

Stauwirkung der Salpausselkä-Hügelkette.

Von

AILI NURMINEN

Die Vorgänge beim Stau an hohen und ausgedehnten Gebirgsketten sind ausserordentlich verwickelt (6). Besonders die Aerologie der Stauung ist noch wenig bekannt (5), obwohl diese grosse Bedeutung für die Sichtverhältnisse und Niederschlagsbildung besitzt. Die vorliegende Arbeit versucht den Einfluss der über 100 m hohen Salpausselkä-Hügelkette in Südfinnland auf die Sicht- und Wolkenhöhenbeobachtungen auf dem südöstlichen Hang derselben zu untersuchen. Der Salpausselkä (Lohjanselkä)

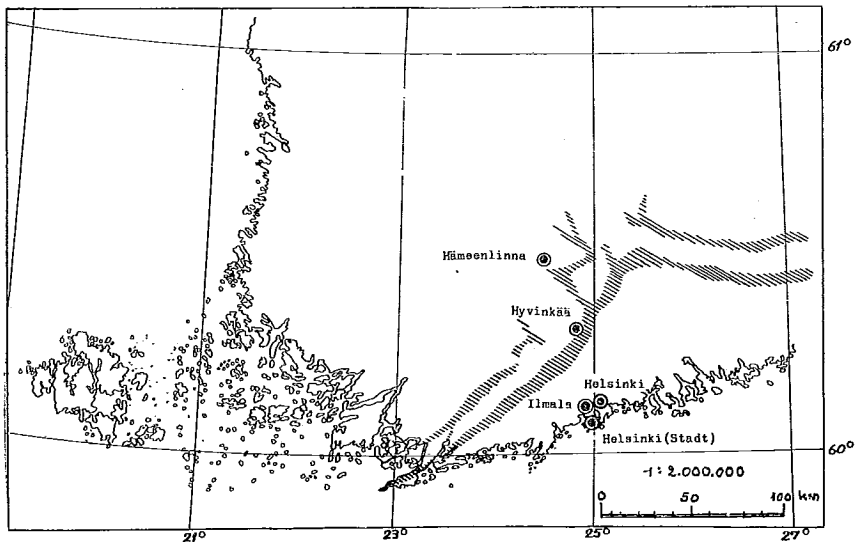


Fig. 1. Westlicher Teil vom Salpausselkä

erstreckt sich, wie aus der beigefügten Skizze zu ersehen ist, von der Halbinsel Hanko gegen NE durch Hyvinkää, um etwas nördlicher nach E abzubiegen.

Material.

Die Lage der bearbeiteten 5 Beobachtungsorte geht aus Tabelle 1 und der Figur 1 hervor.

Tabelle 1.

Station	Beobachter	Breite	Länge	Seehöhe m.	Höhe des Wind- messers über Gr. m.
Hyvinkää	Flugwetterwarte	60°39' N	24°53' E	131	14
Helsinki	»	60°15'	25° 3'	15	12
»	Met. Zentralanstalt	60°10'	24°57'	9	30
Ilmala	Aerol. Observatorium	60°12'	24°55'	45	24
Hämeenlinna	Luftwaffe	60°59'	24°27'	90.5	12.4

Leider stand ein Material von nur kurzem Zeitraum zur Verfügung und zwar vom Oktober 1944 bis zum Ende des Dezember 1946, welche Zeit der Flugwetterdienst von Helsinki auf dem Flugplatz Hyvinkää arbeitete. Gleichzeitig aber wurden die Beobachtungen auch in unmittelbarer Nähe des Flugplatzes Helsinki und von denselben Beobachtern gemacht. Diese Beobachtungsreihen sind deshalb ziemlich homogen.

Bearbeitet wurden die Beobachtungen von den Jahren 1945—1946 über die Monate Oktober—April, weil die Orographie nur in diesen Monaten grössere Hindernisse in dem regelmässigen Flugverkehr in Hyvinkää verursachte.

Aus dem Material der beiden Flugplätze, Hyvinkää und Helsinki, wurden folgende stündlichen Beobachtungen benutzt:

Jahr	Monat	Beobachtungszeit
1945	I—III	6—20
	IV, X—XII	6—21
1946	I—IV	6—21
	X—XII	5—21

Auf die einzelnen Monate verteilten sich die Beobachtungen in der folgenden Weise:

Monat	I	II	III	IV	X	XI	XII	Summe
Anzahl der Beobachtungen	961	868	961	960	1,023	990	1,023	6,786

Die Monate Oktober—Dezember 1944 wurden wegen unregelmässiger Beobachtungen in Hyvinkäi ausser Acht gelassen.

Aus der *Stadt Helsinki* lagen dreistündliche Beobachtungen (6, 9, 12, 15, 18, 20, 21 oder 5, 8, 11, 14, 17, 20) vor; aus *Hämeenlinna* 12 Beobachtungen täglich und von dem *aerologischen Observatorium Ilmala* 4 tägliche Beobachtungen vor: die Termin- und die 9-Uhrbeobachtungen.

Methode.

Da die Erfahrungen gezeigt hatten, dass die südöstlichen Winde für Stauwirkungen in Hyvinkää die günstigsten Verhältnisse lieferten, schien es am zweckmässigsten, die Sicht- und Wolkenhöhenbeobachtungen nach den Windvierteln zu ordnen, und zwar NE-Windviertel von N bis ENE, SE von E bis SSE, SW von S bis WSW und NW von W bis NNW. Wegen der kurzen Zeitperiode wurden alle Monate zusammen behandelt.

In den beiden Flughäfen, Hyvinkää und Helsinki, und in Ilmala wurde die Sicht in km angegeben, bei den übrigen Stationen nach bekannter internationaler Skala (Tabelle 2) geschätzt. Die Sichtstufen wurden in die entsprechende Anzahl von Kilometern umgerechnet, um die Beobachtungen besser mit einander vergleichen zu können. Die Beziehung zwischen den Sichtstufen S und den mittleren Sichtweiten E_m (in Metern) ist ungefähr durch die Formel

$$S = -6.5 + 3.3 \text{ Log } E_m$$

angegeben (1). Nach dieser Formel wurde für jede Sichtstufe das arithmetische Mittel als wahrscheinlichster Wert aus der unteren und oberen Grenze des zugehörigen Kilometerintervalls angesetzt. Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte für alle Sichtstufen und 50 km für 9.

Tabelle 2.

Sichtstufen	Grenzen des Sichtweitenintervalls	Mittlere Sichtweite
0	0— 50 m	25 m
1	50— 200 »	125 »
2	200— 500 »	350 »
3	500—1,000 »	750 »
4	1— 2 km	1,5 km
5	2— 4 »	3 »
6	4—10 »	7 »
7	10—20 »	15 »
8	20—50 »	35 »
9	über 50	50 »

Sicht in den Windvierteln.

Der Mittelwert der Sichtweite aller Beobachtungen in jedem Windviertel und bei Windstillen geht aus Tabelle 3 hervor:

Tabelle 3. Sicht (km) in den verschiedenen Windvierteln (Oktober—April 1945—1946)
(Anzahl der Beobachtungen in Klammern)

Station	NE	SE	SW	NW	Mittel	C
Hyvinkää	21.8 (1064)	11.3 (1632)	12.6 (1757)	26.5 (1927)	17.7 (6786)	12.2 (406)
Helsinki	20.5 (1177)	13.0 (1122)	12.6 (1935)	28.3 (1422)	17.5 (6786)	13.5 (1130)
» (Stadt)	18.2 (585)	8.0 (815)	8.8 (545)	19.0 (564)	12.8 (2546)	9.4 (37)
Ilmala	18.6 (385)	9.3 (344)	12.6 (477)	26.4 (478)	17.2 (1696)	5.9 (12)
Hämeenlinna	16.5 (277)	12.8 (694)	12.9 (458)	17.6 (653)	14.8 (2082)	10.2 (90)

Das Minimum der Sichtweite liegt bei der SE-Strömung, den Flugplatz Helsinki ausgenommen, dessen Minimum auf den SW - Wind fällt. Nach früheren Untersuchungen (3, 7) ist die Sicht in der Stadt Helsinki und in Ilmala

bei SE-Winden am schlechtesten. Der hohe Wert, 13.0 km, auf dem Flugplatz Helsinki ist nicht reell, sondern bedingt durch die Lage des Flugfeldes zu dem höheren Gelände südöstlich von da. Dieses Gelände verhindert erfahrungsgemäss oft den Seenebel an das Feld zu kommen. Für das Minimum bei SW, 12.6 km, dürfte der Stadtrauch verantwortlich sein. Die Sachlage wird noch durch die mittlere Sichtweite von acht Jahren 1937—1944 bestätigt: 13.6 km bei südöstlicher und 13.7 km bei südwestlicher Strömung. Das Minimum in Ilmala muss allerdings durch den Stadtdunst berücksichtigt werden, sowie auch die verhältnismässig niedrigen Werte der Stadt Helsinki, besonders bei NW-Winden, in welchen Richtungen die Stadttrübungen am stärksten sind. In Hämeenlinna sind die Werte gleichmässiger verteilt.

Hinsichtlich dieser Sichtwerte ist es schwer, eine Stauwirkung dabei zu finden. Um Anhaltspunkte zu weiteren Untersuchungen zu gewinnen, wurde jetzt die Anzahl der Beobachtungen beider Flugfelder näher betrachtet. Auf die Windgruppen verteilten sich die Beobachtungen auf den beiden Flugplätzen verschieden. Man ersieht den Einfluss der Orographie: Hyvinkää beobachtet SE- und NW-Winde, also Winde, die gegen den Salpausselkä wehen, bedeutend mehr als Helsinki; SW- und NE-Winde, die Winde mit der Salpausselkärichtung, aber weniger. Zu bemerken ist, dass ein Wind, der in Helsinki vom SW-Windviertel weht, in Hyvinkää vom SE-Windviertel kommen kann. Es findet eine Linksdrehung des Windes über Land statt (vgl. 4).

Windstillen hat Hyvinkää wenig, nur etwas über $\frac{1}{3}$ der Anzahl in Helsinki. Die kalten Luftmassen der winterlichen Hochdruckgebiete pflegen oft auf dem auf Sümpfboden gelegenen Flughafen Helsinki mit Windstille zu stagnieren, was auf dem Flugplatz Hyvinkää selten stattfindet, der hoch auf dem Salpausselkä liegt.

Aus Tabelle 4, die die Verteilung der schlechten Sicht ≤ 1 km in den Monaten Oktober-Februar zeigt, ist eine bedeutende Stauwirkung zu ersehen. In Hyvinkää entsteht bei NW-Strömung 10 mal, bei SE-Winden 2.8 mal so oft schlechte Sicht wie in Helsinki. Der Umstand, dass auch bei SW-Winden Hyvinkää mehr schlechte Sicht aufzuweisen hat als Helsinki, dürfte auf den zahlreichen S-Winden beruhen, auf welche der Salpausselkä wirkt. Nur NE-Winde und Windstillen hat Helsinki mehr als Hyvinkää. Im ganzen beobachtet Hyvinkää 1.8 mal so oft schlechte Sicht wie Helsinki.

(Tabelle 4. Sicht ≤ 1 hm Oktober-Februar 1945—1946.)
(Anzahl der Fälle.)

Station	NE	SE	SW	NW	C	Summe
Hyvinkää	37	269	229	109	110	794
Helsinki	43	95	169	11	133	442

Wolkenuntergrenze bei den verschiedenen Luftströmungen.

Die Wolkenhöhenbeobachtungen sind nach bekannter internationaler Skala gemacht worden (Tabelle 5).

Tabelle 5.
Wolkenhöhen.

Skala:	Höhe:
0	0— 50 m
1	50— 100 »
2	100— 200 »
3	200— 300 »
4	300— 600 »
5	600—1,000 »
6	1,000—1,500 »
7	1,500—2,000 »
8	2,000—2,500 »
9	Keine tiefen Wolken

Weil die Wolkenhöhenschätzungen im allgemeinen sehr unzuverlässig sind, lohnte es sich, das Material nur von den beiden Flughäfen näher zu bearbeiten. Aus Tabelle 6 ist die Häufigkeitsverteilung der Wolkenhöhe in Prozenten aller Beobachtungen zu ersehen.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Wolkenhöhen in Hyvinkää mehr bei SE-und NW-Strömungen vorkommen als in Helsinki, bei NE-und SW-Strömungen dagegen weniger, ebenso wie es sich mit der Sichtverteilung verhielt. Die allgemeine Regel gilt noch für die Wolkenhöhen unter 300 m wie aus der Tabelle hervorgeht. Die Stauwirkung kommt jetzt gut zum Ausdruck.

Tabelle 6. Häufigkeitsverteilung der Wolkenuntergrenze in den verschiedenen Windvierteln und bei Windstille in Prozenten aller Beobachtungen (Oktober—April 1945—1946).

Wolkenhöhe	0	1	2	3	4	5—6	9	Summe
NE								
Hyvinkää	0.3	0.6	2.3	3.3	3.4	1.8	4.0	15.7
Helsinki	0.1	0.6	2.0	5.3	5.6	1.4	2.3	17.3
SE								
Hyvinkää	3.3	4.0	5.4	3.9	2.3	1.1	4.0	24.0
Helsinki	0.1	1.1	3.7	4.5	2.7	0.9	3.6	16.6
SW								
Hyvinkää	3.7	5.3	6.1	3.0	2.8	1.7	3.3	25.9
Helsinki	1.4	2.7	6.6	9.1	3.3	1.5	3.8	28.4
NW								
Hyvinkää	1.6	2.1	3.6	3.3	4.5	4.4	8.9	28.4
Helsinki	0.2	0.5	1.6	3.9	4.1	3.6	7.1	21.0
Summe								
Hyvinkää	8.9	12.0	17.4	13.5	13.0	9.0	20.2	94.0
Helsinki	1.8	4.9	13.9	22.8	15.7	7.4	16.8	83.3
C								
Hyvinkää	1.4	0.7	0.9	0.7	0.4	0.4	1.5	6.0
Helsinki	0.9	1.4	2.7	3.7	1.5	0.5	6.0	16.7

Tabelle 7.

Niedrige Wolken.
(In Prozenten aller Beobachtungen)

Wolkenhöhe	< 300 m	< 100 m
NE Hyvinkää	6.5	0.9
NE Helsinki	8.0	0.7
SE Hyvinkää	16.6	7.3
SE Helsinki	9.4	1.2
SW Hyvinkää	18.1	9.0
SW Helsinki	19.8	4.1
NW Hyvinkää	10.6	3.7
NW Helsinki	6.2	0.7
Summe Hyvinkää	51.8	20.9
Summe Helsinki	43.4	6.7
C Hyvinkää	3.7	2.1
C Helsinki	8.5	2.3

Die niedrigsten Wolkenhöhen, < 100 m, beobachtet Hyvinkää in jeder Windgruppe mehr als Helsinki, obwohl das Land schon bei Helsinki auch etwas staut. Der Unterschied ist bei SE- und NW-Winden am grössten. Jene observiert Hyvinkää 7.3 % aller Beobachtungen, diese 3.7 %; Helsinki resp. 1.2 %, 0.7 %. Diese tiefen Wolken hat Hyvinkää bei SE-Strömung 6 mal und bei NW-Strömung 5.3 mal so viel wie Helsinki, was auf die Stauwirkung des Salpausselkä zurückzuführen ist.

Bei der Windstille ist die Sachlage umgekehrt. Helsinki hat beide Wolkenhöhengruppen mehr aufzuweisen als Hyvinkää.

Südöstliches Windviertel.

Es zeigte sich zweckmässig, das südöstliche Windviertel näher zu untersuchen, besonders die Abhängigkeit der Sicht von der Wolkenhöhe. Tabelle 8 lässt das Resultat erkennen.

Tabelle 8.

*Abhängigkeit der Sicht (km) von der Wolkenuntergrenze bei SE-Strömung
(X—IV 1945—1946).*

Wolkenhöhe	0	1	2	3	4	5—6	9
Hyvinkää	0.7	3.2	6.9	10.7	19.3	31.6	27.8
Helsinki	0.1	1.6	6.8	11.3	23.6	32.7	30.0

Die Sicht ist in Hyvinkää bei kleinen Wolkenhöhen besser als in Helsinki. Es ist eben charakteristisch für Hyvinkää, dass bei ziemlich günstigen Sichtverhältnissen die Wolkenuntergrenze klein ist, viel kleiner als erfahrungsgemäss bei derselben Sicht in Helsinki. Gelangt die Luft mit hoher relativer Feuchte zum Aufsteigen, so bleibt der Salpausselkä oft doch unter dem Kondensationsniveau, die Wolkenuntergrenze in Hyvinkää aber wird dadurch geringer als in Helsinki. Eine bekannte Tatsache ist ja, dass eine vorhandene Stratus- oder Stratocumulusschicht sich mit Annäherung an das Gebirge senkt.

Tabelle 9 gibt die Abhängigkeit der Wolkenuntergrenze von der relativen Feuchte bei SE-Strömungen. In jeder Feuchtegruppe hat Hyvinkää mehr niedrige Wolken als Helsinki aufzuweisen. Besonders ausgeprägt ist die Sachlage bei der grössten Feuchtegruppe, 96—100 %: Hyvinkää hat kleine Wolkenhöhen, unter 100 m 410 mal, Helsinki 54 mal oder

6 % resp. 0.8 % aller Beobachtungen. In der folgenden Höhengruppe verhält es sich entgegengesetzt, und bei der Wolkenhöhe 200—300 m hat Hyvinkää nur 21 Fälle, Helsinki 118, die entsprechenden Prozentzahlen sind 0.3 und 1.7.

Tabelle 9.
Abhängigkeit der Wolkenuntergrenze von der relativen Feuchte bei SE-Strömung
(X—IV. 1945—1946).

Wolkenhöhe Feuchte %	0	1	2	3	4	5—6	9	Summe
Hyvinkää 0—79	0	0	4	37	70	71	164	346
Helsinki »	0	0	0	8	86	48	159	301
Hyvinkää 80—95	7	72	243	207	73	7	100	709
Helsinki »	0	26	92	178	82	12	64	454
Hyvinkää 96—100	218	192	124	21	12	0	10	577
Helsinki »	5	49	157	118	16	3	19	367

Vertikale Temperaturverteilung bei südöstlichen Winden.

Die Radiosondenaufstiege über Ilmala bei südöstlicher Strömung während der untersuchten Zeitperiode wurden bis zu einer Höhe von 5,000 m (gdm) ausgewertet. Tabelle 10 gibt für die benutzten 158 Aufstiege die Temperatur und die potentielle Temperatur.

Tabelle 10. Temperatur und potentielle Temperatur bei SE-Strömung über Ilmala.
(X—IV, 1945—1946)

	Unten (47 gdm)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	500
Temperat.	—2.87	—3.51	—4.06	—5.36	—7.11	—9.49	—12.08	—15.12	—18.38	—21.74	—25.
Pot. »	—4.01	0.29	4.37	7.86	10.76	13.15	15.12	16.83	18.43	19.70	20.

Die Temperatur sinkt anfangs langsam bis 1,000 m, dann allmählich schneller. Auffallend ist die starke Zunahme der potentiellen Temperatur mit der Höhe, welchen charakteristischen Zug für den Stau über dem Alpenvorland W. Peppler gefunden hat (5).

Aus Tabelle 11 sind die Temperaturgradienten in den einzelnen Monaten zu ersehen.

Tabelle 11. Temperaturgradienten in den einzelnen Monaten (1945—1946) bei SE-Strömung.

Monat	Unten (47)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	4500	Anzahl der Aufstiege
I		0.24	0.04	0.22	0.31	0.53	0.54	0.66	0.75	0.77	0.63	22
II		0.22	-0.66	0.97	0.34	0.50	0.52	0.54	0.64	0.57	0.91	26
III		-0.36	0.24	0.37	0.33	0.64	0.49	0.51	0.72	0.62	0.75	21
IV		-0.28	0.63	0.57	0.60	0.56	0.54	0.48	0.56	0.55	0.66	12
X		0.38	0.36	-0.35	0.31	0.48	0.53	0.60	0.67	0.69	0.68	10
XI		0.29	-0.09	0.20	0.28	0.44	0.52	0.67	0.59	0.75	0.75	19
XII		0.28	0.02	0.12	0.34	0.42	0.52	0.65	0.71	0.70	0.75	48
Mittel		0.58	0.11	0.26	0.35	0.48	0.52	0.61	0.65	0.67	0.82	158

Die Mittelwerte zeigen, dass die Atmosphäre sehr stark geschichtet ist. Dass der Dezember eine Anhäufung von Aufstiegen aufweist, dürfte bei der Erstreckung des gesamten Zeitraums über 7 Monate das Endergebnis doch nicht allzusehr beeinflussen.

Der Temperaturgradient weist zwischen 500 m und 1,000 m eine starke Abnahme auf. Dies dürfte für die Stausituation typisch sein (vgl. 5). In den Frühlingsmonaten März und April gibt es Bodeninversion, die Monate Februar und November haben Inversion zwischen 500 m und 1,000 m und der Januar und Dezember Isothermie. Im Oktober ist die Inversion in die Schicht 1,000—1,500 m verschoben.

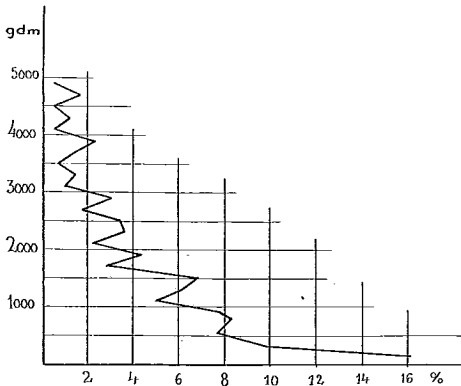


Fig. 2. Störungsschichten über Ilmala (in Prozent).

Die Auszählung der Störungsschichten wurde nach Höhenstufen von 200 m vorgenommen (Tabelle 12, Fig. 2). Nur die untere Grenze der Temperaturinversionen ist dabei berücksichtigt worden.

Tabelle 12. Häufigkeitsverteilung der Störungsschichten über Ilmala bei SE-Strömung
(X—IV. 1945—1946)
(In Prozenten)

Höhenstufen.	47	210	410	610	810	1010	1210	1410	1610	1810	2010	2210	2410
Häuf. der Inv. und Isoth.	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
Höhenstufen	16.1	9.8	7.6	8.3	7.8	4.9	6.1	6.8	2.7	4.4	2.2	3.6	3.4
Häuf. der Inv. und Isoth.													
Höhenstufen		2610	2810	3010	3210	3410	3610	3810	4010	4210	4410	4610	4810
Häuf. der Inv. und Isoth.		2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000
Höhenstufen		1.7	3.1	1.0	1.5	0.7	1.5	2.4	0.5	1.2	0.5	1.7	0.5
Häuf. der Inv. und Isoth.													

Die 158 Zustandskurven haben insgesamt 410 Störungsschichten. Die meisten befinden sich unter 3,000 m, wo die Inversionshäufigkeit sprunghaft zurückgeht, um eine Zunahme in der Höhe von As-Wolken zwischen 3,810—4,000 m zu haben. Die häufigsten Inversionen treten in den niedrigen Schichten auf. Die Störungen sind teils durch den nächtlichen Temperaturegang verursacht (vgl. Tabelle 10), teils durch Stauung, denn »eine Stauwirkung tritt nicht erst dann ein, wenn die Luftmassen beim Ansteigen zum Stehen kommen, sondern bereits viel früher« (2), und das aerologische Observatorium Ilmala liegt ca. 35 km weit vom Salpausselkä (S. 180. Fig. 1).

Summary.

The effect of the mountain range Salpausselkä upon visibility and the ceiling has been studied. The main material consists of contemporaneous observations made every hour from October to April in the years 1945—1946 (Table 1) at the airport of Hyvinkää, situated on the south-easterly slope of the Salpausselkä, and that of Helsinki (Fig. 1). Upslope weather affects aerial traffic on Hyvinkää only in these months.

As it was clear from experience that the upslope effects were most marked when the winds came from the south-east, the observations of the visibility and the ceiling were distributed in wind quadrants: N-ENE, E-SSE, S-WSW and W-NNW. The influence of the upslope weather upon the visibility values is not easily discernible, except when the distribution of bad visibility is taken into consideration, but it is unmistakable in the distribution of their frequency. Winds blowing against the Salpausselkä ridge were observed by far more frequently at Hyvinkää than at Helsinki, those following the direction of the Salpausselkä were less frequent.

The same rule holds good for the distribution of the ceilings. The difference is especially marked between the observations of Hyvinkää and Helsinki when the cloud base is below 100 m. When the winds are from the SE, Hyvinkää observes this low ceiling 6 times, when they blow from NW 5.3 times more often than Helsinki.

The SE quadrant, being most obstructive to aerial traffic, is examined more in detail:

a) The ceiling is lower at Hyvinkää under relatively favorable visibility conditions than under corresponding conditions at Helsinki. This is due to the fact that the moist air masses, when rising in SE winds up the slope of the Salpausselkä, are not cooled to their dew point until above the ridge, which causes a lower ceiling than at Helsinki. The base of stratus and stratocumulus, as known, is lowered on approaching a ridge;

b) At Hyvinkää the ceiling is lower than at Helsinki in all stages of moisture. In great humidity (96—100 %; Table 8) the difference is most marked;

c) Radio soundings made at Ilmala (Table 1; Scetch) revealed an increase with altitude of the potential temperature which is characteristic of upslope (Table 9);

d) Every single sounding showed layers (Table 10), inversions and isotherms. They are apparent in the mean values in different months at

different heights. The decline in the temperature lapse rate in the mean values of all upper air observations at 500—1,000 meters is especially remarkable (Fig. 2). The inversion layers are partly due to the nightly course of temperature, partly to the upslope effect.

LITERATURVERZEICHNIS.

1. EICKER, EDMUND. Versuch einer Auswertung von Sichtschätzungen. Das Wetter 1932.
2. NOTH, H. Über Stauwirkungen an Gebirgen und Kaltluftmassen. Erfahrungsberichte des deutsch. Flugwetterdienstes. 2 Sonderband 1932.
3. NURMINEN, AILI. Sichtschätzung am Flughafen in Helsinki. Ann. Acad. Scient. Fenn. Serie. A Tom. XLV, N:o 8, Helsinki 1936.
4. —»— Die Windverhältnisse in den SW-Schären von Finnland und auf dem Ålandsmeer. Ann. Acad. Scient. Fenn. Serie A Tom. LII, N:o 3. Helsinki 1939.
5. PEPPLER, W. Nördliche Winde und Stauwirkungen über dem Alpenvorland Beitr. z. Physik der freien Atmosph., XIV Band. Leipzig 1928.
6. SCHMIDT W. Über die Grösse des unmittelbaren dynamischen Druckstaus an Gebirgen. M. Z. 1910.
7. VÄISÄLÄ, VIILHO. Die Sichtschätzungen am Observatorium Ilmala i.J. 1911—1920. Soc. Sc. Fenn. Comm. phys. math. 2, 18, 1924.