	186	81	17	0	0	35	101	327	569	2617
13	430	492	470	214	108	28	0	0	47	129	357	600	2875
14	461	520	501	244	137	44	0	1	64	160	387	631	3149
15	492	548	532	274	167	63	0	7	87	191	417	662	3439
16	523	576	563	304	198	85	0	18	113	222	447	693	3741
17	554	604	594	334	229	108	0	37	141	253	477	724	4055
18	585	632	625	364	260	134	5	61	170	284	507	755	4381
19	616	660	656	394	291	163	11	89	200	315	537	786	4717
20	647	688	687	424	322	193	21	118	230	346	567	817	5058
21	678	716	718	454	353	223	38	148	260	377	597	848	5408



Tabel 4

Tallinna 2002 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	93	45	33	2	0	0	0	0	0	22	71	246	512
2	118	62	50	8	0	0	0	0	0	34	95	276	643
3	148	83	71	18	0	0	0	0	0	55	121	307	802
4	179	106	95	32	0	0	0	0	0	78	150	338	978
5	210	133	122	48	0	0	0	0	1	104	180	369	1167
6	241	160	151	65	0	0	0	0	3	132	210	400	1363
7	272	188	181	83	1	0	0	0	9	160	240	431	1565
8	303	216	211	101	4	0	0	0	17	190	270	462	1773
9	334	244	241	121	7	0	0	0	26	220	300	493	1986
10	365	272	272	144	13	0	0	0	36	251	330	524	2207
11	396	300	303	170	22	0	0	0	49	282	360	555	2437
12	427	328	334	198	36	0	0	0	63	313	390	586	2675
13	458	356	365	227	53	0	0	0	81	344	420	617	2921
14	489	384	396	256	75	3	1	0	99	375	450	648	3176
15	520	412	427	286	101	12	2	0	118	406	480	679	3443
16	551	440	458	316	127	28	3	2	138	437	510	710	3721
17	582	468	489	346	155	50	6	7	162	468	540	741	4014
18	613	496	520	376	184	76	15	17	189	499	570	772	4328
19	644	524	551	406	215	103	30	34	219	530	600	803	4659
20	675	552	582	436	246	132	51	55	249	561	630	834	5003
21	706	580	613	466	277	162	75	81	279	592	660	865	5356



Tabel 5

Tallinna 2003 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	256	180	83	30	0	0	0	0	0	22	10	43	624
2	283	208	101	43	0	0	0	0	0	34	17	59	745
3	313	236	123	58	0	0	0	0	0	55	28	79	892
4	344	264	150	76	0	0	0	0	0	78	43	106	1060
5	375	292	179	97	2	0	0	0	0	104	64	136	1249
6	406	320	209	122	6	0	0	0	0	132	87	167	1448
7	437	348	240	149	11	0	0	0	0	160	114	198	1657
8	468	376	271	177	21	0	0	0	0	190	142	229	1873
9	499	404	302	206	32	0	0	0	3	220	172	260	2098
10	530	432	333	236	45	0	0	0	10	251	202	291	2329
11	561	460	364	266	61	5	0	0	20	282	232	322	2571
12	592	488	395	296	81	13	0	1	30	313	262	353	2823
13	623	516	426	326	105	27	0	5	44	344	292	384	3091
14	654	544	457	356	130	45	0	11	65	375	322	415	3374
15	685	572	488	386	157	67	0	18	91	406	352	446	3667
16	716	600	519	416	186	93	3	29	120	437	382	477	3978
17	747	628	550	446	215	122	9	48	150	468	412	508	4303
18	778	656	581	476	245	152	18	72	180	499	442	539	4637
19	809	684	612	506	275	182	29	97	210	530	472	570	4974
20	840	712	643	536	305	212	42	123	240	561	502	601	5316
21	871	740	652	566	335	242	60	151	270	592	532	632	5643



Tabel 6

Tallinna 2004 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	228	134	56	8	0	0	0	0	0	0	57	34	518
2	259	161	78	11	0	0	0	0	0	0	72	51	632
3	290	190	103	15	0	0	0	0	0	1	87	72	759
4	321	219	132	23	0	0	0	0	0	7	104	98	905
5	352	248	163	36	3	0	0	0	0	17	123	129	1070
6	383	277	194	55	6	0	0	0	0	29	146	160	1250
7	414	306	225	75	12	0	0	0	0	45	173	191	1441
8	445	335	256	98	20	0	0	0	0	66	202	222	1644
9	476	364	287	123	34	0	0	0	1	88	232	253	1859
10	507	393	318	149	52	0	0	0	3	115	262	284	2084
11	538	422	349	176	73	2	0	0	8	143	292	315	2319
12	569	451	380	204	96	10	0	0	19	171	322	346	2568
13	600	480	411	233	119	24	0	2	33	201	352	377	2834
14	631	509	442	263	143	44	1	7	51	231	382	408	3113
15	662	538	473	293	169	69	6	14	73	262	412	439	3410
16	693	567	504	323	196	96	16	22	100	293	442	470	3723
17	724	596	535	353	223	126	35	37	129	324	472	501	4055
18	755	625	566	383	250	156	60	53	159	355	502	532	4397
19	786	654	597	413	278	186	86	75	189	386	532	563	4747
20	817	683	628	443	307	216	116	98	219	417	562	594	5101
21	848	712	659	473	337	246	146	123	249	448	592	625	5460



Tabel 7

Tartu **2000** aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	131	70	52	0	0	0	0	0	0	0	13	85	351
2	156	91	75	1	0	0	0	0	0	0	20	101	443
3	185	114	102	4	0	0	0	0	0	1	29	117	553
4	216	141	132	12	1	0	0	0	0	3	41	134	679
5	247	169	163	20	4	0	0	0	0	6	58	155	822
6	278	198	194	30	9	0	0	0	1	12	79	178	978
7	309	227	225	41	14	0	0	0	4	20	104	207	1150
8	340	256	256	54	19	0	0	0	14	30	131	238	1337
9	371	285	287	68	25	0	0	0	28	45	159	269	1537
10	402	314	318	84	35	0	0	0	45	62	187	300	1747
11	433	343	349	102	47	3	0	0	64	84	217	331	1973
12	464	372	380	121	61	11	0	0	85	108	247	362	2212
13	495	401	411	141	80	22	2	1	109	135	277	393	2467
14	526	430	442	162	101	35	5	5	134	164	307	424	2735
15	557	459	473	186	125	50	13	13	163	195	337	455	3026
16	588	488	504	212	151	70	22	26	193	226	367	486	3333
17	619	517	535	239	178	92	36	48	223	257	397	516,9	3658
18	650	546	566	266	207	117	57	77	253	288	427	548	4002
19	681	575	597	293	238	143	85	108	283	319	457	579	4357
20	712	604	628	322	269	169	115	139	313	350	487	610	4717
21	743	633	659	352	300	196	146	170	343	381	517	641	5080



Tabel 8

Tartu 2001 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	86	185	117	3	0	0	0	0	0	3	65	292	751
2	115	207	142	6	0	0	0	0	0	8	86	323	887
3	146	233	168	10	0	0	0	0	0	13	108	354	1031
4	177	260	195	14	0	0	0	0	0	20	133	385	1183
5	208	288	224	20	0	0	0	0	1	27	159	416	1342
6	239	316	255	31	1	0	0	0	4	34	187	447	1514
7	270	344	286	45	4	0	0	0	8	43	216	478	1695
8	301	372	317	60	12	0	0	0	12	54	246	509	1883
9	332	400	348	78	23	1	0	0	17	69	276	540	2083
10	363	428	379	98	34	2	0	0	24	86	306	571	2291
11	394	456	410	121	48	6	0	0	31	106	336	602	2509
12	425	484	441	146	67	12	0	1	42	131	366	633	2747
13	456	512	472	171	90	21	0	3	54	160	396	664	2998
14	487	540	503	198	113	32	0	5	74	191	426	695	3263
15	518	568	534	225	138	46	0	11	98	222	456	726	3542
16	549	596	565	253	166	65	0	21	126	253	486	757	3836
17	580	624	596	281	195	87	1	37	156	284	516	787,7	4145
18	611	652	627	310	224	111	3	59	186	315	546	819	4463
19	642	680	658	340	255	137	7	82	216	346	576	850	4788
20	673	708	689	370	286	166	13	109	246	377	606	881	5123
21	704	736	720	400	317	196	24	139	276	408	636	912	5468



Tabel 9

Tartu 2002 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	122	58	31	5	0	0	0	0	0	29	75	318	638
2	149	74	47	9	0	0	0	0	0	46	98	349	772
3	179	93	65	16	0	0	0	0	0	68	123	380	924
4	210	116	87	24	0	0	0	0	0	94	150	411	1092
5	241	141	112	35	0	0	0	0	2	120	179	442	1273
6	272	169	141	47	0	0	0	0	6	147	209	473	1464
7	303	197	171	61	2	0	0	0	12	177	239	504	1666
8	334	225	201	76	4	0	0	0	21	207	269	535	1871
9	365	253	231	94	7	0	0	0	31	237	299	566	2082
10	396	281	261	115	10	0	0	0	43	268	329	597	2299
11	427	309	292	138	14	0	0	0	58	299	359	628	2524
12	458	337	323	166	23	0	0	0	74	330	389	659	2758
13	489	365	354	195	34	0	0	0	92	361	419	690	2999
14	520	393	385	224	49	2	1	0	111	392	449	721	3246
15	551	421	416	254	66	9	2	0	131	423	479	752	3503
16	582	449	447	284	88	23	5	5	151	454	509	783	3779
17	613	477	478	314	111	41	9	12	174	485	539	814,4	4067
18	644	505	509	344	138	64	15	23	200	516	569	845	4372
19	675	533	540	374	167	91	24	38	228	547	599	876	4692
20	706	561	571	404	197	120	39	58	257	578	629	907	5027
21	737	589	602	434	227	149	58	80	287	609	659	938	5370



Tabel 10

Tartu 2003 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	263	195	82	23	0	0	0	0	0	25	16	49	654
2	291	223	100	35	0	0	0	0	0	36	30	72	787
3	320	251	122	49	0	0	0	0	0	48	46	100	935
4	351	279	148	64	0	0	0	0	0	63	64	130	1098
5	382	307	176	82	0	0	0	0	0	79	87	161	1273
6	413	335	204	101	0	0	0	0	0	95	113	192	1454
7	444	363	234	125	0	0	0	0	0	115	141	223	1645
8	475	391	265	149	3	0	0	0	2	136	171	254	1846
9	506	419	296	174	9	0	0	0	5	162	201	285	2056
10	537	447	327	199	18	2	0	0	10	189	231	316	2276
11	568	475	358	225	28	5	0	2	18	219	261	347	2505
12	599	503	389	254	41	11	0	4	32	250	291	378	2750
13	630	531	420	283	58	24	0	8	49	281	321	409	3013
14	661	559	451	313	79	41	0	16	72	312	351	440	3294
15	692	587	482	343	104	60	2	24	97	343	381	471	3586
16	723	615	513	373	131	83	5	40	125	374	411	502	3894
17	754	643	544	403	158	109	10	63	154	405	441	532,5	4217
18	785	671	575	433	188	138	18	87	184	436	471	564	4549
19	816	699	606	463	218	168	29	114	214	467	501	595	4889
20	847	727	637	493	248	198	43	142	244	498	531	626	5233
21	878	755	668	523	278	228	59	171	274	529	561	657	5580



Tabel 11

Tartu **2004** aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	266	152	55	7	0	0	0	0	0	1	94	48	621
2	297	180	74	10	0	0	0	0	0	3	110	69	743
3	328	208	98	14	0	0	0	0	0	5	129	94	876
4	359	237	125	19	1	0	0	0	0	13	149	123	1025
5	390	266	155	29	3	0	0	0	0	24	171	154	1191
6	421	295	186	42	6	0	0	0	0	38	197	185	1370
7	452	324	217	59	11	0	0	0	0	56	226	216	1561
8	483	353	248	79	18	0	0	0	1	78	255	247	1762
9	514	382	279	104	30	0	0	0	2	101	285	278	1975
10	545	411	310	129	45	0	0	0	6	127	315	309	2197
11	576	440	341	154	64	1	0	0	13	155	345	340	2429
12	607	469	372	180	86	4	0	1	26	184	375	371	2675
13	638	498	403	209	109	15	1	3	42	214	405	402	2938
14	669	527	434	238	133	29	2	7	61	244	435	433	3213
15	700	556	465	268	157	49	4	13	83	275	465	464	3500
16	731	585	496	298	182	73	13	21	111	306	495	495	3806
17	762	614	527	328	208	98	29	33	141	337	525	526	4128
18	793	643	558	358	235	127	48	50	171	368	555	557	4463
19	824	672	589	388	264	157	72	68	201	399	585	588	4807
20	855	701	620	418	294	187	100	89	231	430	615	619	5158
21	886	730	651	448	325	217	129	113	261	461	645	650	5516



Tabel 12

Jõhvi **2000** aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	143	104	81	2	0	0	0	0	0	1	22	93	445
2	170	128	108	5	0	0	0	0	0	2	32	109	553
3	199	155	138	13	0	0	0	0	0	4	43	125	677
4	230	183	169	22	3	0	0	0	0	8	58	143	816
5	261	212	200	32	8	0	0	0	0	14	78	165	969
6	292	241	231	44	13	0	0	0	2	21	101	191	1135
7	323	270	262	57	19	0	0	0	8	31	126	222	1317
8	354	299	293	73	27	0	0	0	18	43	154	253	1513
9	385	328	324	93	38	0	0	0	30	59	183	284	1723
10	416	357	355	115	52	2	0	0	48	79	212	315	1949
11	447	386	386	137	68	9	0	0	68	104	242	346	2192
12	478	415	417	159	88	20	0	1	90	131	272	377	2447
13	509	444	448	185	111	31	1	3	114	160	302	408	2716
14	540	473	479	211	136	44	5	9	142	190	332	439	3001
15	571	502	510	238	163	61	13	22	172	221	362	470	3306
16	602	531	541	266	192	83	24	47	202	252	392	501	3632
17	633	560	572	294	222	107	40	76	232	283	422	532	3973
18	664	589	603	323	253	132	62	107	262	314	452	563	4323
19	695	618	634	353	284	160	90	138	292	345	482	594	4684
20	726	647	665	383	315	189	120	169	322	376	512	625	5048
21	757	676	696	413	346	219	151	200	352	407	542	656	5414



Tabel 13

Jõhvi 2001 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	102	210	162	4	0	0	0	0	0	2	77	289	846
2	132	236	189	8	0	0	0	0	0	4	99	320	987
3	163	264	218	12	0	0	0	0	0	8	122	351	1139
4	194	292	249	20	0	0	0	0	0	13	148	382	1298
5	225	320	280	33	0	0	0	0	1	21	175	413	1468
6	256	348	311	49	3	0	0	0	4	31	203	444	1649
7	287	376	342	67	9	0	0	0	8	42	233	475	1838
8	318	404	373	86	19	0	0	0	12	55	263	506	2036
9	349	432	404	107	34	2	0	0	18	72	293	537	2248
10	380	460	435	130	52	4	0	0	25	92	323	568	2470
11	411	488	466	154	74	10	0	1	34	117	353	599	2707
12	442	516	497	179	99	18	0	3	44	145	383	630	2956
13	473	544	528	204	124	28	0	6	60	175	413	661	3216
14	504	572	559	231	150	45	0	13	81	206	443	692	3495
15	535	600	590	259	179	64	0	23	107	237	473	723	3789
16	566	628	621	288	210	85	1	38	134	268	503	754	4096
17	597	656	652	318	241	110	3	60	163	299	533	785	4417
18	628	684	683	348	272	137	6	85	193	330	563	816	4744
19	659	712	714	378	303	167	13	113	223	361	593	847	5082
20	690	740	745	408	334	197	25	143	253	392	623	878	5427
21	721	768	776	438	365	227	43	173	283	423	653	909	5778



Tabel 14

Jõhvi 2002 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	137	71	50	7	0	0	0	0	0	40	101	320	727
2	165	91	69	15	0	0	0	0	0	59	127	351	877
3	195	112	91	24	0	0	0	0	0	84	156	382	1045
4	226	138	116	35	0	0	0	0	0	111	185	413	1226
5	257	166	142	48	1	0	0	0	3	138	215	444	1414
6	288	194	171	63	2	0	0	0	7	167	245	475	1612
7	319	222	201	80	5	0	0	0	15	196	275	506	1818
8	350	250	232	98	9	0	0	0	25	225	305	537	2032
9	381	278	263	119	14	0	0	0	37	256	335	568	2252
10	412	306	294	143	22	0	0	0	49	287	365	599	2478
11	443	334	325	169	32	0	0	0	66	318	395	630	2712
12	474	362	356	197	46	0	0	0	83	349	425	661	2954
13	505	390	387	226	65	1	0	0	102	380	455	692	3204
14	536	418	418	255	87	7	1	1	121	411	485	723	3463
15	567	446	449	285	113	19	2	4	141	442	515	754	3738
16	598	474	480	315	141	37	4	12	164	473	545	785	4028
17	629	502	511	345	170	59	9	22	189	504	575	816	4331
18	660	530	542	375	200	83	17	36	217	535	605	847	4648
19	691	558	573	405	231	112	32	54	247	566	635	878	4983
20	722	586	604	435	262	141	52	77	277	597	665	909	5327
21	753	614	635	465	293	170	75	103	307	628	695	940	5679



Tabel 15

Jõhvi 2003 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	325	207	119	37	0	0	0	0	0	27	18	66	799
2	353	235	140	50	0	0	0	0	0	37	33	90	938
3	384	263	166	65	0	0	0	0	0	49	49	119	1095
4	415	291	195	81	0	0	0	0	0	61	70	150	1264
5	446	319	225	102	1	0	0	0	0	75	95	181	1444
6	477	347	256	127	3	0	0	0	0	90	122	212	1634
7	508	375	287	152	7	1	0	0	0	109	151	243	1832
8	539	403	318	179	13	3	0	0	1	132	181	274	2043
9	570	431	349	206	21	5	0	0	6	160	211	305	2264
10	601	459	380	235	34	8	0	0	15	190	241	336	2497
11	632	487	411	265	50	13	0	0	26	221	271	367	2742
12	663	515	442	295	68	23	0	2	42	252	301	398	3000
13	694	543	473	325	92	38	0	8	61	283	331	429	3276
14	725	571	504	355	118	59	1	15	86	314	361	460	3568
15	756	599	535	385	145	81	2	25	113	345	391	491	3868
16	787	627	566	415	173	107	7	45	142	376	421	522	4186
17	818	655	597	445	202	136	14	69	172	407	451	553	4519
18	849	683	628	475	232	166	24	96	202	438	481	584	4857
19	880	711	659	505	262	196	36	123	232	469	511	615	5198
20	911	739	690	535	293	226	51	151	262	500	541	646	5544
21	942	767	721	565	324	256	70	180	292	531	571	677	5895



Tabel 16

Jõhvi 2004 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	276	179	79	11	0	0	0	0	0	0	84	66	696
2	307	207	102	16	0	0	0	0	0	3	100	89	824
3	338	236	130	22	0	0	0	0	0	7	117	119	969
4	369	265	160	31	2	0	0	0	0	16	136	150	1129
5	400	294	191	44	5	0	0	0	0	28	160	181	1301
6	431	323	222	62	8	0	0	0	0	43	187	212	1488
7	462	352	253	81	14	0	0	0	0	60	217	243	1682
8	493	381	284	105	25	0	0	0	0	83	247	274	1891
9	524	410	315	130	39	0	0	0	2	108	277	305	2109
10	555	439	346	156	57	1	0	0	7	137	307	336	2339
11	586	468	377	183	78	4	0	0	15	166	337	367	2581
12	617	497	408	212	101	13	0	2	30	196	367	398	2838
13	648	526	439	241	124	28	0	5	48	226	397	429	3110
14	679	555	470	271	148	48	1	12	71	257	427	460	3397
15	710	584	501	301	173	73	6	20	97	288	457	491	3699
16	741	613	532	331	198	100	18	33	125	319	487	522	4017
17	772	642	563	361	225	129	36	50	154	350	517	553	4352
18	803	671	594	391	252	159	58	69	184	381	547	584	4692
19	834	700	625	421	279	189	86	90	214	412	577	615	5041
20	865	729	656	451	307	219	116	115	244	443	607	646	5396
21	896	758	687	481	338	249	146	142	274	474	637	677	5757



Tabel 17

Pärnu 2000 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	99	54	36	0	0	0	0	0	0	0	4	60	253
2	123	78	58	0	0	0	0	0	0	0	8	75	343
3	154	106	88	3	0	0	0	0	0	0	14	91	456
4	185	135	119	9	0	0	0	0	0	1	23	107	579
5	216	164	150	17	0	0	0	0	0	4	35	125	709
6	247	193	181	27	2	0	0	0	0	8	50	148	855
7	278	222	212	39	5	0	0	0	1	14	69	177	1016
8	309	251	243	53	10	0	0	0	3	21	94	208	1191
9	340	280	274	69	16	0	0	0	11	32	122	239	1382
10	371	309	305	86	24	0	0	0	23	47	150	270	1585
11	402	338	336	104	34	0	0	0	38	66	180	301	1800
12	433	367	367	124	48	4	0	0	60	87	210	332	2031
13	464	396	398	146	66	12	1	0	82	113	240	363	2279
14	495	425	429	170	88	24	3	2	106	141	270	394	2546
15	526	454	460	195	113	40	6	4	133	172	300	425	2828
16	557	483	491	220	141	59	13	12	162	203	330	456	3126
17	588	512	522	248	169	81	25	25	192	234	360	487	3443
18	619	541	553	278	198	105	43	48	222	265	390	518	3779
19	650	570	584	308	228	131	67	77	252	296	420	549	4131
20	681	599	615	338	259	158	96	108	282	327	450	580	4492
21	712	628	646	368	290	187	126	139	312	358	480	611	4855



Tabel 18

Pärnu **2001** aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	57	155	94	3	0	0	0	0	0	0	35	217	560
2	84	179	121	7	0	0	0	0	0	2	51	247	691
3	115	206	150	14	0	0	0	0	0	4	74	278	840
4	146	234	181	23	0	0	0	0	0	6	97	309	996
5	177	262	212	36	0	0	0	0	0	10	122	340	1159
6	208	290	243	51	0	0	0	0	0	15	148	371	1326
7	239	318	274	70	0	0	0	0	2	23	175	402	1503
8	270	346	305	90	1	0	0	0	5	32	203	433	1685
9	301	374	336	110	6	0	0	0	9	42	233	464	1876
10	332	402	367	132	16	1	0	0	14	56	263	495	2078
11	363	430	398	158	31	3	0	0	21	71	293	526	2294
12	394	458	429	184	50	8	0	0	29	91	323	557	2523
13	425	486	460	211	72	17	0	0	38	117	353	588	2767
14	456	514	491	239	97	28	0	1	53	148	383	619	3029
15	487	542	522	267	125	42	0	3	73	179	413	650	3303
16	518	570	553	297	155	58	0	9	97	210	443	681	3590
17	549	598	584	327	186	78	0	16	125	241	473	712	3889
18	580	626	615	357	217	100	0	34	155	272	503	743	4199
19	611	654	646	387	248	125	2	56	185	303	533	774	4522
20	642	682	677	417	279	154	8	85	215	334	563	805	4858
21	673	710	708	447	310	184	17	115	245	365	593	836	5201



Tabel 19

Pärnu 2002 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalu-temp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	85	45	21	2	0	0	0	0	0	17	47	263	480
2	113	64	39	5	0	0	0	0	0	27	66	293	607
3	144	89	65	11	0	0	0	0	0	46	90	324	769
4	175	117	94	19	0	0	0	0	0	68	118	355	946
5	206	145	124	29	0	0	0	0	0	94	148	386	1132
6	237	173	154	41	0	0	0	0	4	121	178	417	1324
7	268	201	184	55	0	0	0	0	10	150	208	448	1523
8	299	229	214	73	1	0	0	0	16	180	238	479	1728
9	330	257	245	94	3	0	0	0	24	210	268	510	1941
10	361	285	276	118	5	0	0	0	34	240	298	541	2158
11	392	313	307	145	8	0	0	0	45	271	328	572	2381
12	423	341	338	173	13	0	0	0	58	302	358	603	2609
13	454	369	369	202	20	0	0	0	74	333	388	634	2843
14	485	397	400	232	31	1	0	0	92	364	418	665	3084
15	516	425	431	262	45	2	0	0	111	395	448	696	3330
16	547	453	462	292	63	8	1	0	130	426	478	727	3587
17	578	481	493	322	87	22	3	1	151	457	508	758	3861
18	609	509	524	352	114	42	8	4	174	488	538	789	4150
19	640	537	555	382	145	66	19	14	200	519	568	820	4464
20	671	565	586	412	176	92	33	31	230	550	598	851	4794
21	702	593	617	442	207	122	53	52	260	581	628	882	5138



Tabel 20

Pärnu 2003 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	230	177	66	20	0	0	0	0	0	16	4	27	541
2	260	205	88	32	0	0	0	0	0	24	9	40	657
3	291	233	115	47	0	0	0	0	0	33	18	61	796
4	322	261	144	63	0	0	0	0	0	45	32	88	954
5	353	289	174	80	0	0	0	0	0	58	51	119	1124
6	384	317	205	101	0	0	0	0	0	71	73	150	1301
7	415	345	236	124	1	0	0	0	0	85	102	181	1490
8	446	373	267	149	5	0	0	0	0	105	132	212	1688
9	477	401	298	175	13	0	0	0	1	128	162	243	1896
10	508	429	329	202	24	0	0	0	3	155	192	274	2115
11	539	457	360	229	39	0	0	0	9	183	222	305	2343
12	570	485	391	258	57	4	0	2	18	213	252	336	2586
13	601	513	422	288	78	10	0	4	31	244	282	367	2841
14	632	541	453	318	101	21	0	9	48	275	312	398	3109
15	663	569	484	348	126	35	0	15	71	306	342	429	3389
16	694	597	515	378	154	56	1	22	98	337	372	460	3684
17	725	625	546	408	183	80	4	35	127	368	402	491	3994
18	756	653	577	438	212	107	9	54	157	399	432	522	4316
19	787	681	608	468	242	137	17	77	187	430	462	553	4649
20	818	709	639	498	272	167	28	103	217	461	492	584	4990
21	849	737	670	528	302	197	42	130	247	492	522	615	5332



Tabel 21

Pärnu 2004 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	234	122	41	5	0	0	0	0	0	0	71	27	500
2	265	149	64	8	0	0	0	0	0	1	85	43	615
3	296	178	93	11	0	0	0	0	0	3	101	65	747
4	327	207	123	19	0	0	0	0	0	6	119	93	894
5	358	236	153	30	0	0	0	0	0	12	138	124	1052
6	389	265	184	41	2	0	0	0	0	24	160	155	1220
7	420	294	215	55	4	0	0	0	0	38	186	186	1399
8	451	323	246	73	10	0	0	0	0	56	215	217	1592
9	482	352	277	94	20	0	0	0	0	78	245	248	1797
10	513	381	308	121	34	0	0	0	2	103	275	279	2016
11	544	410	339	148	51	0	0	0	4	130	305	310	2242
12	575	439	370	175	71	2	0	0	9	158	335	341	2475
13	606	468	401	202	94	9	0	1	20	187	365	372	2725
14	637	497	432	231	118	23	0	3	34	218	395	403	2991
15	668	526	463	261	142	42	0	6	52	249	425	434	3269
16	699	555	494	291	168	67	5	13	75	280	455	465	3567
17	730	584	525	321	194	95	17	22	103	311	485	496	3883
18	761	613	556	351	221	125	35	34	133	342	515	527	4212
19	792	642	587	381	248	155	58	51	163	373	545	558	4552
20	823	671	618	411	275	185	85	73	193	404	575	589	4902
21	854	700	649	441	303	215	114	97	223	435	605	620	5256



Tabel 22

Valga 2000 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	136	71	47	0	0	0	0	0	0	0	11	81	346
2	161	93	70	0	0	0	0	0	0	0	18	97	438
3	191	116	96	2	0	0	0	0	0	2	26	113	546
4	222	142	127	7	0	0	0	0	0	5	38	130	670
5	253	169	158	16	2	0	0	0	0	10	52	151	811
6	284	198	189	26	7	0	0	0	3	16	73	175	970
7	315	227	220	37	12	0	0	0	8	25	98	205	1145
8	346	256	251	49	17	0	0	0	18	36	124	235	1331
9	377	285	282	63	23	0	0	0	33	50	152	266	1531
10	408	314	313	79	32	0	0	0	51	67	180	297	1742
11	439	343	344	97	43	3	0	0	71	90	210	328	1968
12	470	372	375	116	57	11	1	0	93	115	240	359	2209
13	501	401	406	135	75	22	2	2	118	142	270	390	2463
14	532	430	437	155	96	35	6	7	145	172	300	421	2736
15	563	459	468	177	119	49	13	15	175	203	330	452	3024
16	594	488	499	202	145	69	22	29	205	234	360	483	3330
17	625	517	530	229	171	91	37	50	235	265	390	514	3654
18	656	546	561	257	199	116	58	77	265	296	420	545	3996
19	687	575	592	286	229	142	84	108	295	327	450	576	4351
20	718	604	623	315	260	169	113	139	325	358	480	607	4711
21	749	633	654	345	291	197	143	170	355	389	510	638	5074



Tabel 23

Valga 2001 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	84	182	102	3	0	0	0	0	0	7	64	288	731
2	113	205	126	6	0	0	0	0	0	13	85	319	868
3	143	230	152	10	0	0	0	0	0	19	107	350	1013
4	174	258	180	15	0	0	0	0	0	26	132	381	1166
5	205	286	209	21	0	0	0	0	2	33	158	412	1327
6	236	314	239	33	1	0	0	0	4	42	186	443	1499
7	267	342	270	47	2	0	0	0	8	51	215	474	1678
8	298	370	301	61	7	0	0	0	12	64	245	505	1864
9	329	398	332	79	16	0	0	0	16	79	275	536	2062
10	360	426	363	100	27	2	0	0	23	95	305	567	2269
11	391	454	394	123	40	5	0	0	30	114	335	598	2486
12	422	482	425	147	57	12	0	1	40	138	365	629	2720
13	453	510	456	172	78	20	0	2	54	167	395	660	2969
14	484	538	487	199	101	31	0	5	72	198	425	691	3231
15	515	566	518	226	126	44	0	11	96	229	455	722	3509
16	546	594	549	253	154	60	0	23	123	260	485	753	3800
17	577	622	580	282	183	81	0	39	152	291	515	784	4106
18	608	650	611	311	212	106	1	59	182	322	545	815	4423
19	639	678	642	341	242	132	5	83	212	353	575	846	4750
20	670	706	673	371	273	162	12	109	242	384	605	877	5085
21	701	734	704	401	304	192	23	139	272	415	635	908	5429



Tabel 24

Valga 2002 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	119	57	25	5	0	0	0	0	0	30	66	316	616
2	146	73	40	9	0	0	0	0	0	46	85	347	745
3	176	91	61	15	0	0	0	0	0	67	109	378	898
4	207	115	83	24	0	0	0	0	0	92	136	409	1066
5	238	140	109	34	0	0	0	0	1	119	164	440	1245
6	269	168	138	46	0	0	0	0	4	147	194	471	1436
7	300	196	168	59	0	0	0	0	11	176	224	502	1636
8	331	224	198	74	2	0	0	0	20	206	254	533	1843
9	362	252	228	92	4	0	0	0	30	236	284	564	2053
10	393	280	258	114	7	0	0	0	43	267	314	595	2271
11	424	308	289	139	11	0	0	0	58	298	344	626	2497
12	455	336	320	168	19	0	0	0	75	329	374	657	2732
13	486	364	351	198	29	0	0	0	93	360	404	688	2972
14	517	392	382	228	43	2	1	0	111	391	434	719	3219
15	548	420	413	258	60	8	2	1	132	422	464	750	3477
16	579	448	444	288	81	20	5	4	155	453	494	781	3751
17	610	476	475	318	106	36	8	11	181	484	524	812	4041
18	641	504	506	348	133	57	15	22	208	515	554	843	4345
19	672	532	537	378	162	84	26	40	237	546	584	874	4671
20	703	560	568	408	193	112	42	63	267	577	614	905	5011
21	734	588	599	438	224	141	62	87	297	608	644	936	5357



Tabel 25

Valga 2003 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	254	203	82	21	0	0	0	0	0	27	17	45	649
2	281	231	101	32	0	0	0	0	0	36	30	66	776
3	311	259	123	45	0	0	0	0	0	47	44	92	922
4	342	287	148	61	0	0	0	0	0	60	61	121	1080
5	373	315	176	78	0	0	0	0	0	75	82	152	1251
6	404	343	205	96	0	0	0	0	0	92	107	183	1431
7	435	371	236	119	0	0	0	0	1	112	135	214	1622
8	466	399	267	142	2	0	0	0	3	134	164	245	1822
9	497	427	298	167	8	0	0	0	7	159	194	276	2033
10	528	455	329	193	17	1	0	1	11	187	224	307	2252
11	559	483	360	220	28	3	0	2	20	217	254	338	2484
12	590	511	391	248	41	9	0	4	33	248	284	369	2728
13	621	539	422	278	58	18	0	8	51	279	314	400	2988
14	652	567	453	308	79	32	0	15	73	310	344	431	3264
15	683	595	484	338	104	49	1	23	99	341	374	462	3553
16	714	623	515	368	130	70	4	37	127	372	404	493	3857
17	745	651	546	398	158	95	9	58	156	403	434	524	4177
18	776	679	577	428	186	122	15	83	185	434	464	555	4505
19	807	707	608	458	216	152	26	110	215	465	494	586	4844
20	838	735	639	488	246	182	40	138	245	496	524	617	5189
21	869	763	670	518	277	212	58	167	275	527	554	648	5538



Tabel 26

Valga 2004 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	265	146	56	7	0	0	0	0	0	1	95	47	616
2	296	172	74	10	0	0	0	0	0	3	111	66	732
3	327	200	97	13	0	0	0	0	0	7	129	91	866
4	358	229	124	19	0	0	0	0	0	14	149	119	1013
5	389	258	153	29	2	0	0	0	0	25	172	150	1178
6	420	287	184	42	4	0	0	0	0	40	198	181	1354
7	451	316	215	57	9	0	0	0	0	58	226	212	1544
8	482	345	246	77	17	0	0	0	2	79	255	243	1746
9	513	374	277	100	28	0	0	0	4	103	285	274	1958
10	544	403	308	126	43	0	0	0	8	128	315	305	2180
11	575	432	339	153	63	1	0	1	14	156	345	336	2415
12	606	461	370	181	85	4	0	2	27	185	375	367	2664
13	637	490	401	210	109	13	0	4	45	214	405	398	2927
14	668	519	432	239	133	28	0	9	65	245	435	429	3202
15	699	548	463	268	159	46	3	16	86	276	465	460	3489
16	730	577	494	298	185	70	11	25	115	307	495	491	3798
17	761	606	525	328	211	96	26	38	145	338	525	522	4121
18	792	635	556	358	239	125	45	54	175	369	555	553	4456
19	823	664	587	388	267	155	69	73	205	400	585	584	4800
20	854	693	618	418	297	185	96	94	235	431	615	615	5151
21	885	722	649	448	328	215	125	119	265	462	645	646	5508



Tabel 27

Ristna 2000 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	41	32	21	0	0	0	0	0	0	0	0	26	121
2	55	49	41	2	0	0	0	0	0	0	0	37	186
3	74	72	69	7	0	0	0	0	0	0	1	50	272
4	97	100	99	17	0	0	0	0	0	0	4	66	383
5	128	129	130	29	1	0	0	0	0	1	11	82	511
6	159	158	161	43	3	0	0	0	0	3	20	98	645
7	190	187	192	60	10	0	0	0	0	6	34	115	795
8	221	216	223	81	22	0	0	0	0	9	52	138	961
9	252	245	254	103	38	0	0	0	1	13	76	168	1150
10	283	274	285	126	59	3	0	0	6	20	104	199	1360
11	314	303	316	151	85	11	0	0	14	32	134	230	1589
12	345	332	347	177	113	24	0	0	28	51	164	261	1842
13	376	361	378	205	143	42	0	0	46	73	194	292	2110
14	407	390	409	234	173	60	2	0	68	98	224	323	2388
15	438	419	440	264	204	84	8	3	96	128	254	354	2690
16	469	448	471	294	235	112	21	9	125	159	284	385	3011
17	500	477	502	324	266	141	40	23	155	190	314	416	3348
18	531	506	533	354	297	170	68	51	185	221	344	447	3706
19	562	535	564	384	328	200	98	82	215	252	374	478	4071
20	593	564	595	414	359	230	129	113	245	283	404	509	4437
21	624	593	626	444	390	260	160	144	275	314	434	540	4803



Tabel 28

Ristna 2001 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	19	119	59	2	0	0	0	0	0	0	7	98	303
2	39	136	83	5	0	0	0	0	0	0	14	121	397
3	64	159	111	10	0	0	0	0	0	0	28	147	519
4	92	187	142	22	0	0	0	0	0	0	43	177	663
5	122	215	173	42	0	0	0	0	0	1	61	208	821
6	152	243	204	66	0	0	0	0	0	3	84	239	991
7	183	271	235	91	3	0	0	0	0	7	110	270	1169
8	214	299	266	117	15	1	0	0	1	11	137	301	1361
9	245	327	297	146	38	2	0	0	2	18	164	332	1570
10	276	355	328	175	66	5	0	0	5	26	193	363	1791
11	307	383	359	204	97	11	0	0	9	38	223	394	2025
12	338	411	390	234	128	22	0	0	16	54	253	425	2270
13	369	439	421	264	159	37	0	0	24	75	283	456	2526
14	400	467	452	294	190	55	0	0	34	104	313	487	2795
15	431	495	483	324	221	77	0	0	50	135	343	518	3075
16	462	523	514	354	252	101	0	3	70	166	373	549	3366
17	493	551	545	384	283	129	1	12	96	197	403	580	3674
18	524	579	576	414	314	159	4	29	126	228	433	611	3995
19	555	607	607	444	345	189	13	55	156	259	463	642	4333
20	586	635	638	474	376	219	29	85	186	290	493	673	4682
21	617	663	669	504	407	249	50	116	216	321	523	704	5037



Tabel 29

Ristna 2002 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	41	20	16	2	0	0	0	0	0	7	36	158	280
2	56	33	28	6	0	0	0	0	0	15	53	187	379
3	84	55	47	17	0	0	0	0	0	28	76	218	524
4	115	82	73	30	0	0	0	0	0	46	101	249	695
5	146	110	102	46	0	0	0	0	0	68	130	280	881
6	177	138	133	64	0	0	0	0	1	93	160	311	1076
7	208	166	164	85	0	0	0	0	5	121	190	342	1280
8	239	194	195	110	1	0	0	0	11	149	220	373	1491
9	270	222	226	136	4	0	0	0	18	178	250	404	1708
10	301	250	257	164	10	0	0	0	26	208	280	435	1931
11	332	278	288	193	22	0	0	0	35	239	310	466	2162
12	363	306	319	223	40	0	0	0	48	270	340	497	2405
13	394	334	350	253	62	1	0	0	62	301	370	528	2654
14	425	362	381	283	88	3	0	0	77	332	400	559	2910
15	456	390	412	313	116	8	0	0	94	363	430	590	3172
16	487	418	443	343	147	24	2	0	113	394	460	621	3451
17	518	446	474	373	178	45	7	1	132	425	490	652	3741
18	549	474	505	403	209	73	16	5	153	456	520	683	4045
19	580	502	536	433	240	102	32	15	177	487	550	714	4367
20	611	530	567	463	271	131	54	32	205	518	580	745	4705
21	642	558	598	493	302	161	78	53	235	549	610	776	5053



Tabel 30

Ristna 2003 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaauaar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	149	128	62	18	0	0	0	0	0	3	2	12	373
2	177	156	85	32	0	0	0	0	0	9	5	19	482
3	208	184	114	49	0	0	0	0	0	16	8	31	609
4	239	212	145	70	1	0	0	0	0	24	13	47	751
5	270	240	176	96	5	0	0	0	0	34	24	68	912
6	301	268	207	122	11	0	0	0	0	46	40	98	1093
7	332	296	238	151	22	0	0	0	0	60	64	129	1290
8	363	324	269	180	36	0	0	0	0	75	91	160	1498
9	394	352	300	209	54	0	0	0	0	95	121	191	1716
10	425	380	331	239	74	1	0	0	1	119	151	222	1943
11	456	408	362	269	97	4	0	0	4	146	181	253	2180
12	487	436	393	299	125	12	0	0	10	174	211	284	2431
13	518	464	424	329	153	26	0	2	19	204	241	315	2694
14	549	492	455	359	181	45	0	5	33	235	271	346	2971
15	580	520	486	389	210	68	0	11	54	266	301	377	3263
16	611	548	517	419	239	94	2	18	82	297	331	408	3566
17	642	576	548	449	269	121	8	30	112	328	361	439	3883
18	673	604	579	479	300	151	17	48	142	359	391	470	4214
19	704	632	610	509	331	181	30	71	172	390	421	501	4553
20	735	660	641	539	362	211	43	96	202	421	451	532	4894
21	766	688	672	569	393	241	57	123	232	452	481	563	5238



Tabel 31

Ristna 2004 aasta kraadpäevad erinevatel tasakaalutemperatuuridel, °C

Tasakaalutemp	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Summa
1	119	69	31	5	0	0	0	0	0	0	17	3	244
2	149	94	56	8	0	0	0	0	0	0	27	9	342
3	180	123	85	12	0	0	0	0	0	0	37	17	453
4	211	152	116	23	1	0	0	0	0	0	50	30	581
5	242	181	147	40	2	0	0	0	0	2	65	48	725
6	273	210	178	61	6	0	0	0	0	5	83	73	887
7	304	239	209	86	12	0	0	0	0	12	104	102	1067
8	335	268	240	112	24	0	0	0	0	22	127	133	1260
9	366	297	271	139	41	0	0	0	0	41	153	164	1471
10	397	326	302	166	63	1	0	0	0	62	183	195	1693
11	428	355	333	194	86	5	0	0	0	87	213	226	1926
12	459	384	364	223	110	21	0	0	1	114	243	257	2175
13	490	413	395	253	136	39	0	0	6	142	273	288	2434
14	521	442	426	283	162	63	0	1	17	172	303	319	2708
15	552	471	457	313	189	91	2	5	32	203	333	350	2997
16	583	500	488	343	216	121	12	11	51	234	363	381	3302
17	614	529	519	373	243	151	30	20	77	265	393	412	3626
18	645	558	550	403	270	181	54	34	107	296	423	443	3962
19	676	587	581	433	299	211	83	54	137	327	453	474	4314
20	707	616	612	463	330	241	114	78	167	358	483	505	4672
21	738	645	643	493	361	271	145	104	197	389	513	536	5033