NORSK POLARINSTITUTT

RAPPORTSERIE

NR. 40 - OSLO 1987

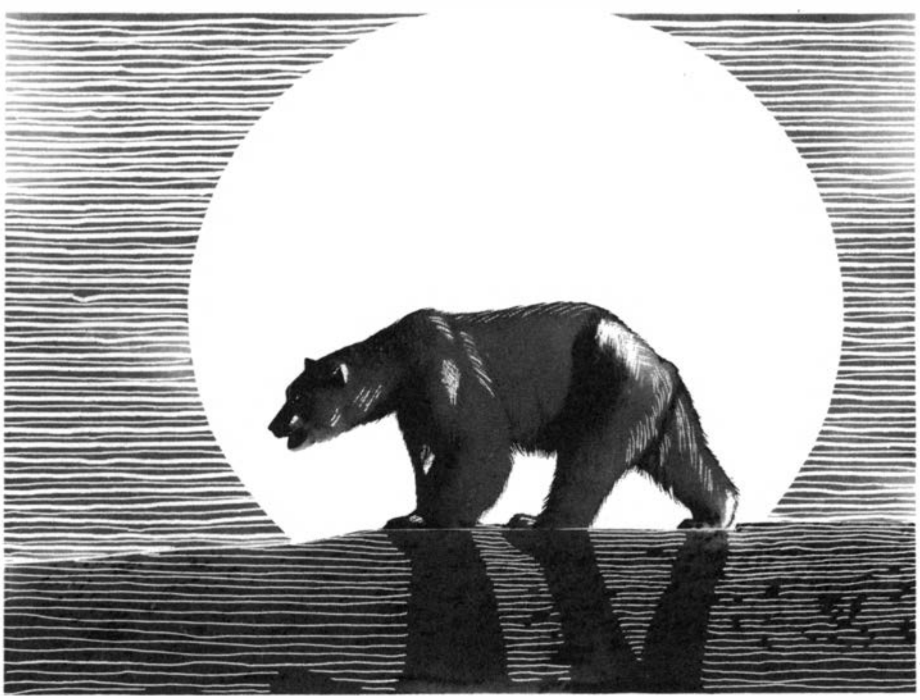
VIDAR HISDAL & TORSTEIN BERGE:

SOLHØYDEDIAGRAMMER FOR OMRÅDET FRA 70°N TIL 82°N

NORSK POLARINSTITUTT
RAPPORTSERIE
NR. 40 - OSLO 1987

VIDAR HISDAL & TORSTEIN BERGE:

SOLHØYDEDIAGRAMMER FOR OMRÅDET FRA 70°N TIL 82°N



INNHOLD

F O R O R D

Kjennskap til solhøyden og dens variasjon er nødvendig ved en rekke undersøkelser av solstrålingen i atmosfæren og ved jordoverflaten. Dette gjelder også når utnyttelse av solenergien til praktiske formål skal vurderes. Videre er solens posisjon avgjørende for lysforholdene, som på grunn av sitt særegne variasjonsmønster er en miljøfaktor av spesielt stor betydning på høye breddegrader.

For å kunne bruke diagrammene er det i de fleste tilfelle tilstrekkelig å se på fremgangsmåten i eksemplene på s. XI til XVII. Den følgende veiledning gir imidlertid bedre forutsetning for å skjønne bakgrunnen for de nødvendige omregninger og korreksjoner.

Vi er Sigurd Helle stor takk skyldig for positiv kritikk og gode idéer under arbeidet. Vi takker også Trond Eiken for beregning av kimmingdalingens innflytelse på solhøyden, og Marit Wiik og Hildur Skaalmo for renskriving av manuskriptet.

Vi vil sette pris på å bli gjort kjent med eventuelle feil og uklarheter, eller forslag til forbedringer.

VEILEDNING

Diagrammene viser solhøydens variasjon i døgnets og årets løp. Det er hele tiden referert til solens sentrum. Linjene viser døgnvariasjon for hvert 5. døgn. (Omkring solhverv er tidsintervallene noe større.) For mellomliggende døgn må det interpoleres mellom de opptrukne linjer.

Det er tegnet diagrammer for hver hele breddegrad fra 70°N til 82°N, samt for Longyearbyen og Ny-Ålesund på Svalbard. For mellomliggende bredder må det interpoleres mellom avlesningene for nærmeste hele breddegrad på hver side.

Sann soltid og middeltid

Klokkeslettene som avleses langs øvre og nedre kant i diagrammene, er gitt i Sann soltid (SST). Dette er de klokkeslett solen selv viser, f.eks. ved hjelp av et vanlig solur. For å finne SST for et sted ut fra Greenwich middeltid (GMT), må det korrigeres for geografisk lengde og tidsjevning. Lengdekorreksjonen utgjør et tillegg på 4 minutter for hver lengdegrad (L) øst for Greenwich. Vest for Greenwich må vi gi L negativt fortegn. Tidsjevningen (E), som skyldes solens "ujevne gang" er gitt i minutter i Tabell 1 (s.XVIII). Vi får omregningen:

$$SST = GMT + 4^m \cdot L + E$$

og omvendt:

$$GMT = SST - 4^m \cdot L - E$$

Går vi ut fra Mellomeuropeisk tid (MET), som er lik Norsk normaltid, må vi først trekke fra 1 time for å få GMT. Er utgangspunktet Norsk sommertid (NST), må vi trekke fra 2 timer.

Sann og observert solhøyde

Diagrammene gir sann solhøyde, det vil si solens vinkelavstand til horisontalplanet, upåvirket av solstrålenes bøyning i atmosfæren.

Observert solhøyde er tilsynelatende høyde over horisontalplanet, målt med dertil egnede instrumenter. (Solens høyde over et steds lokale, geografiske horisont, kan finnes ved hjelp av et diagram (panorama) over horisontens høydekontur på stedet.)

Solhøyden refererer som nevnt til solens sentrum. I enkelte sammenhenger er det imidlertid av større interesse å referere til solens øvre eller nedre rand. Vi regner da med at solskiven har en radius på tilnærmet 0.3^0 (mer nøyaktig 0.27^0).

Solstrålenes bøyning

Når solen står lavt, kan det være av betydning å ta hensyn til strålenes bøyning i atmosfæren (refraksjonen). Da de innkommende stråler normalt bøyes nedover, vil observert solhøyde være større enn den sanne solhøyde i diagrammene, som gjelder en jord uten atmosfære. I Tabell 2 (s.XIX) er vist forskjellen (R) mellom observert og sann solhøyde i en standard-atmosfære (0^0C og 1013 millibar i havets nivå, og en temperatur som synker med 0.5^0 for hver 100 m stigning). Vi ser at nær horisonten avtar refraksjonsvinkelen raskt med økende høyde. Ved en sann solhøyde på 10^0 er forskjellen alt blitt mindre enn 0.10^0.

Refraksjonen øker noe med synkende temperatur og stigende lufttrykk, og kan variere nokså mye ved horisonten. Oftest vil imidlertid verdiene i tabellen være nøyaktige nok som et tillegg til diagrammenes sanne solhøyde for å få den solhøyde vi observerer i virkeligheten.

Søker vi tiden for solens opp- og nedgang, kan vi for standardatmosfæren nevnt ovenfor gå inn i diagrammene med en solhøyde på -0.6^0 (dvs. solen står egentlig 0.6^0 under horisonten). Denne verdi brukes i de etterfølgende eksempler. For temperaturer over ca. 15^0C reduseres refraksjonsvinkelen til $\underline{0.5^0}$ mens den under ca.-10^0C øker til $\underline{0.7^0}$. Det er viktig å være oppmerksom på at man særlig i polartraktene relativt ofte kan observere en hevning av solen i horisonten som er betraktelig større enn disse verdier. Mest påtagelig er dette når temperaturen i de laveste lag øker med høyden istedenfor å avta (inversjon). Solen vil da kunne stå vesentlig tidligere opp og gå tilsvarende senere ned enn standard-atmosfæren tilsier. Det er imidlertid vanskelig å ta hensyn til slike ekstreme effekter, først og fremst fordi temperaturvariasjonen med høyden som regel ikke er kjent i de aktuelle situasjoner.

Observatørens høyde

Solhøyden over havhorisonten øker når observatørens høyde over havflaten øker ("havranden synker"). Denne effekten (kimmingdalingen) er også avhengig av strålenes bøyning i atmosfæren. Går vi ut fra den samme standard-atmosfære som ovenfor, kan vi bruke formelen:

$$K = 0.0287 \sqrt{H}$$

hvor K er vinkelen i grader mellom horisontalplanet og retningen til havhorisonten sett fra høyden H meter over havets nivå. Verdiene for K, som er gitt i Tabell 3 (s.XIX), kan brukes som en tilnærmet reduksjon av h(obs) i høyden H for å få h(obs) i havets nivå.

Forenklinger

Diagrammene er tegnet ved hjelp av en datamaskin og et spesialutviklet program. Grunnlaget for beregningene er den generelle formel:

$$\sin(h) = \sin(b)\cdot\sin(d) + \cos(b)\cdot\cos(d)\cdot\cos(t)$$

hvor h er solhøyden, b den geografiske bredde, d solens deklinasjon (vinkelavstanden til ekvatorplanet) og t dens timevinkel (t er 0^0 rett mot sør og vokser vestover, dvs. $t = 15^0 \cdot (SST - 12)$).

For å få et enkelt og konsentrert diagram er det foretatt en del forenklinger. Det er sett bort fra de forholdsvis små variasjoner av deklinasjonen i døgnets løp. Videre skal uttrykket for h gjelde både for en dag i første halvår (definert som tiden fra vintersolhverv til sommersolhverv) og for en dag med nær samme deklinasjon i annet halvår.

I diagrammene er de vertikale aksene delt inn etter sin(h) og de horisontale etter cos(t). Solhøydens variasjon i døgnets løp beskrives da av en rett linje, som representerer to døgn, ett i hvert halvår.

Et stor antall sammenligninger mellom eksakte beregninger og avlesninger i diagrammene viser at de avleste solhøyder sjelden avviker mer enn $\pm$ 0.2^0 fra de beregnede. I tillegg til de tilnærmelser som er nevnt ovenfor, bidrar selvsagt unøyaktigheter ved avlesningene til disse avvik.

EKSEMPLER

Eksempel 1

Hvor høyt står solen den 30. april kl. 09^t30^m GMT i

a) Ny-Ålesund ($78^0 55'$N, $11^0 56'$E)
b) Longyearbyen ($78^0 13'$N, $15^0 38'$E)
c) Bjørnøy Radio ($74^0 31'$N, $19^0 01'$E)
d) Jan Mayen Radio ($70^0 57'$N, $08^0 40'$W) ?

Løsning:

Først omgjøres 09^t30^m GMT til Sann soltid (SST) for de fire stedene. Lengdegradskorreksjonen er $4^m \cdot L$ (pos. mot øst og neg. mot vest), hvor L er uttrykt i hele og desimale grader. Tidsjevningen (E) den 30. april er 3^m (Tab. 1). Vi får følgende klokkeslett i SST:

a) $09^t30^m + 4^m \cdot 11.9 + 3^m = 10^t21^m$
b) $09^t30^m + 4^m \cdot 15.6 + 3^m = 10^t36^m$
c) $09^t30^m + 4^m \cdot 19.0 + 3^m = 10^t49^m$
d) $09^t30^m - 4^m \cdot 08.7 + 3^m = 08^t58^m$

Følger vi solhøydelinjen for 30. april i diagrammene for Ny-Ålesund og Longyearbyen til skjæring med de respektive verdier for SST, finner vi henholdsvis

a) h = $\underline{24.8^0}$ og b) h = $\underline{25.6^0}$

For Bjørnøy Radio og Jan Mayen Radio har vi ikke egne diagrammer, og vi må finne solhøydene for de nærmeste hele breddegrader på hver side. Diagrammene for 74^0N og 75^0N gir h = 29.9^0 og h = 29.0^0. Bjørnøy Radio ligger temmelig nøyaktig midt mellom disse to breddegrader, og vi kan sette:

c) $\underline{h = 29.5^0}$

Tilsvarende fremgangsmåte for Jan Mayen Radio gir for 70^0N og 71^0N henholdsvis $h = 28.0^0$ og $h = 27.5^0$. Stedet ligger 57´ nord for 70^0N, og solhøyden blir på nærmeste tiendedels grad den samme som for 71^0N:

d) $h = 28.0^0 - 0.5^0 \cdot (57/60) = \underline{27.5^0}$

For såpass store solhøyder kan vi se bort fra refraksjonen.

Eksempel 2

Hva er klokken i GMT når solen står opp, og når den går ned den 12. september i Sveagruva ($77^0 54'$N, $16^0 44'$E)?

Løsning:

Vi går her ut fra at soloppgang og solnedgang skjer når solens sentrum observeres i horisonten, og videre at solen p.g.a. refraksjonen da i virkeligheten står 0.6^0 under horisonten (som i Tab. 2). Diagrammene forteller at den 12. september er $h = -0.6^0$ ved tidspunktene:

$04^t 34^m$ og $19^t 26^m$ SST på 77^0N
$04^t 27^m$ og $19^t 33^m$ SST på 78^0N

Tidsforskjellen mellom de to breddegrader er m.a.o. 7^m. Da stedet ligger 54´ nord for 77^0 må denne tidsforskjell multipliseres med 54/60, hvilket gir 6^m. Tidspunktene for solens oppgang og nedgang blir:

$04^t 28^m$ og $19^t 32^m$ SST

For å komme over til GMT må lengdekorreksjonen $4^m \cdot L$ og tidsjevningen E (Tab. 1) trekkes fra. Dette gir soloppgang:

$04^t 28^m - 4^m \cdot 16.7 - 4^m = \underline{03^t 17^m \text{ GMT}}$

og solnedgang:

$19^t 32^m - 4^m \cdot 16.7 - 4^m = \underline{18^t 21^m \text{ GMT}}$

(For å få tiden i MET, må det legges til 1 time, og for å få NST må det legges til 2 timer.)

Eksempel 3

Når begynner og slutter tidsrommene med midnattssol og med mørketid på Isfjord Radio ($78^0 04'$N)?

Løsning:

For å ha midnattssol krever vi at hele solskiven skal være over horisonten døgnet rundt, og for mørketiden at hele solskiven skal være under horisonten døgnet rundt. Som før regner vi med at solen p.g.a. refraksjonen vippes opp 0.6^0 ved horisonten (Tab. 2). Da solens radius er ca. 0.3^0, vil solsentret i virkeligheten stå $0.6^0 - 0.3^0 = \underline{0.3^0}$ under horisonten i nord når tidsrommet for midnattssol begynner og slutter. Tilsvarende vil solsentret stå $0.6^0 + 0.3^0 = \underline{0.9^0}$ under horisonten i sør når mørketiden begynner og slutter. (Dvs. sanne solhøyder lik -0.3^0 og -0.9^0.)

Vi kan med tilstrekkelig nøyaktighet bruke diagrammet for 78^0 direkte, uten interpolasjon mellom breddegradene. Diagrammet viser at $h = -0.3^0$ i nord, dvs. klokken $00^t 00^m$ SST:

21. april og 22. august

Disse datoer angir da begynnelsen og slutten for tiden med midnattssol. En tilsvarende fremgangsmåte for mørketiden ($h = -0.9^0$ klokken $12^t 00^m$ SST) gir henholdsvis:

27. oktober og 14. februar

For øvrig kan vi stort sett regne med at både tidsrommet med midnattssol og med mørketid begynner 3 dager tidligere og slutter 3 dager senere for hver breddegrad vi beveger oss nordover fra 70^0N til 82^0N.

Eksempel 4

Hvor lenge har vi dagslys 2. oktober på Hopen Radio ($76^0 30'$N)?

Løsning:

Tidsrommet med dagslys definerer vi som intervallet fra solens øvre rand kommer til syne i horisonten til den igjen forsvinner under horisonten. Med en refraksjon på 0.6^0 og en solradius på 0.3^0 vil solens sentrum stå $0.6^0 + 0.3^0 = \underline{0.9^0}$ under horisonten ved disse tidspunktene (se også foregående eksempel).

Av diagrammet for 76^0N finner vi at 2. oktober er $h = -0.9^0$:

$06^t 44^m$ og $17^t 16^m$ SST

noe som gir et tidsrom med dagslys på $10^t 32^m$. På tilsvarende måte får vi for 77^0N:

$06^t 47^m$ og $17^t 13^m$ SST

som gir et tidsrom på $10^t 26^m$. Hopen Radio ligger midt mellom disse breddegrader, og svaret blir derfor:

$\underline{10^t 29^m}$

Eksempel 5

Ved hvilke klokkeslett GMT begynner og slutter tidsrommene med borgerlig tussmørke og med astronomisk tussmørke den 1. november på Svalbard Lufthavn ($78^0 15'$N, $15^0 30'$E)?

Løsning:

Det er vanlig å bruke betegnelsen borgerlig tussmørke om lysforholdene i perioden mellom det tidspunkt solens øvre rand står i horisonten og det tidspunkt solsentret befinner seg 6^0 under horisonten. (Ved denne nedre grense skal man i klart eller lettskyet vær ennå kunne lese avisen ute i det fri). Øvre grense for astronomisk tussmørke er som for det borgerlige (solens øvre rand i horisonten), men nedre grense er bestemt ved at solsentret står hele 18^0 under horisonten. (Ved dette tidspunkt skal de siste rester av dagslys være borte.)

Av diagrammene for 78^0N ser vi at solen den 1. november ikke kommer så høyt at øvre rand viser seg i horisonten, dvs. solens sentrum står kl. $12^t 00^m$ SST lavere enn $-0.6^0 - 0.3^0 = -0.9^0$ (se Eksempel 3). På 78^0N er $h = -6^0$ ved tidspunktene:

$08^t 59^m$ og $15^t 01^m$ SST

På 79^0N er de tilsvarende tidspunkter:

$09^t 21^m$ og $14^t 39^m$ SST

Forskjellen i klokkeslett mellom de to breddegrader er med andre ord 22^m, og avlesningene for 78^0N vil gjelde for $78^0 15'$N hvis vi tilfører korreksjonen:

$22^m \cdot (15/60) = 6^m$

Resultatet blir da at det borgerlige tussmørke begynner:

$08^t 59^m + 6^m - 4^m \cdot L - E =$
$08^t 59^m + 6^m - 62^m - 16^m = \underline{07^t 47^m \text{ GMT}}$

og slutter:

$15^t 01^m - 6^m - 62^m - 16^m = \underline{13^t 37^m \text{ GMT}}$

Hvis vi går inn i diagrammene med $h = -18^0$, får vi på tilsvarende vis at det astronomiske tussmørke begynner:

$04^t 46^m - 1^m - 62^m - 16^m = \underline{03^t 27^m \text{ GMT}}$

og slutter:

$19^t 14^m + 1^m - 62^m - 16^m = \underline{17^t 57^m \text{ GMT}}$

For Svalbard Lufthavn kan man også med god tilnærmelse bruke diagrammene for Longyearbyen, og slipper da å interpolere mellom breddegradene. Vi kan for øvrig legge merke til at mens tidsrommet med borgerlig tussmørke er noe lenger, er tidsrommet med astronomisk tussmørke litt kortere på 78^0N enn på 79^0N. Dette henger sammen med at solen både har litt større middagshøyde og litt "brattere" bane på 78^0N.

Eksempel 6

Ved hvilket klokkeslett GMT slutter solen å skinne på toppen av Griegfjellet (778m o.h. på $78^0 01'$N, $12^0 46'$E) den 22. september?

Løsning:

Vi regner med at de siste direkte solstråler forsvinner når en person på fjelltoppen ser solens øvre rand synke i havet. Videre antar vi at strålenes bøyning i atmosfæren er lik den som finner sted i standard-atmosfæren beskrevet i den foregående Veiledning.

En person i havets nivå vil se solens øvre rand forsvinne når solsentret i virkeligheten står 0.9^0 under horisonten (se

Eksempel 3). Tabell 3 viser at for et observasjonssted 778 m o.h. vil kimmingdalingen gi en ytterligere øking av observert solhøyde over havranden på 0.8^0. For en person på fjelltoppen kan vi tilnærmet regne med at solens øvre rand går under når sann solhøyde er:

$$-0.9^0 - 0.8^0 = -1.7^0$$

Vi kan med tilstrekkelig nøyaktighet bruke diagrammet for 78^0N. Det viser at en solhøyde på -1.7^0 den 22. september inntreffer kl. $18^t 38^m$ SST, eller:

$$18^t 38^m - 4^m \cdot L - E =$$
$$18^t 38^m - 4^m \cdot 12.8 - 7^m = \underline{17^t 40^m \text{ GMT}}$$

Dette er ca. 18 minutter etter at solen forsvinner for en person i havets nivå. Det er forøvrig grunn til å minne om at resultatet av beregninger som refererer til solhøyder nær horisonten, er svært avhengig av temperaturforholdene ved jordoverflaten. Et par eksempler på dette er gitt i den foregående Veiledning.

TABELLER

Tabell 1. Tidsjevningen i minutter (E) som legges til lokal middeltid for å få sann soltid.

DAG	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	-4	-14	-12	-4	3	2	-4	-6	0	10	16	11
2	-4	-14	-12	-4	3	2	-4	-6	0	11	16	11
3	-4	-14	-12	-3	3	2	-4	-6	1	11	16	10
4	-5	-14	-12	-3	3	2	-4	-6	1	11	16	10
5	-5	-14	-12	-3	3	2	-4	-6	1	12	16	9
6	-6	-14	-11	-2	3	1	-5	-6	2	12	16	9
7	-6	-14	-11	-2	3	1	-5	-6	2	12	16	9
8	-7	-14	-11	-2	4	1	-5	-6	2	12	16	8
9	-7	-14	-11	-2	4	1	-5	-6	3	13	16	8
10	-7	-14	-10	-1	4	1	-5	-5	3	13	16	7
11	-8	-14	-10	-1	4	0	-5	-5	3	13	16	7
12	-8	-14	-10	-1	4	0	-6	-5	4	13	16	6
13	-9	-14	-10	-1	4	0	-6	-5	4	14	16	6
14	-9	-14	-9	0	4	0	-6	-5	4	14	16	5
15	-9	-14	-9	0	4	0	-6	-5	5	14	15	5
16	-10	-14	-9	0	4	-1	-6	-4	5	14	15	4
17	-10	-14	-8	0	4	-1	-6	-4	5	15	15	4
18	-10	-14	-8	1	4	-1	-6	-4	6	15	15	4
19	-11	-14	-8	1	4	-1	-6	-4	6	15	15	3
20	-11	-14	-8	1	4	-1	-6	-3	7	15	14	3
21	-11	-14	-7	1	3	-2	-6	-3	7	15	14	2
22	-12	-14	-7	1	3	-2	-6	-3	7	15	14	2
23	-12	-13	-7	2	3	-2	-6	-3	8	16	14	1
24	-12	-13	-6	2	3	-2	-6	-2	8	16	13	1
25	-12	-13	-6	2	3	-3	-6	-2	8	16	13	0
26	-13	-13	-6	2	3	-3	-6	-2	9	16	13	0
27	-13	-13	-5	2	3	-3	-6	-2	9	16	12	-1
28	-13	-13	-5	2	3	-3	-6	-1	9	16	12	-1
29	-13		-5	3	3	-3	-6	-1	10	16	12	-2
30	-13		-5	3	3	-4	-6	-1	10	16	11	-2
31	-13		-4		2		-6	0		16		-3

Tabell 2. Refraksjonsvinkelen (R) som legges til sann solhøyde(h(sann)) for å få observert solhøyde ved havets nivå i en standard-atmosfære (se s.VIII).

h(sann)	R
-0.6^0 - -0.4^0	0.6^0
-0.3 - 0.3	0.5
0.4 - 1.3	0.4
1.4 - 2.7	0.3
2.8 - 5.6	0.2
5.7 - 18.2	0.1
>18.2	0.0

Tabell 3. Kimmingdalingen (K) som legges til observert solhøyde ved havets nivå for å få observert solhøyde H meter over havflaten (se s.IX) i en standard-atmosfære (se s.VIII).

H	K	H	K
3m- 25m	0.1^0	370m- 510m	0.6^0
27 - 75	0.2	510 - 680	0.7
75 - 150	0.3	680 - 870	0.8
150 - 250	0.4	870 - 1090	0.9
250 - 370	0.5	1090 - 1330	1.0

FORKORTELSER OG OMREGNINGER

GMT - Greenwich middeltid

MET - Mellomeuropeisk middeltid

NST - Norsk sommertid

SST - Sann soltid

L - Stedets lengdegrad i hele og desimale grader

E - Tidsjevningen, dvs. forskjellen i minutter mellom sann soltid og lokal middeltid på et sted

GMT = MET - 1^t = NST - 2^t

SST = GMT + $4^m \cdot L$ + E eller GMT = SST - $4^m \cdot L$ - E
hvor L regnes positiv østover, negativ vestover fra Greenwich-meredianen.

h(sann)- Solhøyden upåvirket av jordens atmosfære

h(obs) - Solhøyden påvirket av solstrålenes bøyning i atmosfæren (refraksjonen)

R - Refraksjonen, dvs. økingen av solhøyden p.g.a. solstrålenes bøyning i atmosfæren

K - Kimmingdalingen, dvs. økningen av solhøyden over havranden p.g.a. observatørens høyde over havets nivå

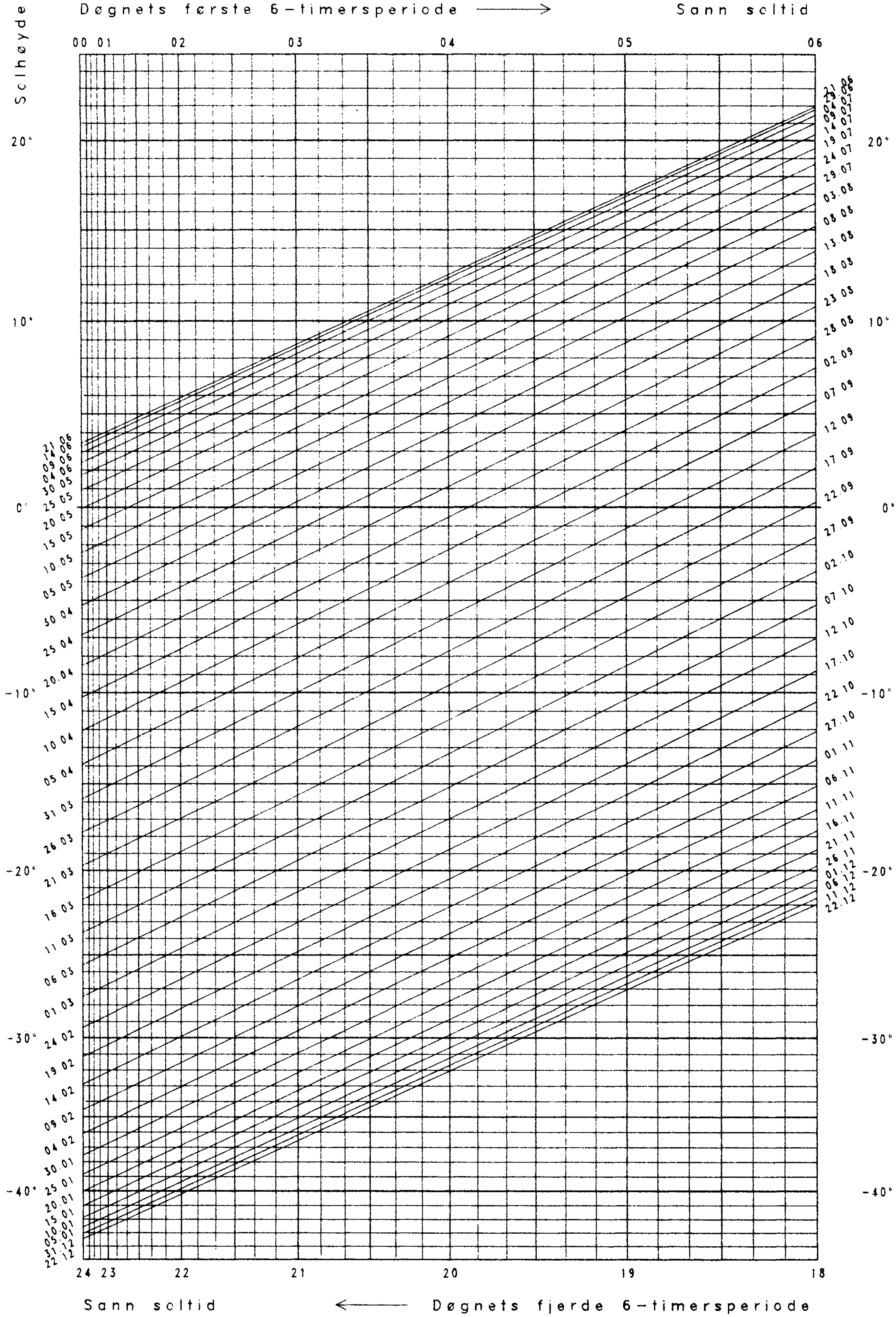
h(obs) = h(sann) + R + K

SOLHØYDEDIAGRAMMER

for

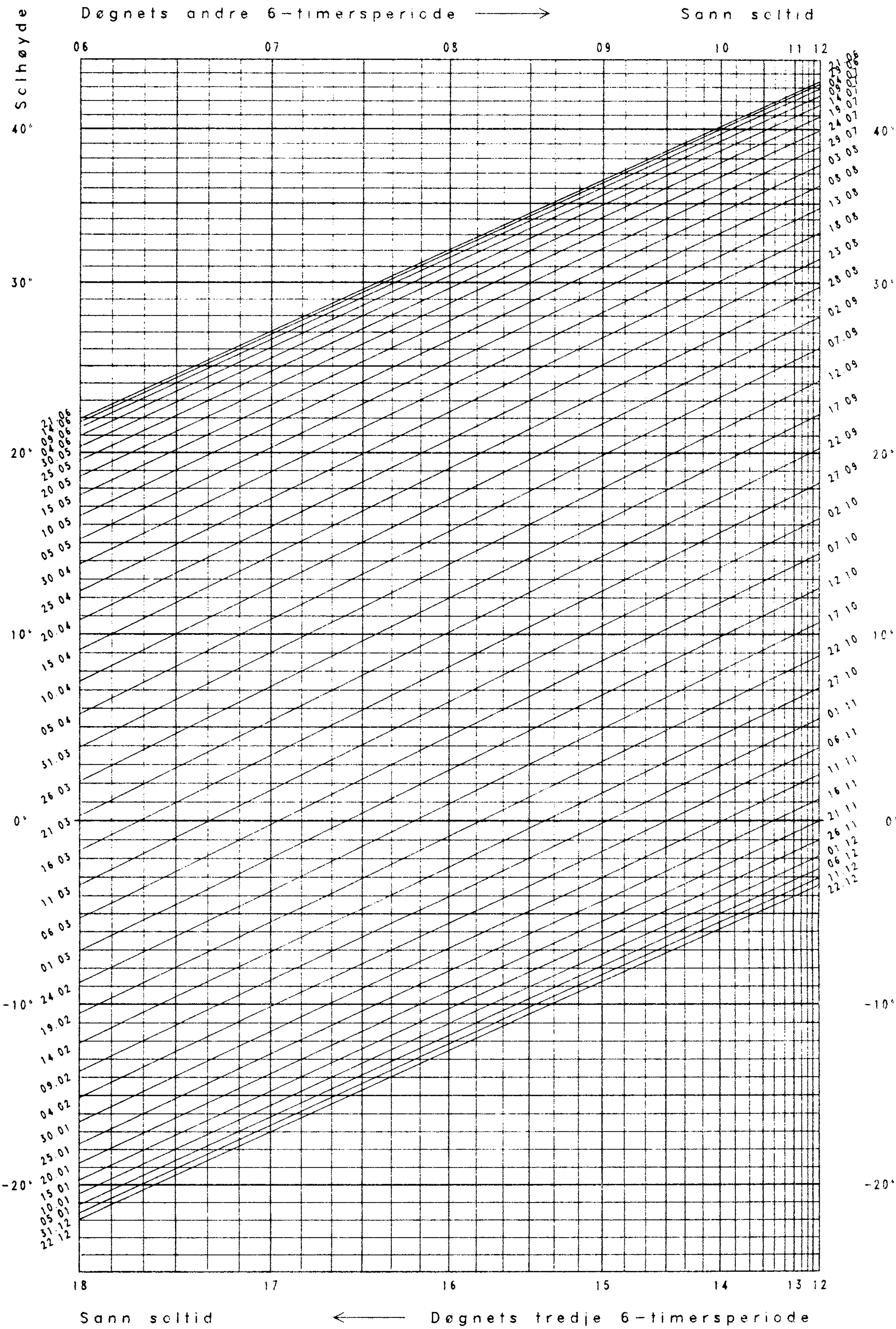
70^0N - 82^0N,
Longyearbyen
og Ny-Ålesund

70°N

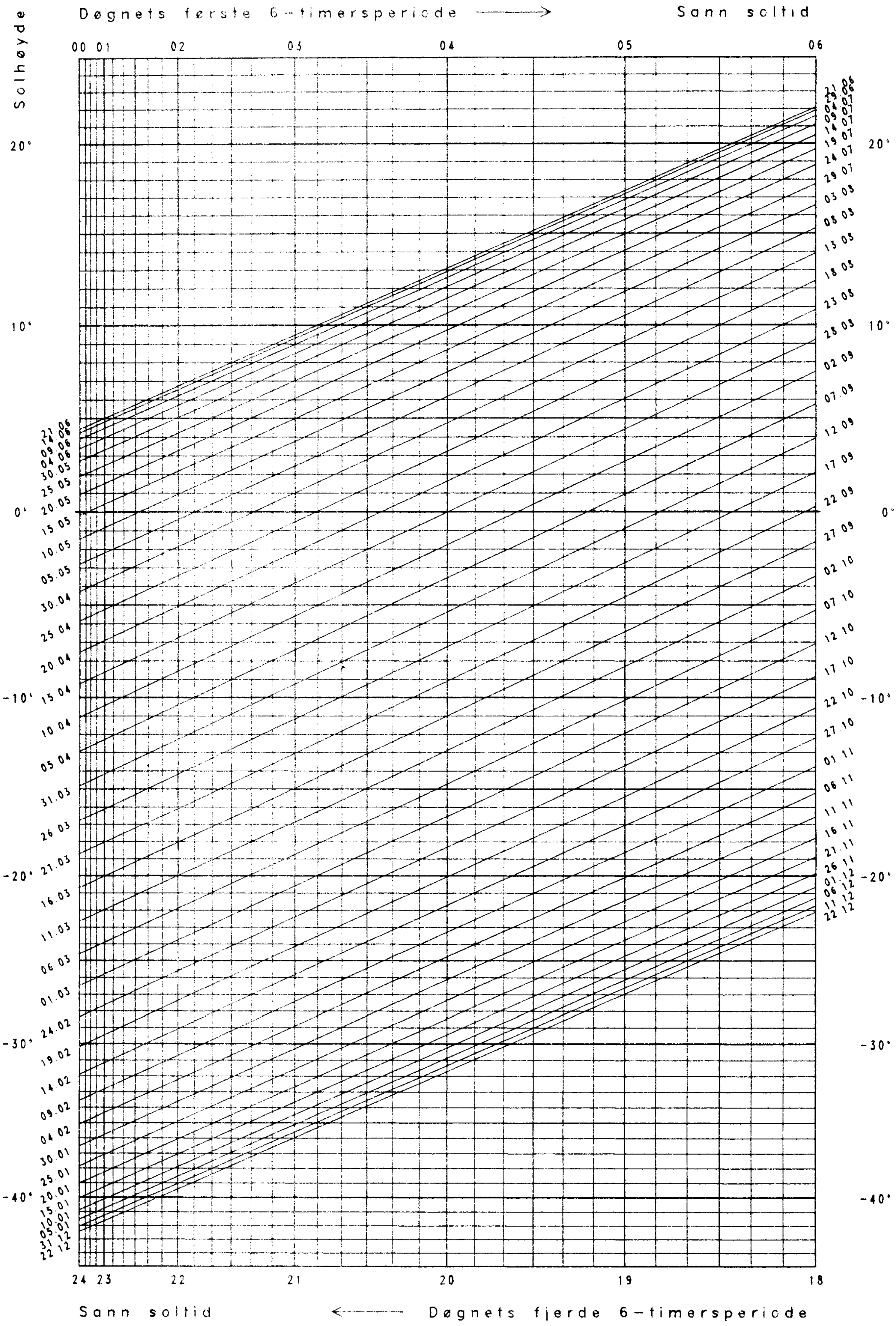


Solhøyde
Døgnets første 6-timersperiode
Sann soltid
00 01 02 03 04 05 06
20° 10° 0° -10° -20° -30° -40°
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
Døgnets fjerde 6-timersperiode

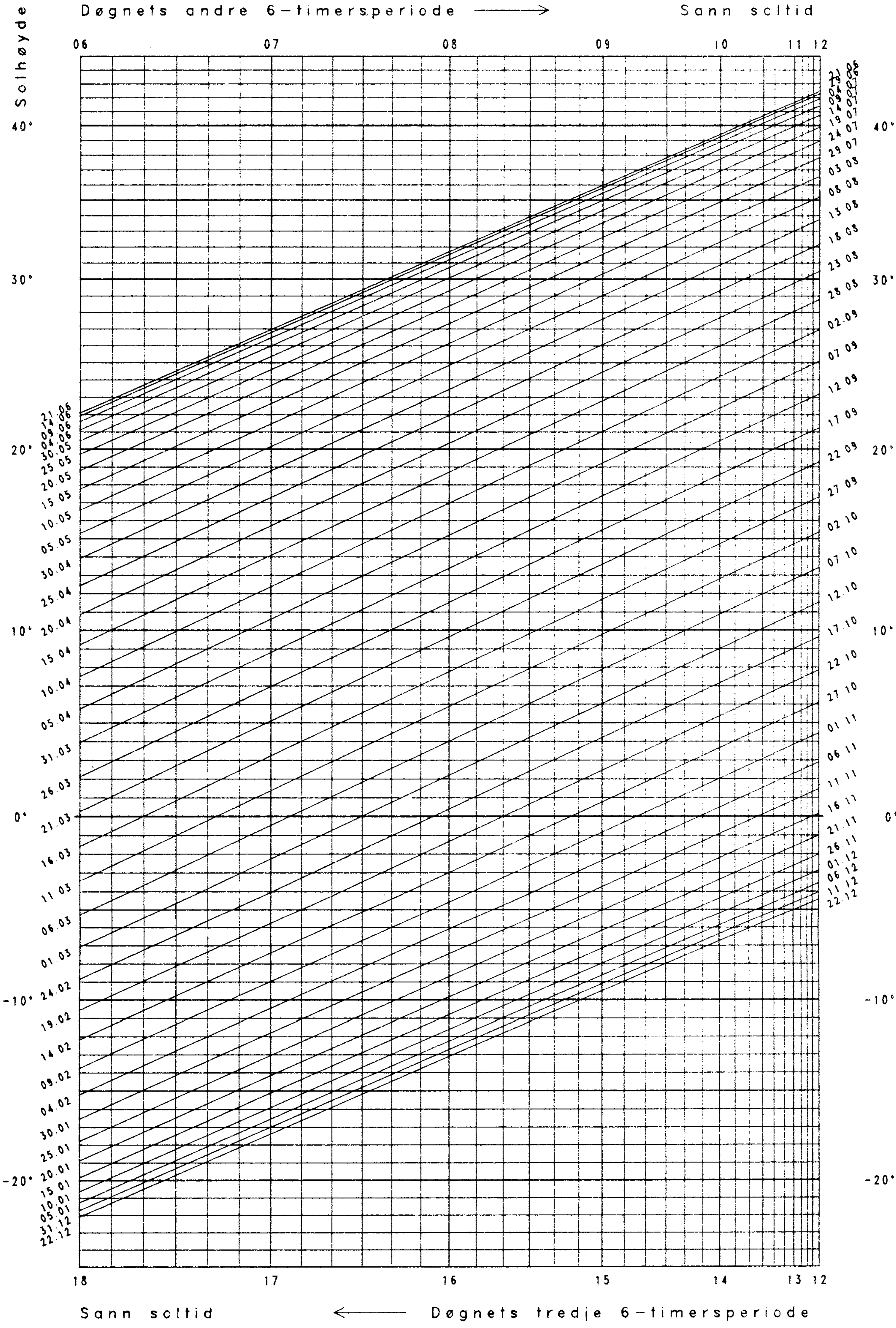
70°N


Døgnets andre 6-timersperiode ⟶
Sann soltid
Solhøyde
06 07 08 09 10 11 12
18 17 16 15 14 13 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
Sann soltid
⟵ Døgnets tredje 6-timersperiode

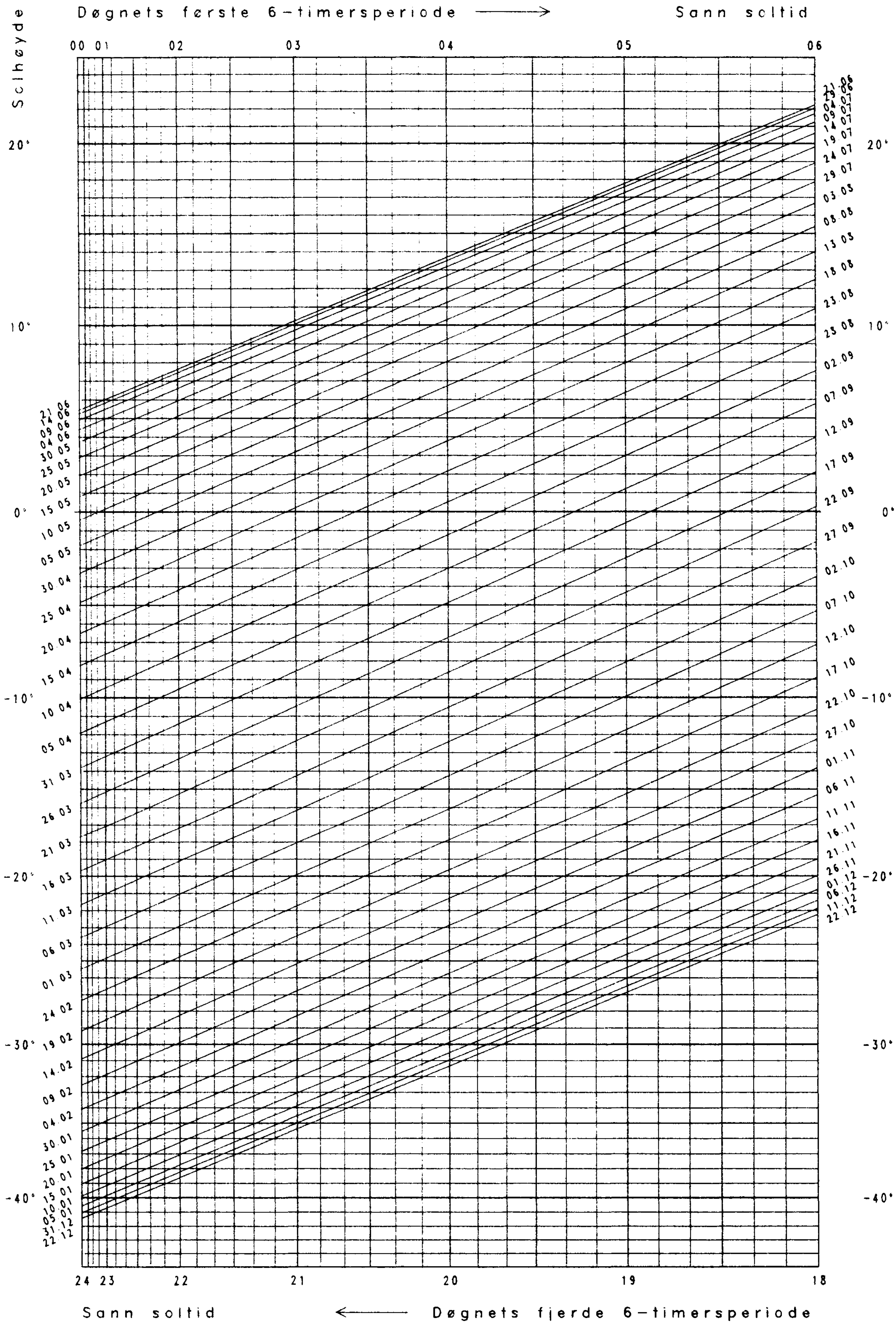
71°N


Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21.06
26.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

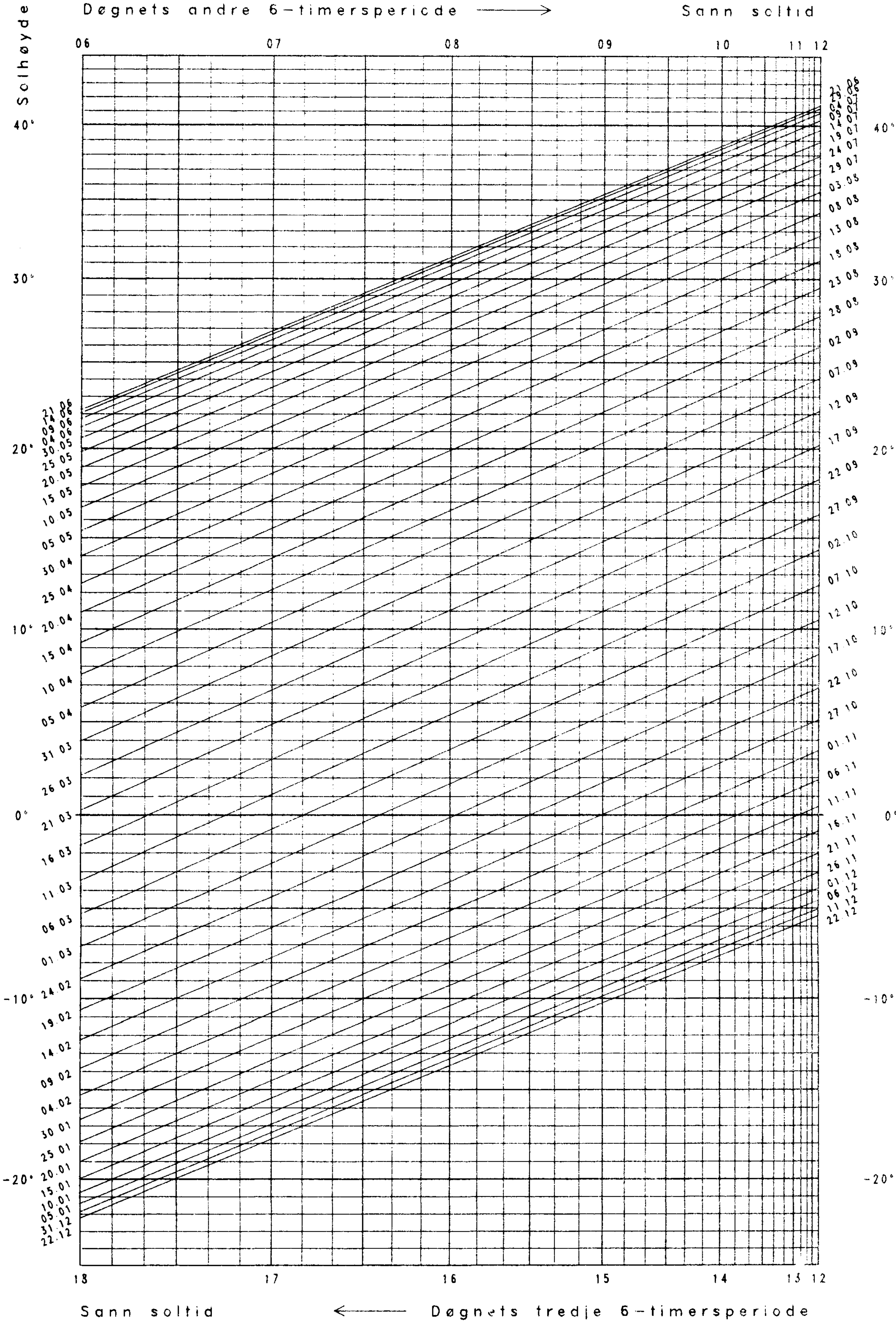
71°N


Solhøyde
Døgnets andre 6-timersperiode
Sann soltid
06 07 08 09 10 11 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
Døgnets tredje 6-timersperiode

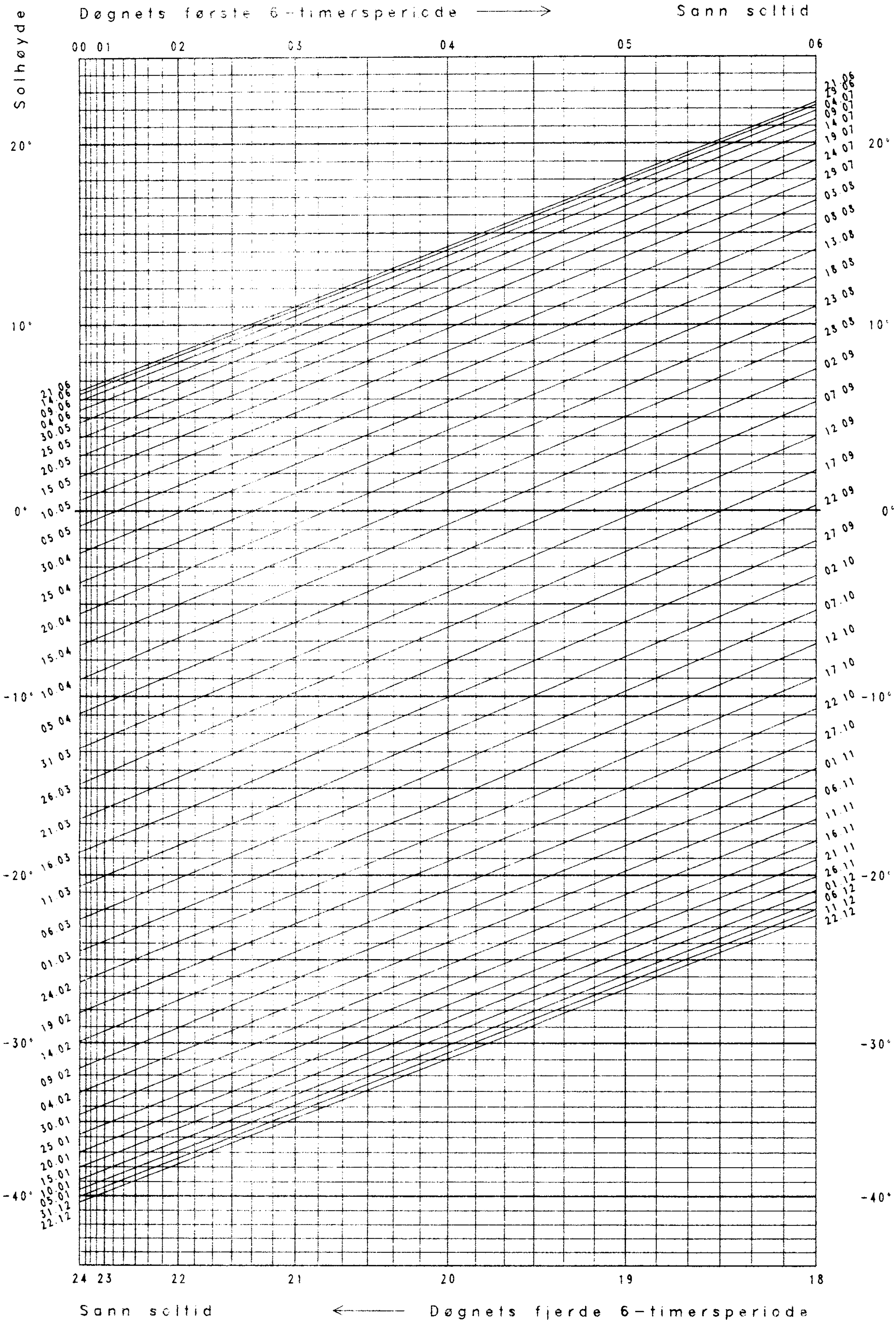
72°N


Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
24 23 22 21 20 19 18
20° 10° 0° -10° -20° -30° -40°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

72°N

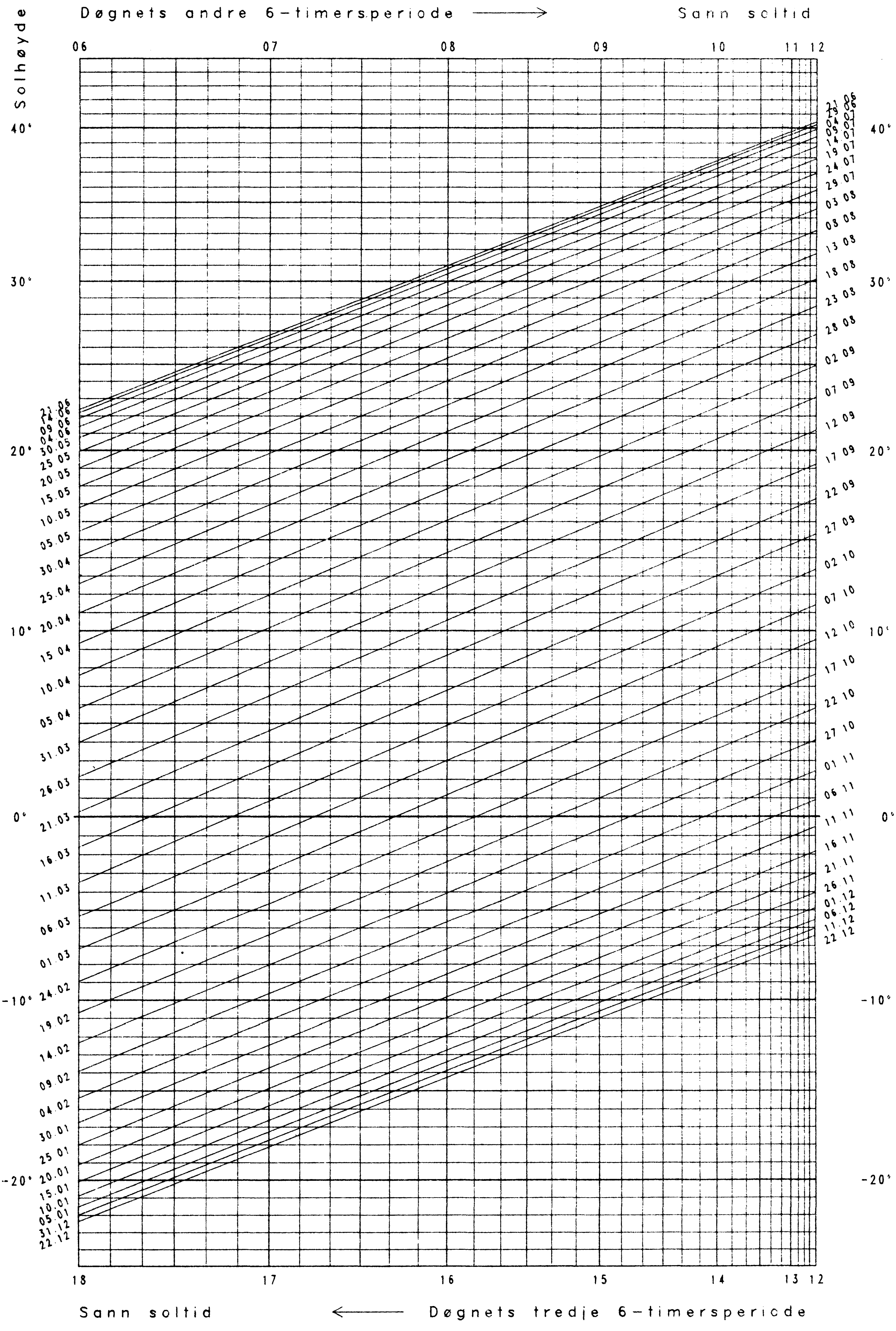

Døgnets andre 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
06 07 08 09 10 11 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
← Døgnets tredje 6-timersperiode

73°N

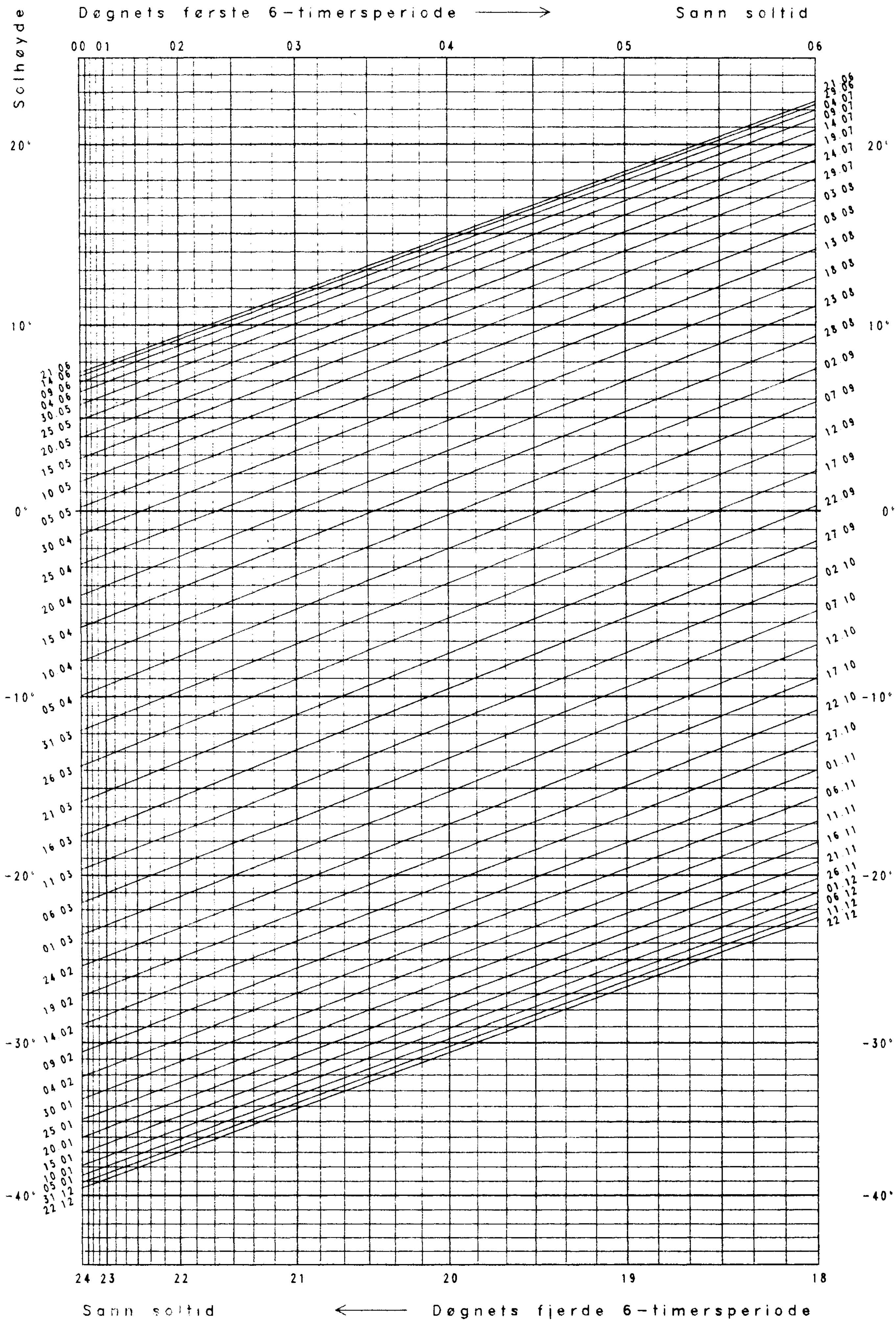


Døgnets første 6-timersperiode
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
20° 10° 0° -10° -20° -30° -40°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
Døgnets fjerde 6-timersperiode

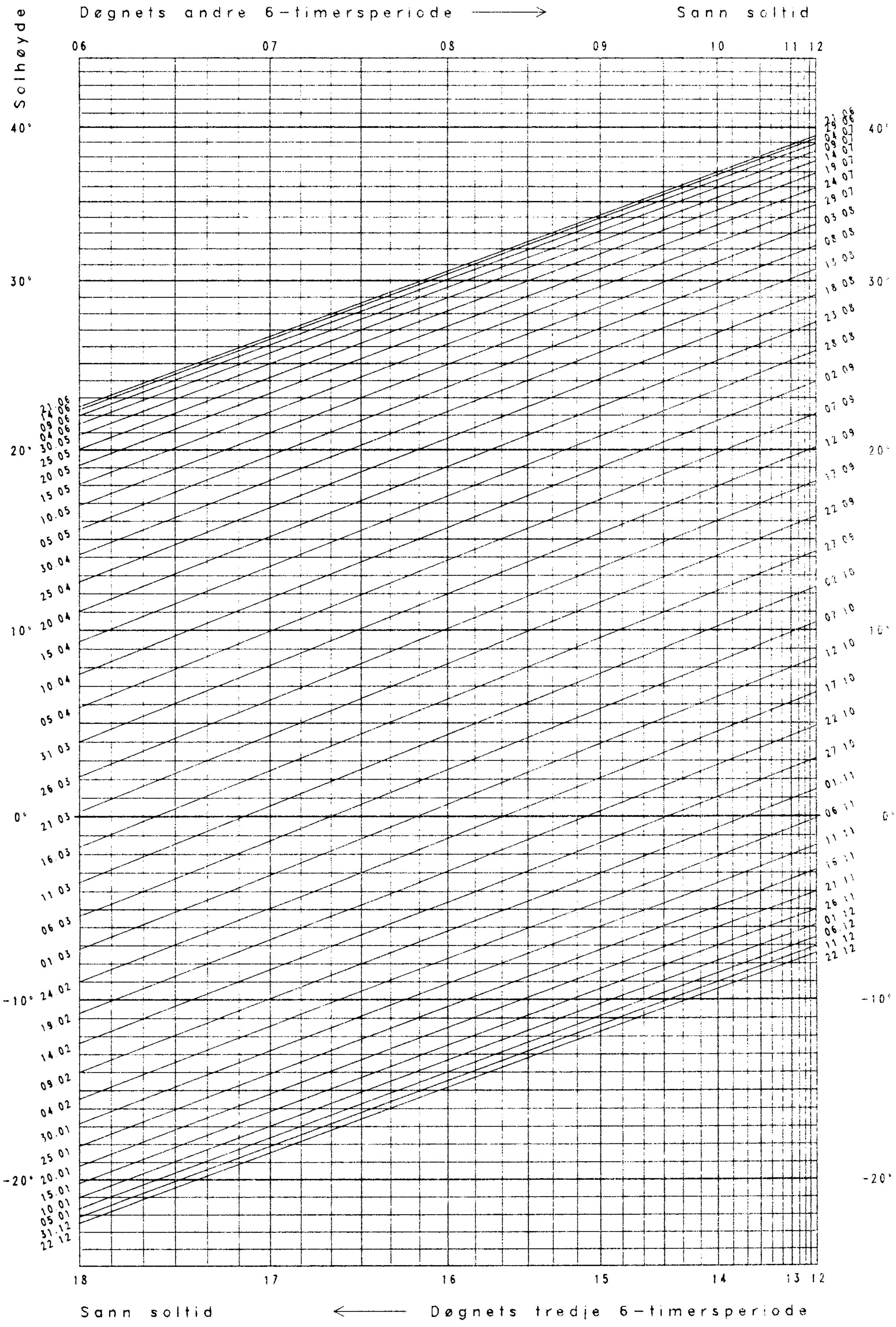
73°N


Døgnets andre 6-timersperiode ⟶
Sann soltid
06 07 08 09 10 11 12
Solhøyde
40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
⟵ Døgnets tredje 6-timersperiode

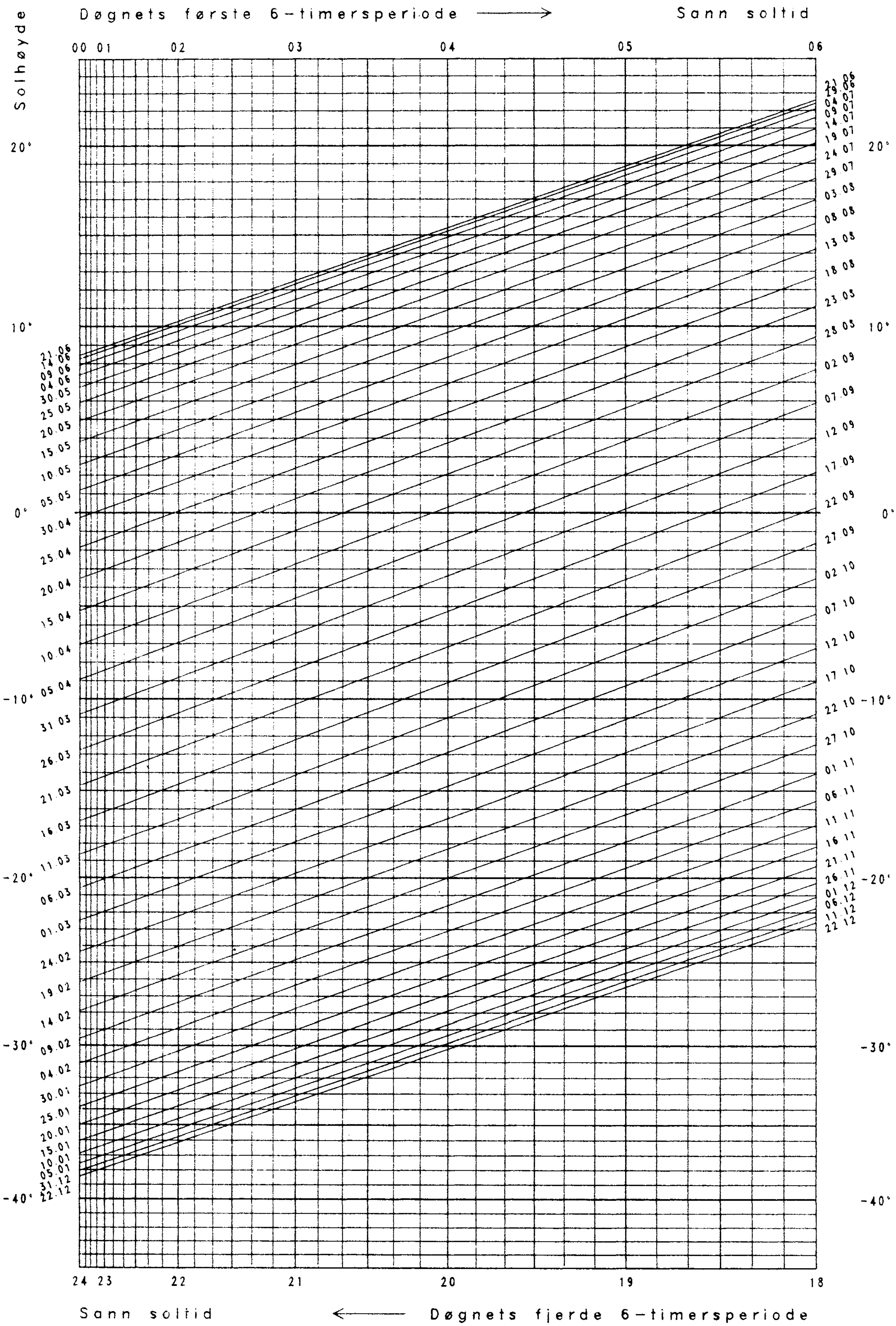
74°N


Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
20° 10° 0° -10° -20° -30° -40°
21 06
14 06
09 06
04 06
30.05
25 05
20.05
15 05
10 05
05 05
30 04
25 04
20 04
15 04
10 04
05 04
31 03
26 03
21 03
16 03
11 03
06 03
01 03
24 02
19 02
14 02
09 02
04 02
30 01
25 01
20.01
15 01
10 01
05 01
31 12
22 12
21 06
29 06
04 07
09 07
14 07
19.07
24 07
29.07
03 08
08 08
13 08
18 08
23 08
28 08
02 09
07 09
12 09
17 09
22.09
27 09
02 10
07 10
12 10
17 10
22 10
27.10
01.11
06.11
11.11
16 11
21 11
26 11
01.12
06 12
11 12
22 12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

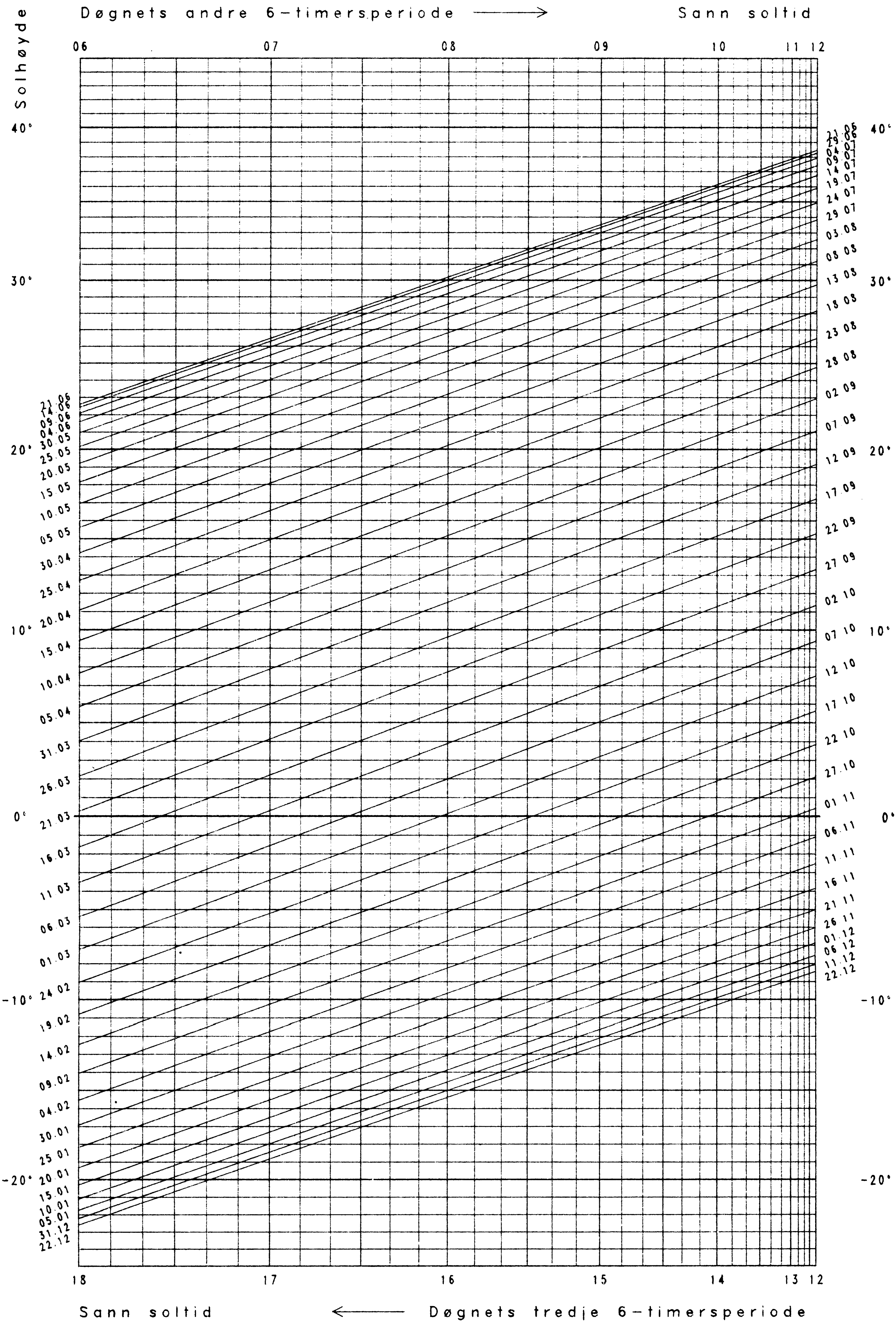
74°N


Døgnets andre 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
06 07 08 09 10 11 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
21 06
14 06
09 06
04 06
30 05
25 05
20 05
15 05
10 05
05 05
30 04
25 04
20 04
15 04
10 04
05 04
31 03
26 03
21 03
16 03
11 03
06 03
01 03
24 02
19 02
14 02
09 02
04 02
30 01
25 01
20 01
15 01
10 01
05 01
31 12
22 12
21 06
29 06
04 07
09 07
14 07
19 07
24 07
29 07
03 08
08 08
13 08
18 08
23 08
28 08
02 09
07 09
12 09
17 09
22 09
27 09
02 10
07 10
12 10
17 10
22 10
27 10
01 11
06 11
11 11
16 11
21 11
26 11
01 12
06 12
11 12
22 12
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
← Døgnets tredje 6-timersperiode

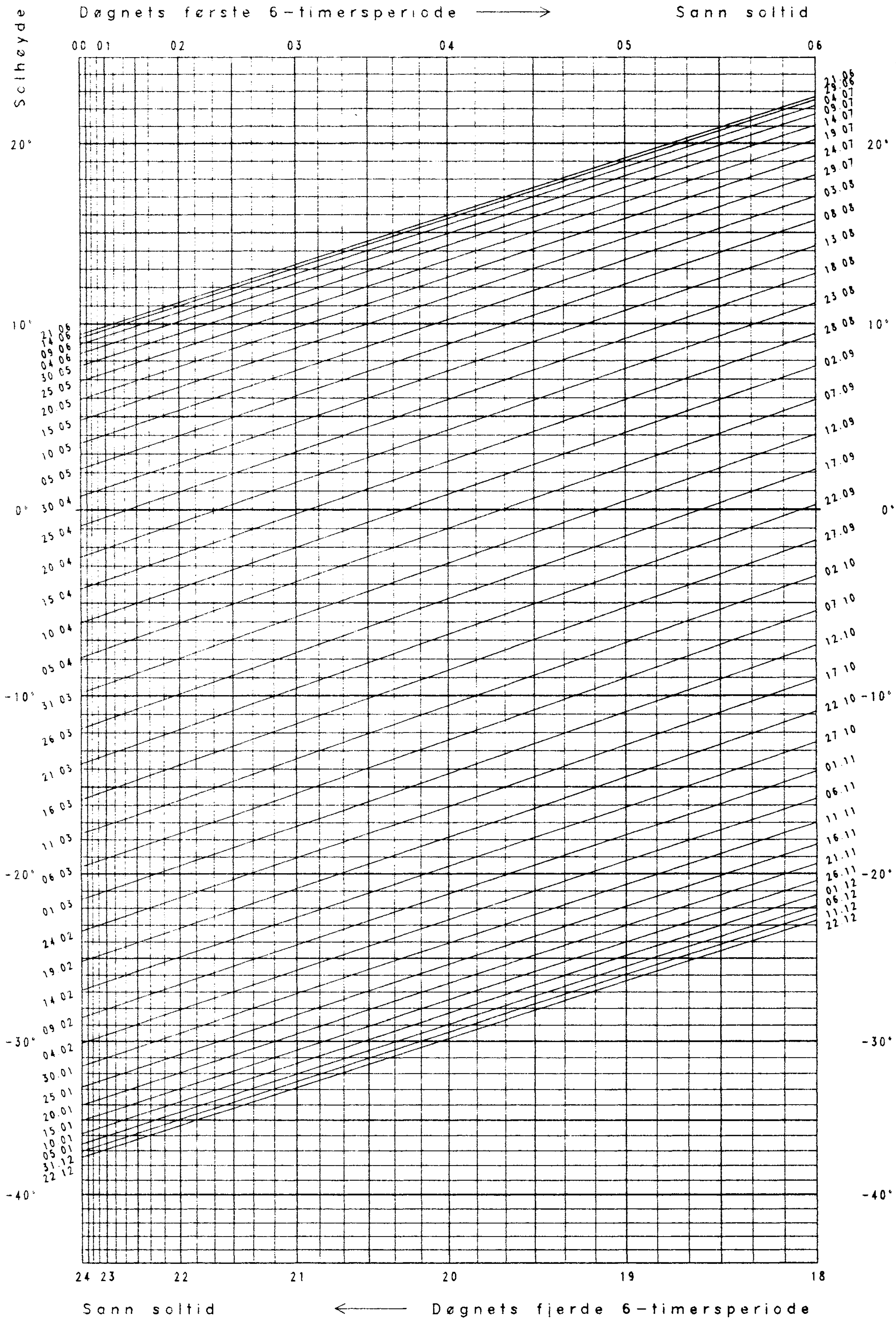
75°N


Døgnets første 6-timersperiode
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
Døgnets fjerde 6-timersperiode
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
21.06
29.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12

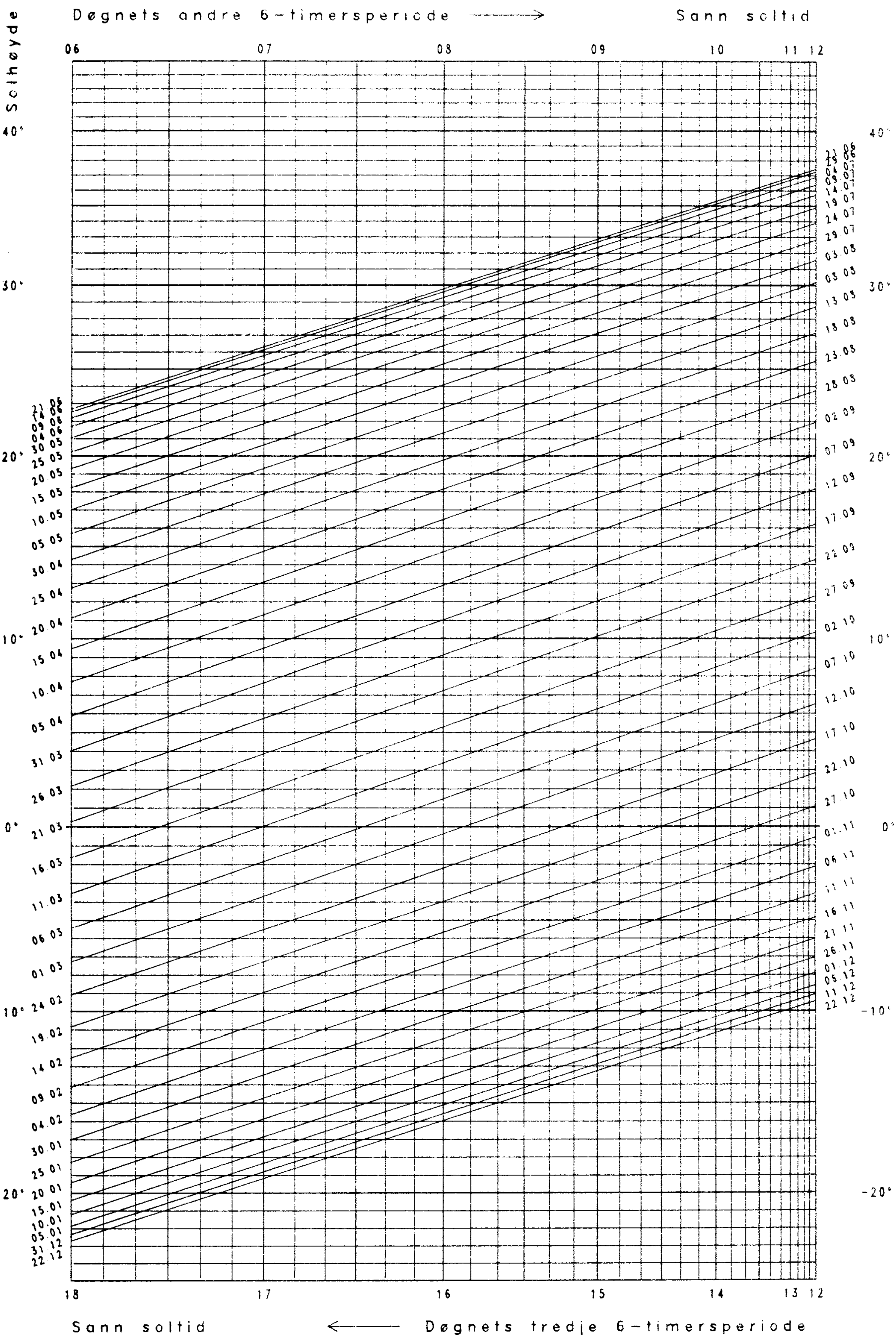
75°N


Døgnets andre 6-timersperiode ⟶
Sann soltid
Solhøyde
06 07 08 09 10 11 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
⟵ Døgnets tredje 6-timersperiode

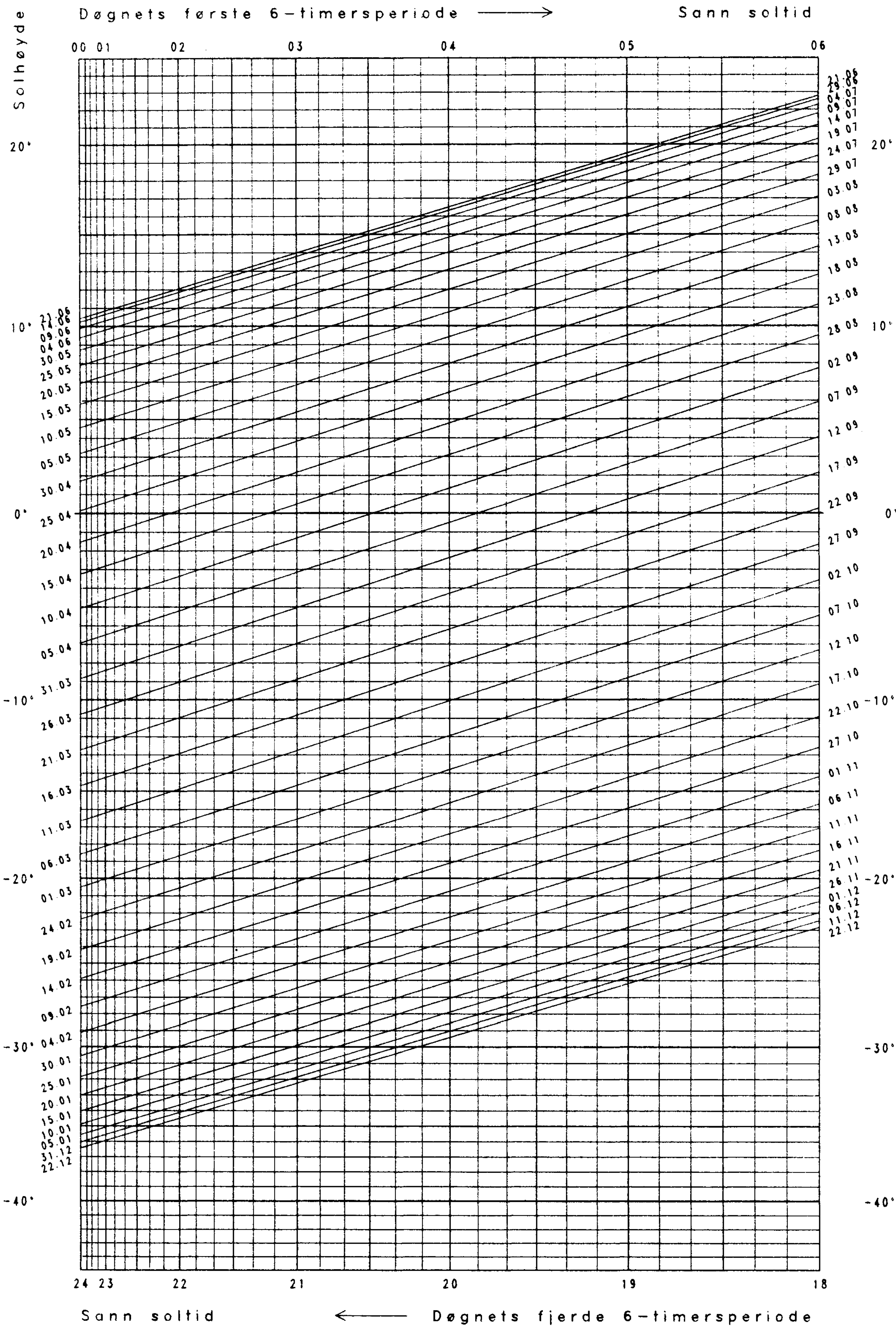
76°N


Døgnets første 6-timersperiode
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
20° 10° 0° -10° -20° -30° -40°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
Døgnets fjerde 6-timersperiode

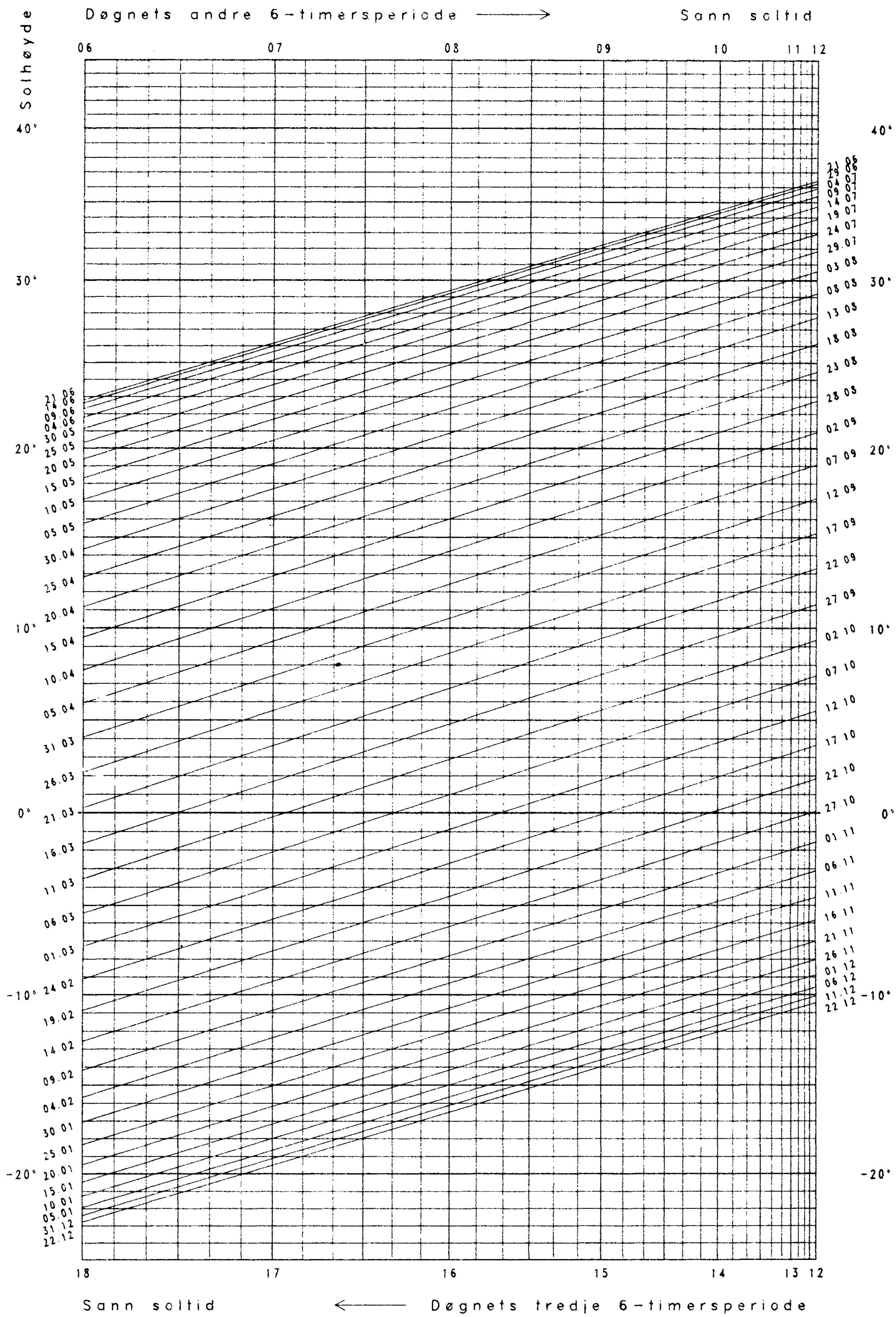
76°N


Døgnets andre 6-timersperiode
Sann soltid
Solhøyde
06 07 08 09 10 11 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
Døgnets tredje 6-timersperiode

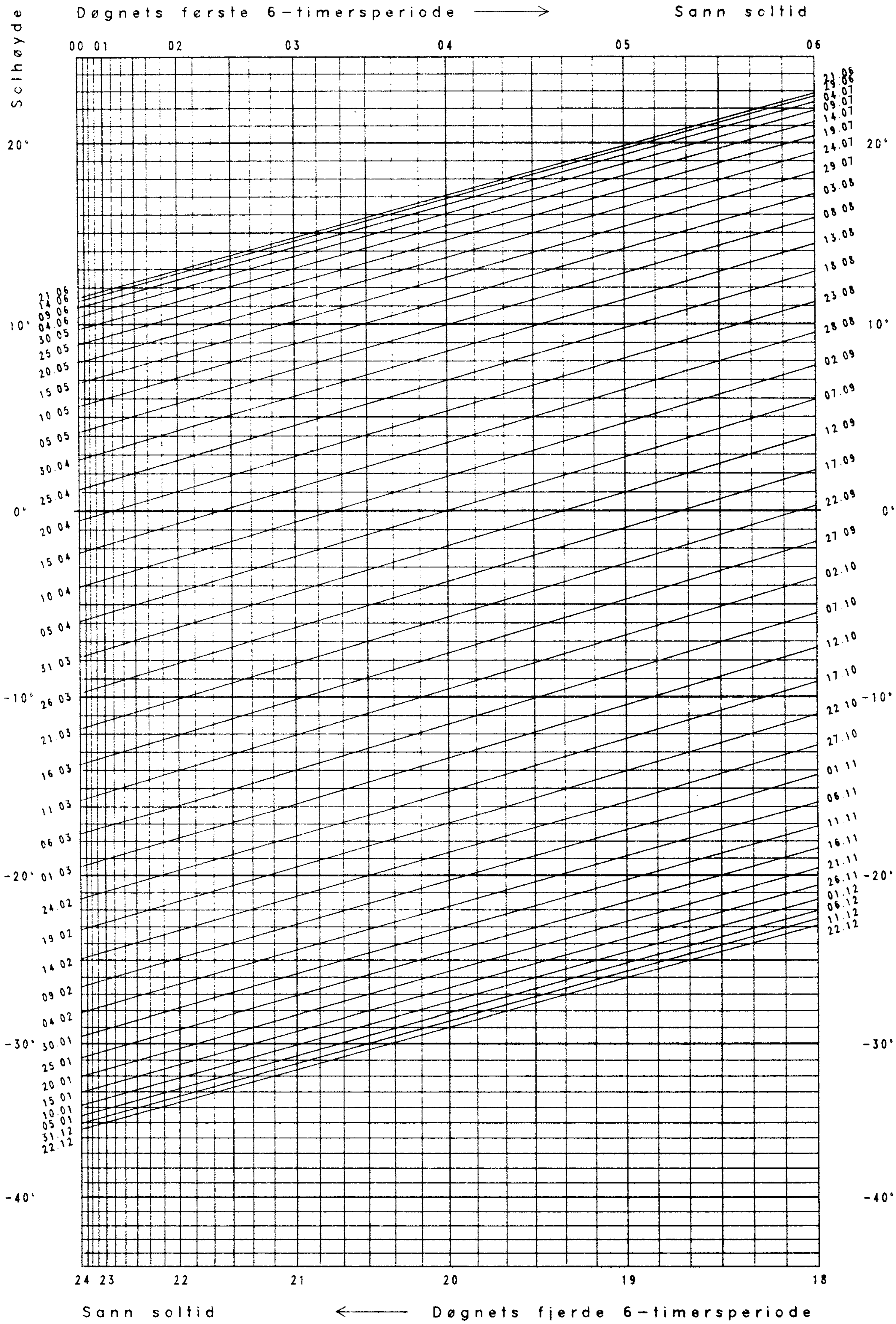
77°N


Solhøyde
Døgnets første 6-timersperiode
Sann soltid
00 01 02 03 04 05 06
20° 10° 0° -10° -20° -30° -40°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
Døgnets fjerde 6-timersperiode

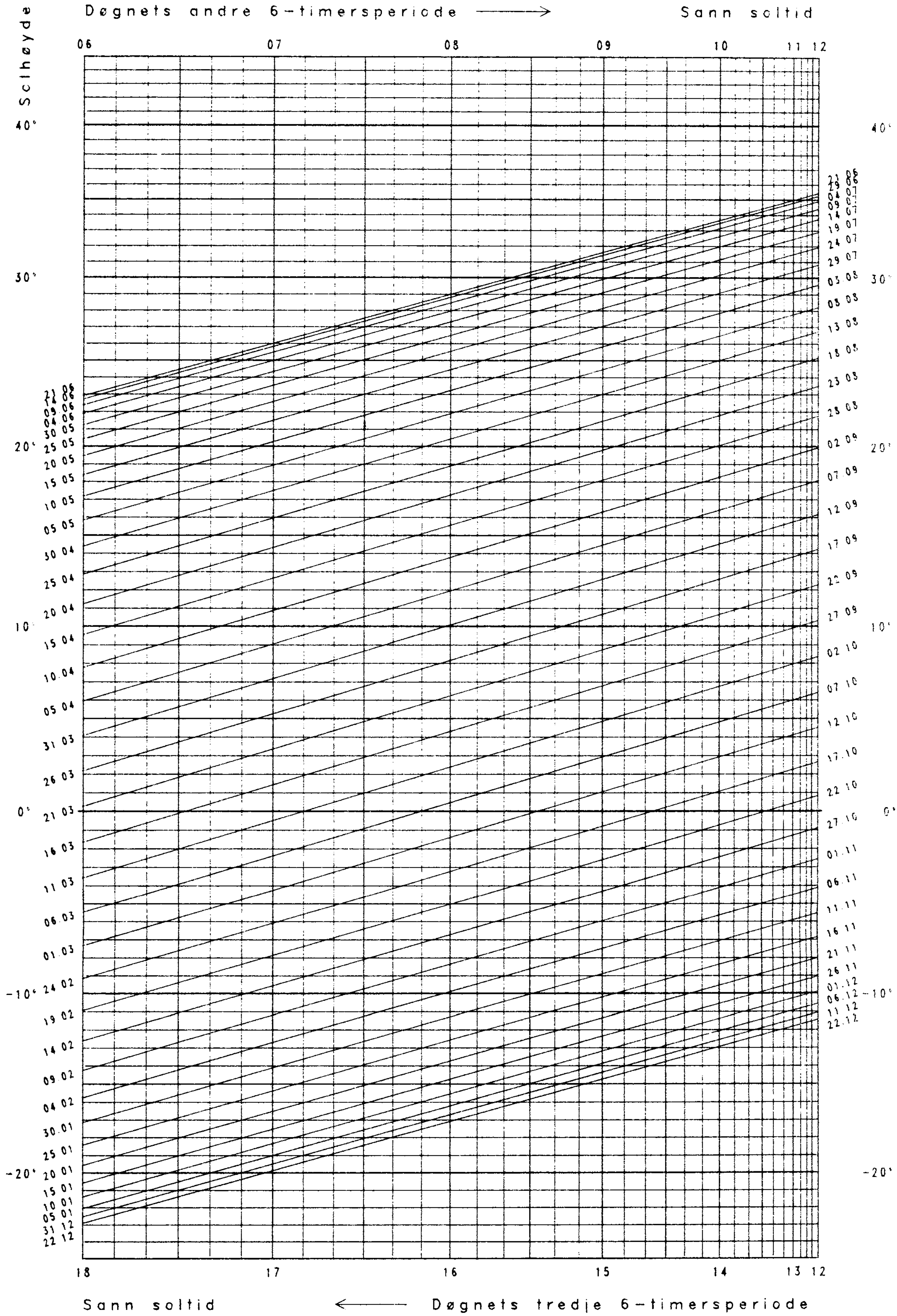
77°N


Døgnets andre 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
06 07 08 09 10 11 12
40° 30° 20° 10° 0° -10° -20°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
18 17 16 15 14 13 12
Sann soltid
← Døgnets tredje 6-timersperiode

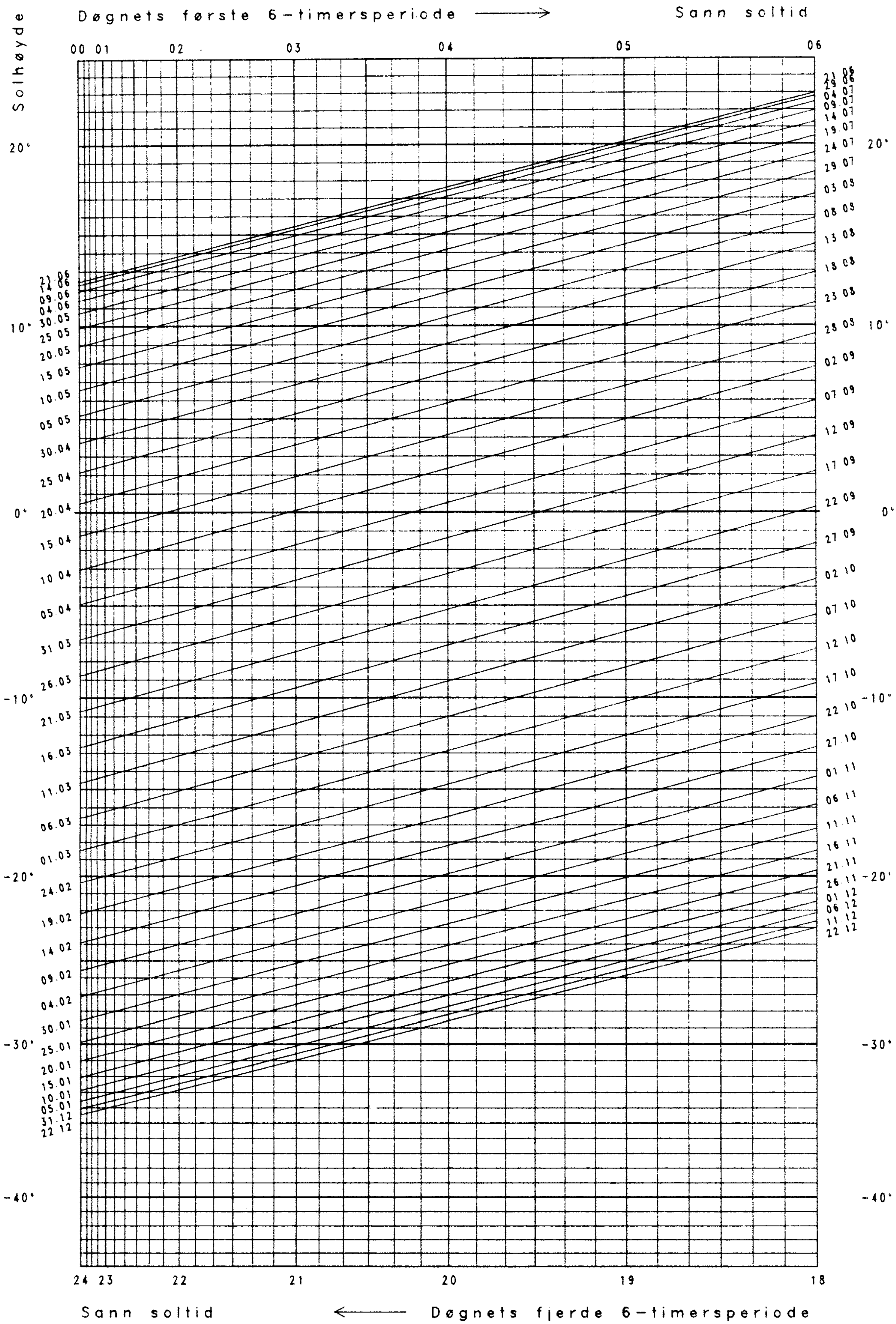
78°N


Solhøyde
Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
00 01 02 03 04 05 06
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

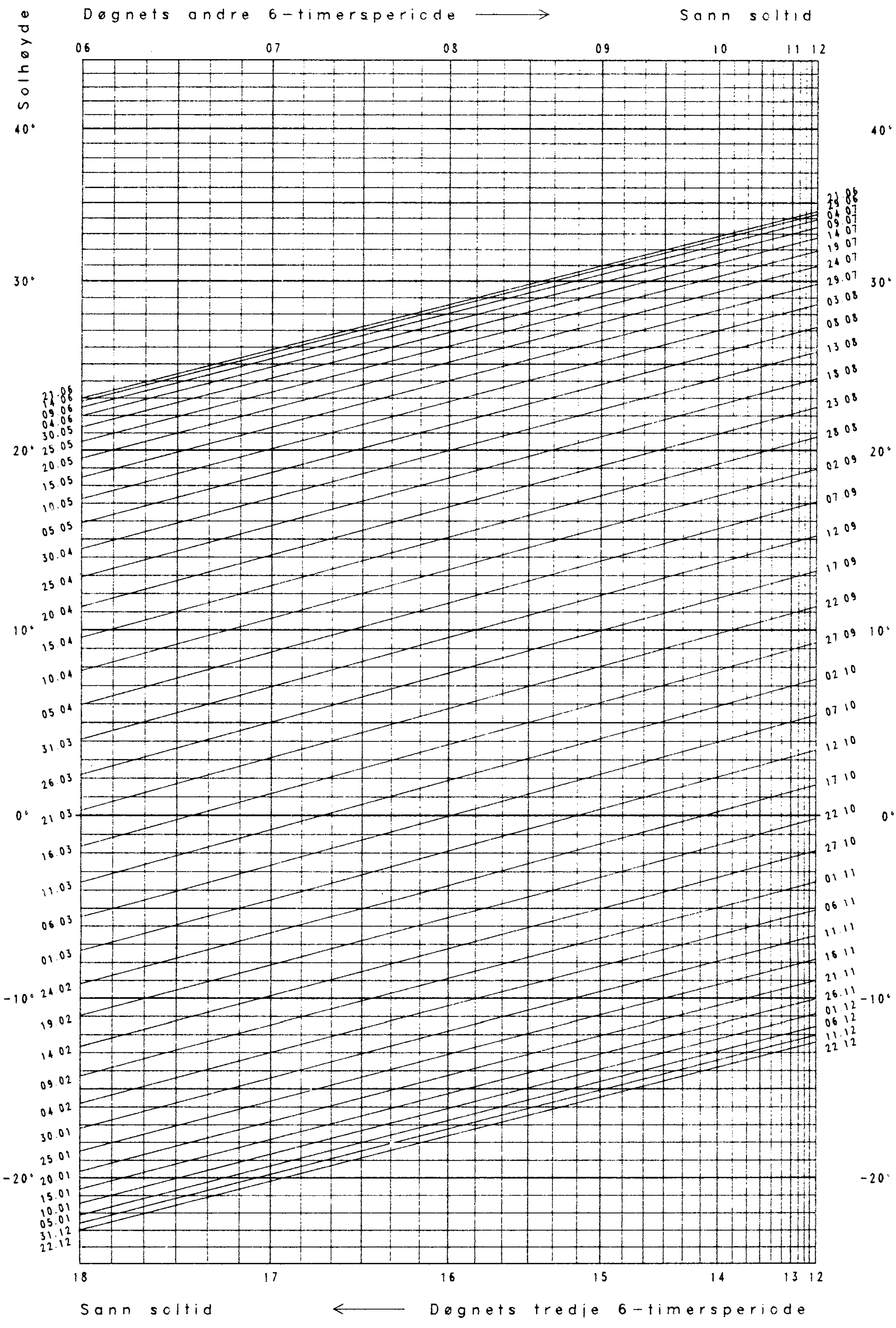
78°N


Solhøyde
Døgnets andre 6-timersperiode
Sann soltid
06
07
08
09
10
11
12
40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
21 06
14 06
09 06
04 06
30 05
25 05
20 05
15 05
10 05
05 05
30 04
25 04
20 04
15 04
10 04
05 04
31 03
26 03
21 03
16 03
11 03
06 03
01 03
24 02
19 02
14 02
09 02
04 02
30 01
25 01
20 01
15 01
10 01
05 01
31 12
22 12
21 06
29 06
04 07
09 07
14 07
19 07
24 07
29 07
03 08
08 08
13 08
18 08
23 08
28 08
02 09
07 09
12 09
17 09
22 09
27 09
02 10
07 10
12 10
17 10
22 10
27 10
01 11
06 11
11 11
16 11
21 11
26 11
01 12
06 12
11 12
22 12
18
17
16
15
14
13
12
Sann soltid
Døgnets tredje 6-timersperiode

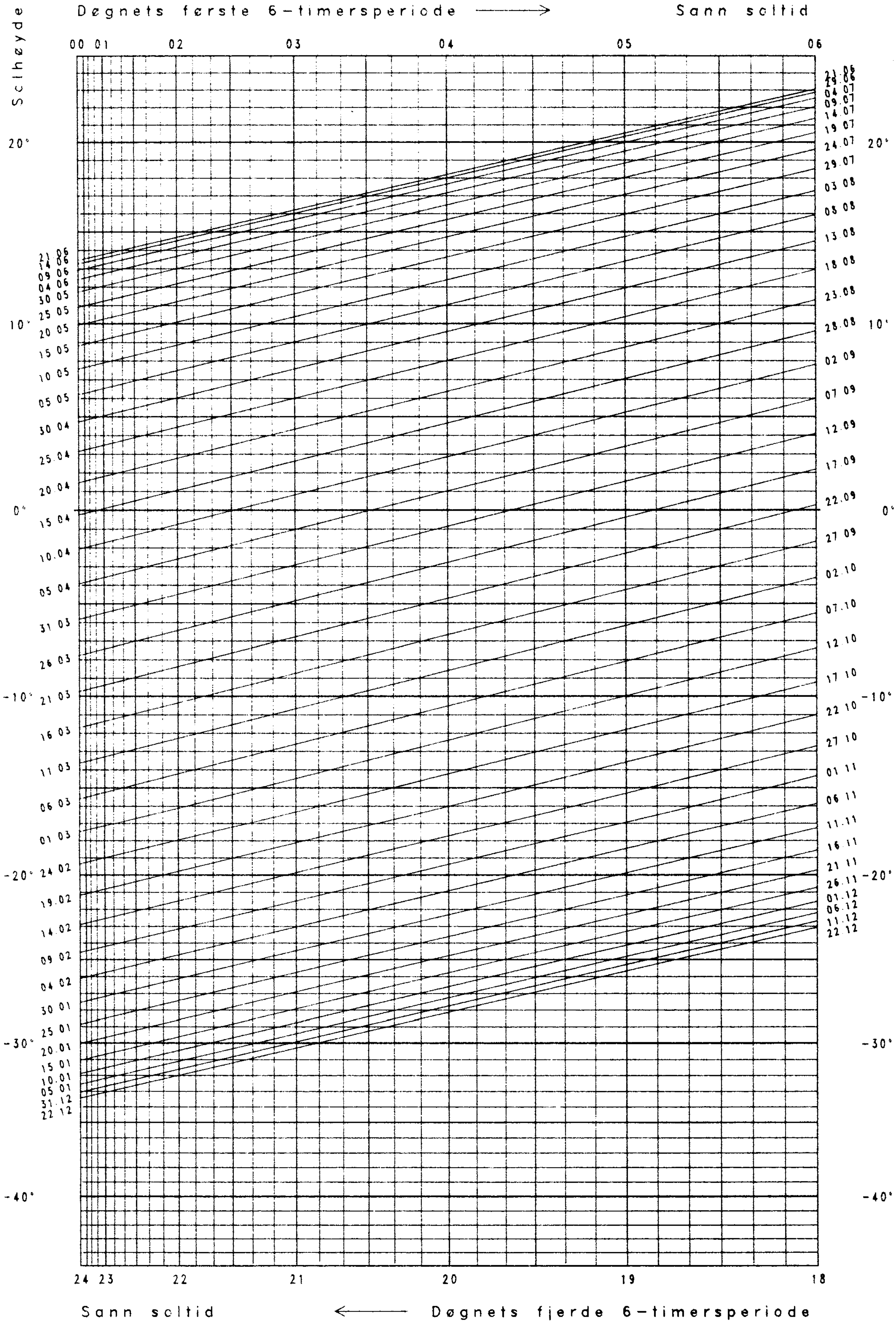
79° N


Solhøyde
Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
00 01 02 03 04 05 06
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21.06 14.06 09.06 04.06 30.05 25.05 20.05 15.05 10.05 05.05 30.04 25.04 20.04 15.04 10.04 05.04 31.03 26.03 21.03 16.03 11.03 06.03 01.03 24.02 19.02 14.02 09.02 04.02 30.01 25.01 20.01 15.01 10.01 05.01 31.12 22.12
21.06 29.06 04.07 09.07 14.07 19.07 24.07 29.07 03.08 08.08 13.08 18.08 23.08 28.08 02.09 07.09 12.09 17.09 22.09 27.09 02.10 07.10 12.10 17.10 22.10 27.10 01.11 06.11 11.11 16.11 21.11 26.11 01.12 06.12 11.12 22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

79°N

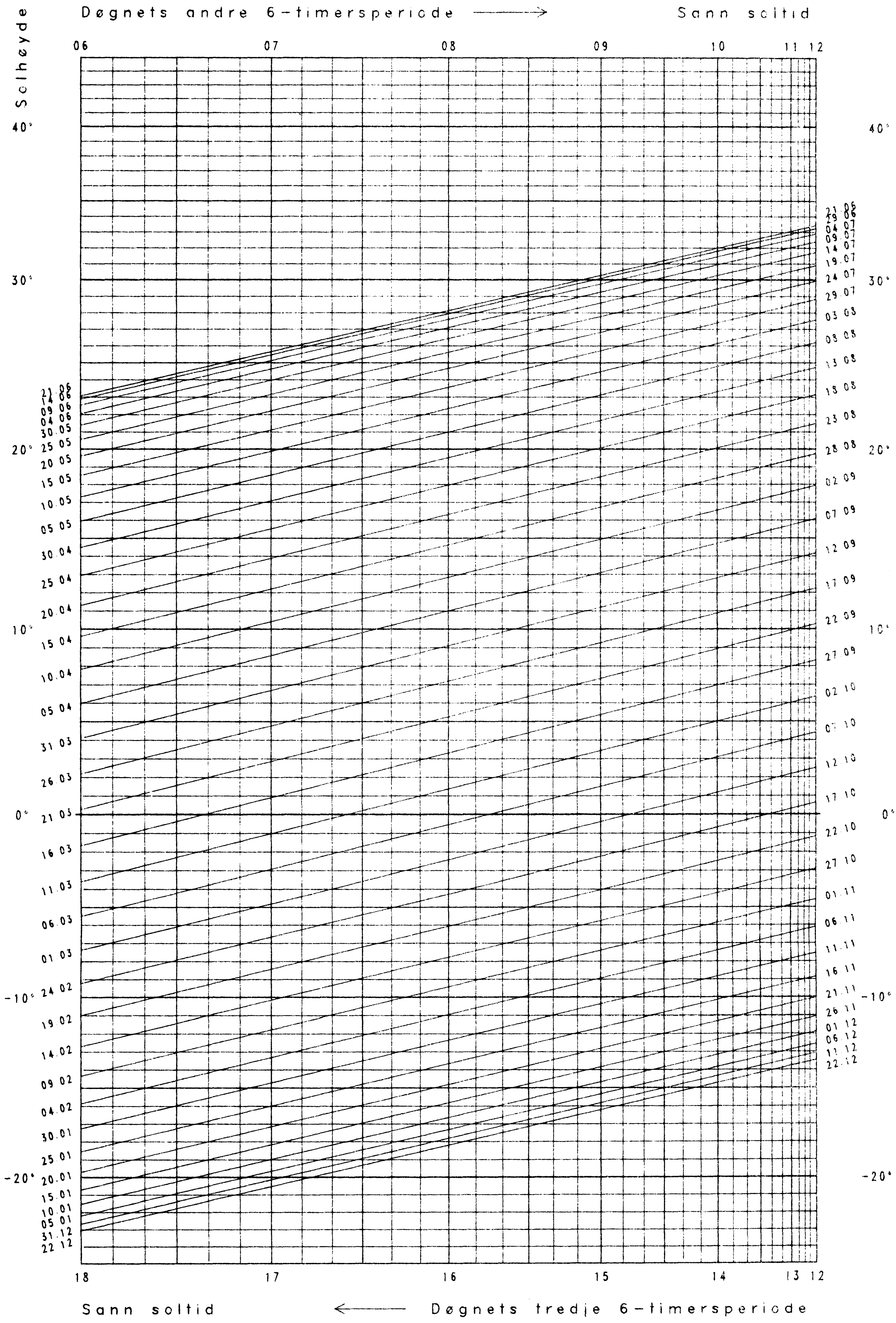

Døgnets andre 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
06
07
08
09
10
11
12
40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
29.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12
18
17
16
15
14
13
12
Sann soltid
← Døgnets tredje 6-timersperiode

80°N

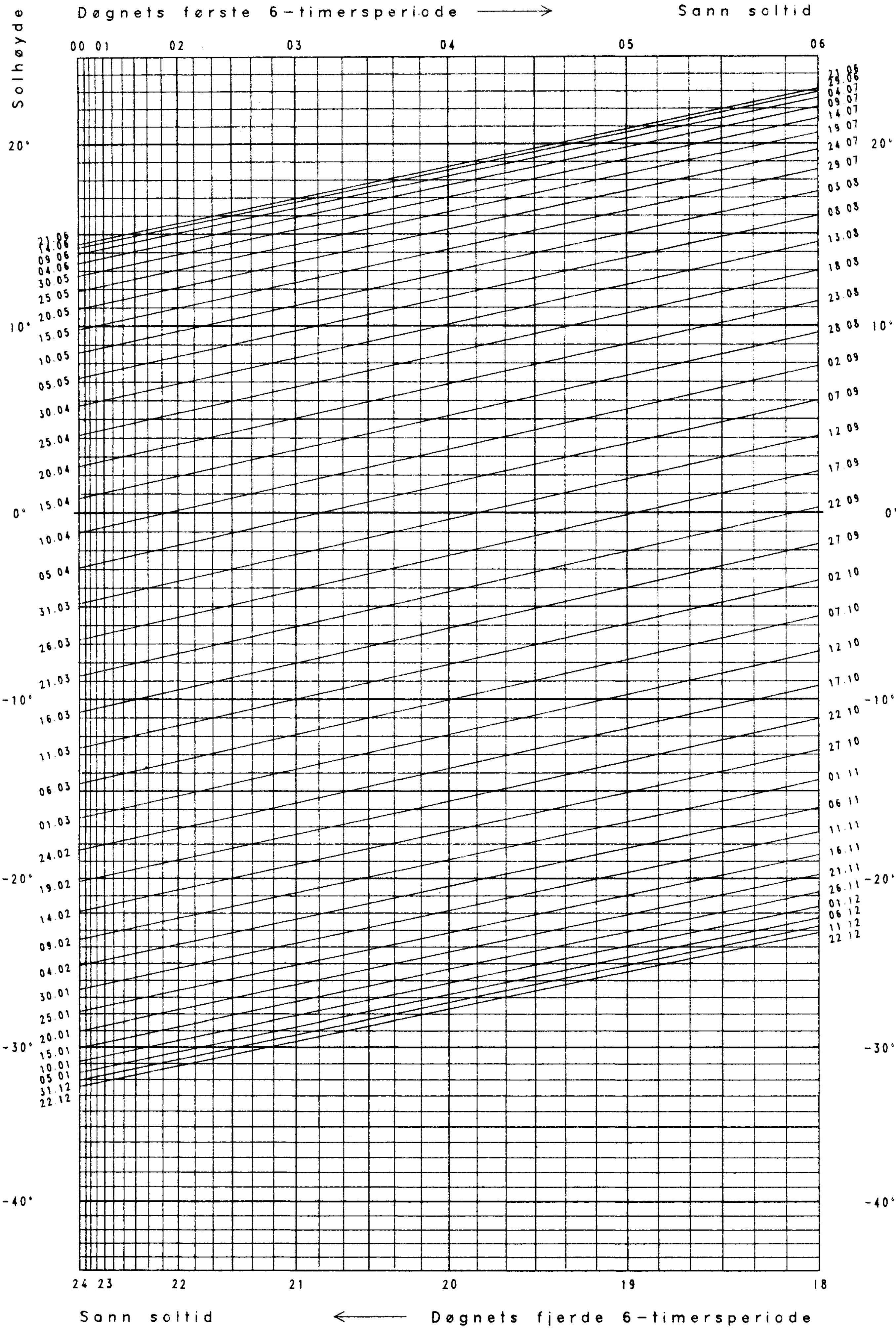


Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
00 01 02 03 04 05 06
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
21.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

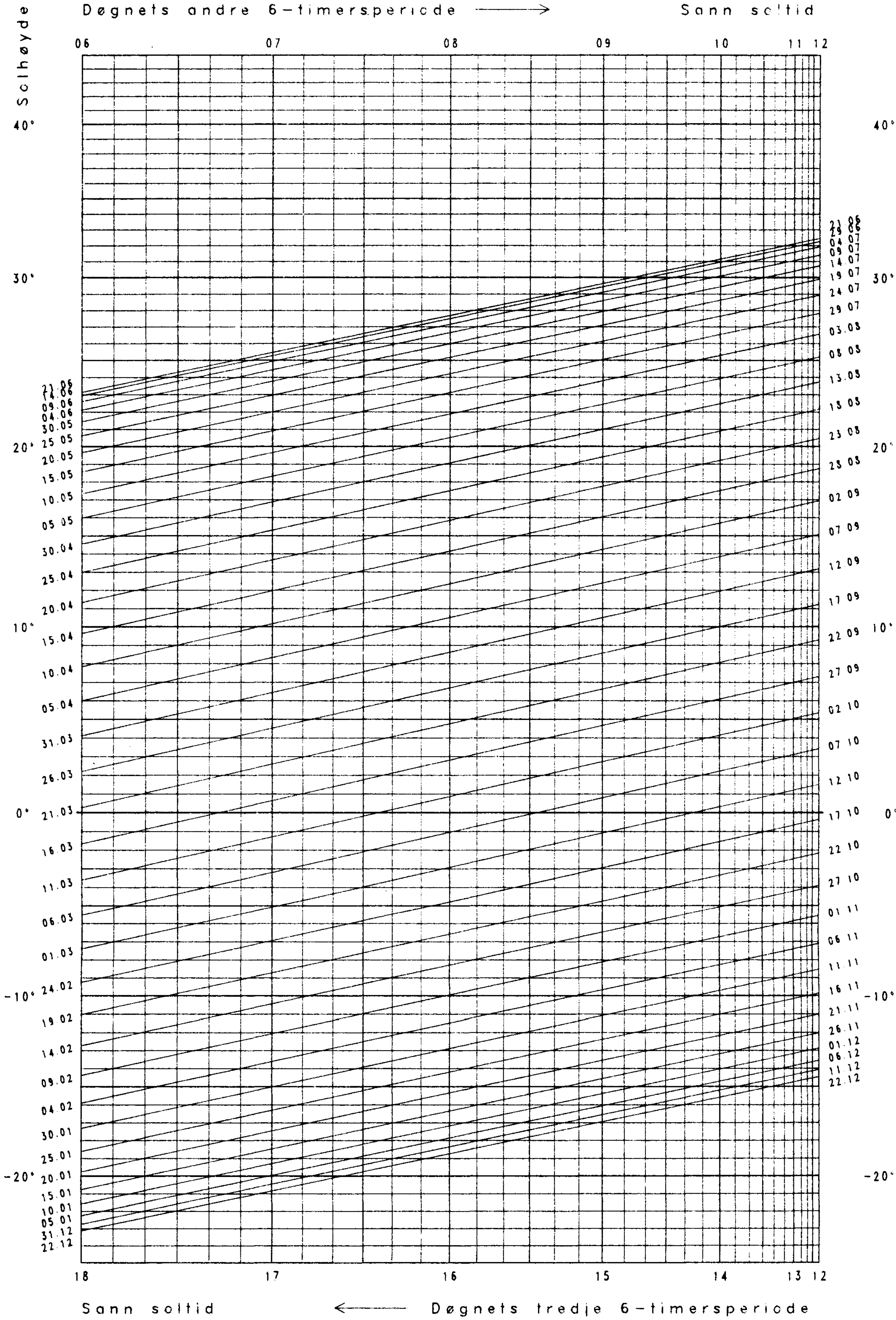
80°N


Døgnets andre 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
06
07
08
09
10
11
12
40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
29.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12
18
17
16
15
14
13
12
Sann soltid
← Døgnets tredje 6-timersperiode

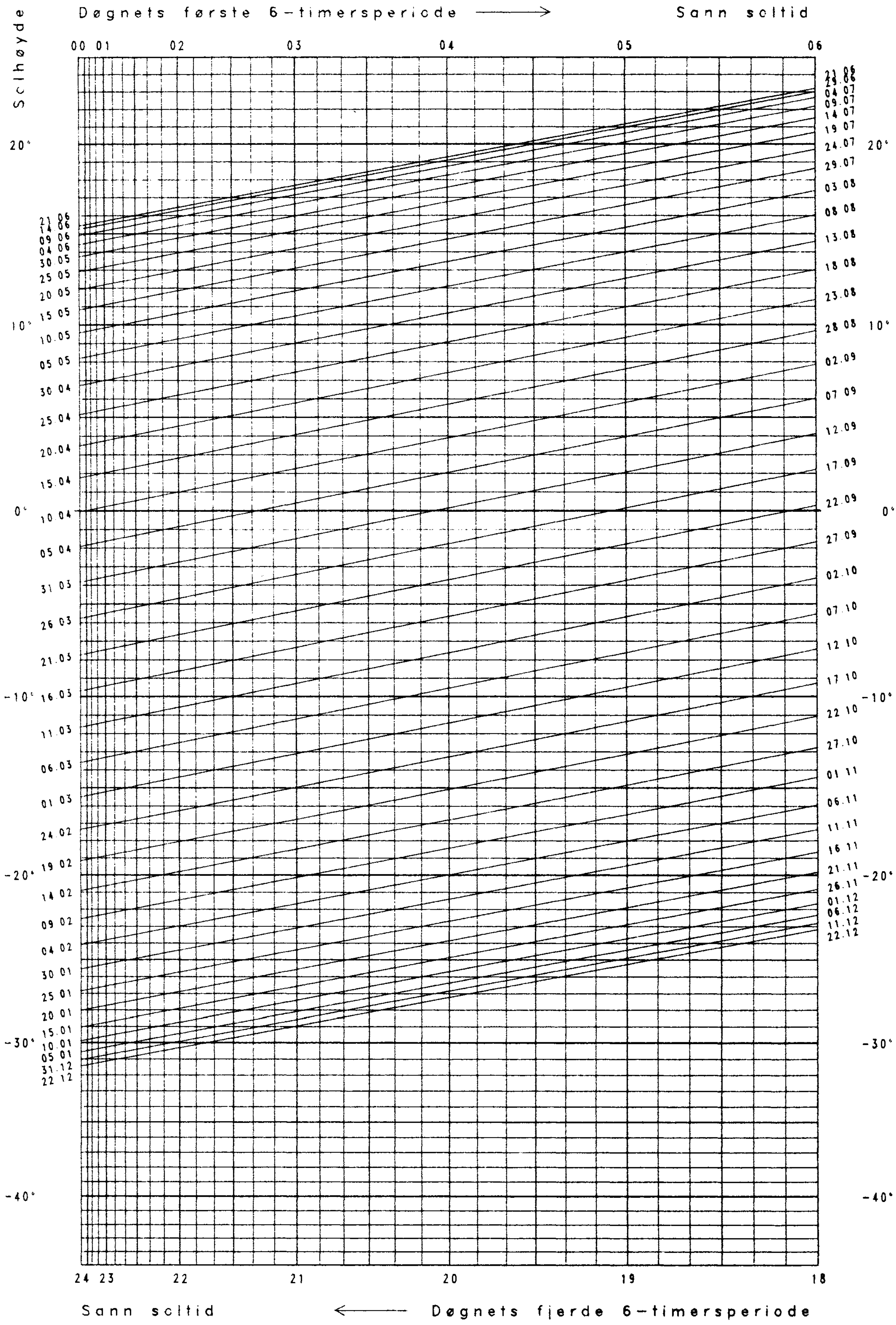
81°N


Solhøyde
Døgnets første 6-timersperiode →
Sann soltid
00 01 02 03 04 05 06
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
← Døgnets fjerde 6-timersperiode

81°N

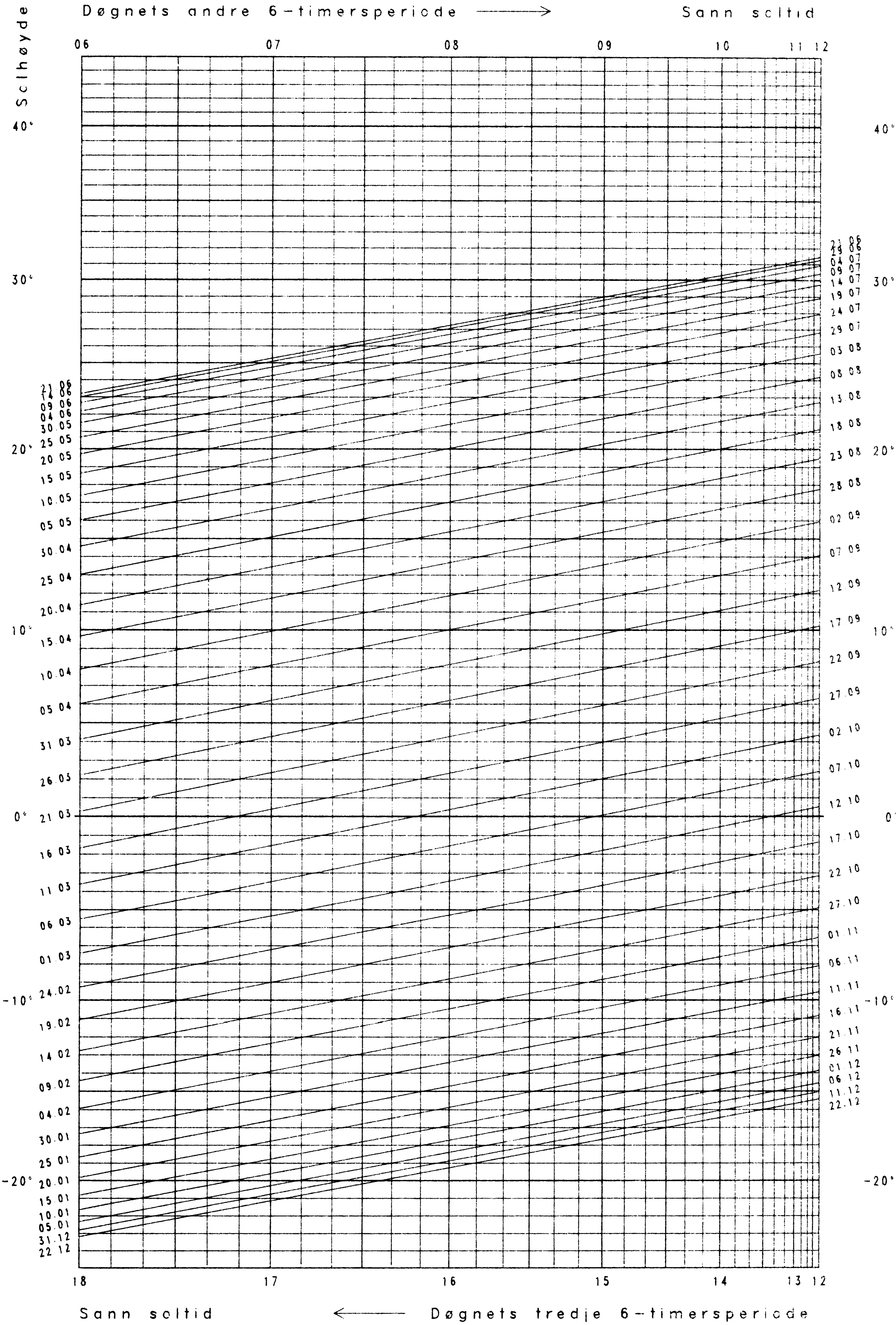

Døgnets andre 6-timersperiode →
Sann soltid
Solhøyde
06
07
08
09
10
11
12
40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
21.06
29.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12
18
17
16
15
14
13
12
Sann soltid
← Døgnets tredje 6-timersperiode

82° N



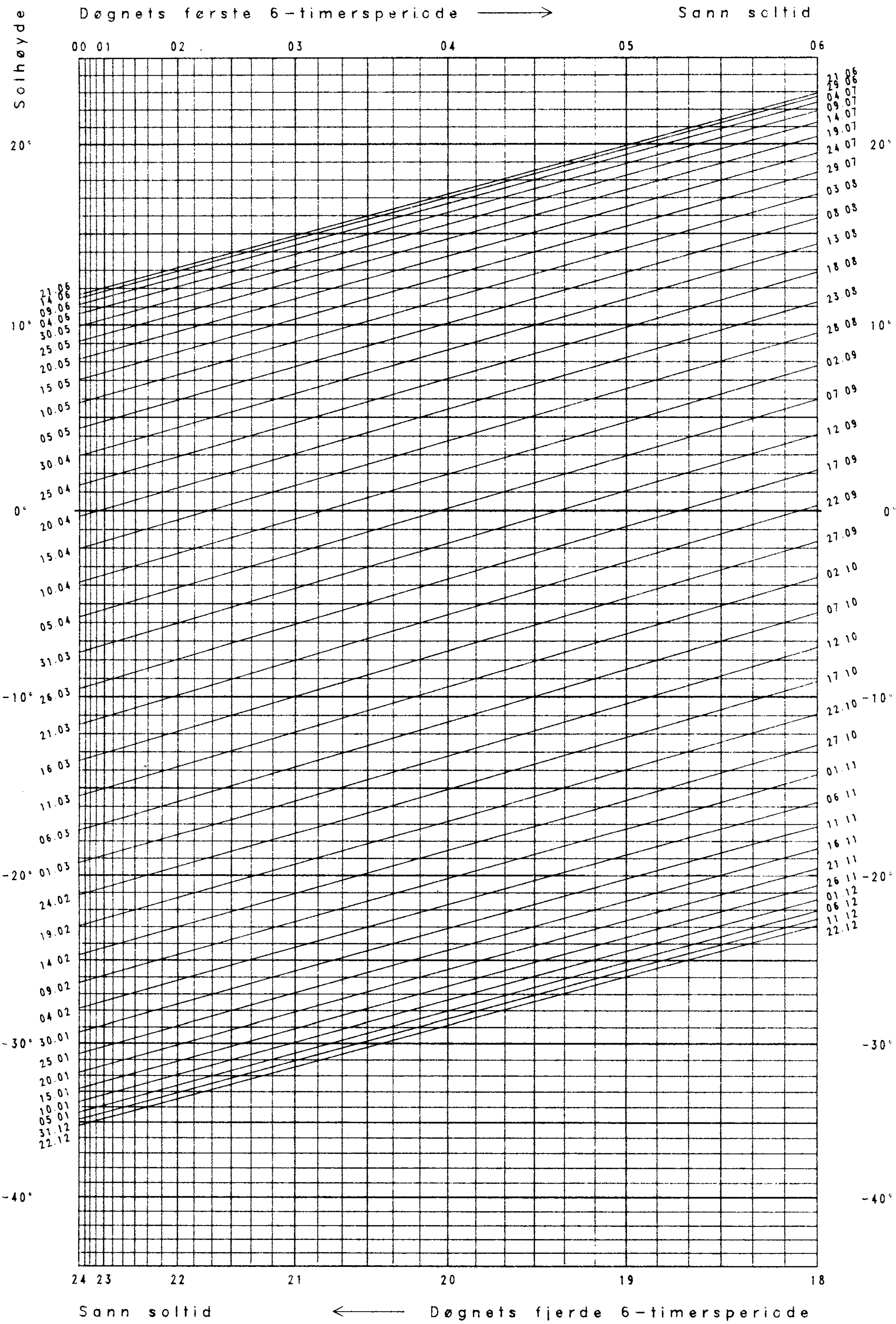
Solhøyde
Døgnets første 6-timersperiode
Sann soltid
00 01 02 03 04 05 06
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21.06
14.06
09.06
04.06
30.05
25.05
20.05
15.05
10.05
05.05
30.04
25.04
20.04
15.04
10.04
05.04
31.03
26.03
21.03
16.03
11.03
06.03
01.03
24.02
19.02
14.02
09.02
04.02
30.01
25.01
20.01
15.01
10.01
05.01
31.12
22.12
21.06
29.06
04.07
09.07
14.07
19.07
24.07
29.07
03.08
08.08
13.08
18.08
23.08
28.08
02.09
07.09
12.09
17.09
22.09
27.09
02.10
07.10
12.10
17.10
22.10
27.10
01.11
06.11
11.11
16.11
21.11
26.11
01.12
06.12
11.12
22.12
24 23 22 21 20 19 18
Sann soltid
Døgnets fjerde 6-timersperiode

82° N

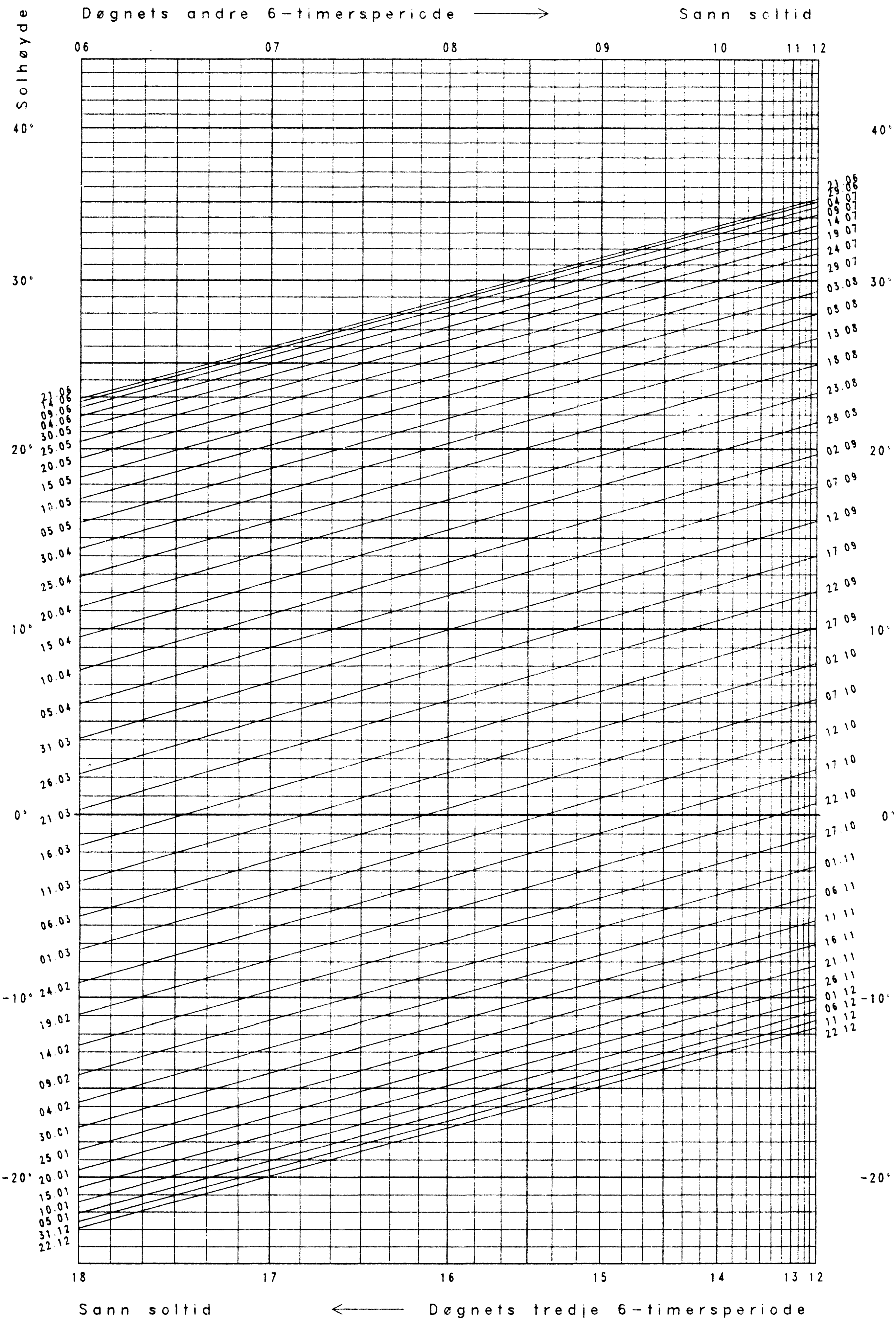


Døgnets andre 6-timersperiode
Sann soltid
Solhøyde
06
07
08
09
10
11
12
40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
21 06
14 06
09 06
04 06
30 05
25 05
20 05
15 05
10 05
05 05
30 04
25 04
20 04
15 04
10 04
05 04
31 03
26 03
21 03
16 03
11 03
06 03
01 03
24 02
19 02
14 02
09 02
04 02
30 01
25 01
20 01
15 01
10 01
05 01
31 12
22 12
29 06
04 07
09 07
14 07
19 07
24 07
29 07
03 08
08 08
13 08
18 08
23 08
28 08
02 09
07 09
12 09
17 09
22 09
27 09
02 10
07 10
12 10
17 10
22 10
27 10
01 11
06 11
11 11
16 11
21 11
26 11
01 12
06 12
11 12
22 12
18
17
16
15
14
13
12
Sann soltid
Døgnets tredje 6-timersperiode

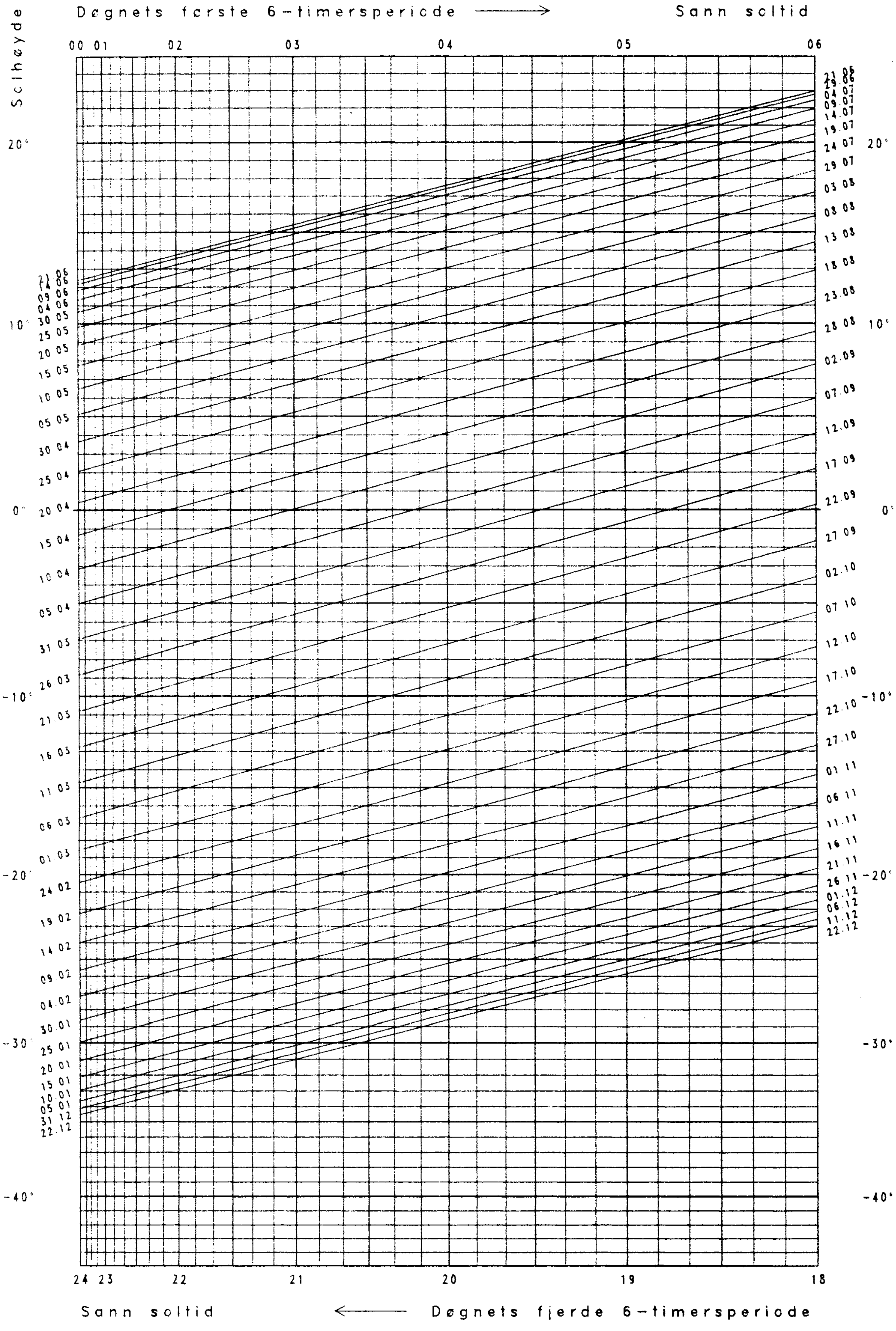
Longyearbyen (78°13'N,15°38'E)



Longyearbyen (78°13′N,15°38′E)



Ny-Ålesund (78°55'N,11°56'E)



Ny-Ålesund (78°55'N, 11°56'E)