

Univ. prof. Dr. PAVLE VUJEVIĆ, Beograd

Podela atmosferskog pritiska u Grčkoj

Kada sam 1909 prvi put obrađivao prikupljen materijal za moja predavanja o podneblju Balkanskog Poluostrva, naišao sam na čudnovatu činjenicu. Po *Hann*-ovim izobarskim kartama Srednje i Južne Evrope¹⁾ izgledalo bi da Grčka i Egejsko More nemaju nikakva uticaja na podelu atmosferskog pritiska. Jer, u celoj ostaloj sredozemnoj oblasti, atmosferski pritisak je zimi na kopnima veći, na okolnim morima manji, dok je leti uglavnom obratno. Meni je bilo zagonetno, i nisam mogao protumačiti, zašto se takva zakonitost u podeli atmosferskog pritiska ne pokazuje u Grčkoj i na Egejskom Moru. Važan razlog mogao bi biti u tome, što *Hann*, za konstrukciju svojih karata, nije imao na Balkanskom Poluostrvu više od 17 meteoroloških stanica sa podacima o atmosferskom pritisku. U južnim krajevima imali su podataka o tome jedino Drač, Carigrad, Krf, Atina i Kanea, na ostrvu Kritu. Zato se i pravac izobara morao znatno šematizovati u ovim krajevima.

Ali je isto ostalo i mnogo docnije, u izobarskim kartama *Weickmann*-a za periodu 1878—1913²⁾, ma da je u Grčkoj bilo u vremenu od 1897 do 1913 25 meteoroloških stanica sa barometrom. Istina, neki detalji u rasporedu pritiska ne mogu se očekivati na kartama tako malog razmera (oko 1 : 38,000,000), ali bi se krupnije crte — ako ih ima — mogle više istaći.

Pomenuta činjenica izgledala mi je još zagonetnija, što je *Teisserenc de Bort* pokazao kako se Pirenejsko Poluostrvo, u ekstremnim mesecima, ponaša gotovo kao samostalno kopno, pogledom na podelu temperature i atmosferskog pritiska³⁾. Zimi je poluostrvo hladnije od okolnih mora, pa nad njim leži barometarski maksimum. Leti je temperatura na poluostrvu znatno viša, nego u okolini, pa je stoga na njemu razvijena barometarska depresija, dok je pritisak dosta veći na okolnim morima.

Sa druge strane je utvrđeno kako se, na Balkanskom Poluostrvu, uticaji nejednake toplote kopna i okolnih mora u dva ekstremna meseca dosta izrazito ogledaju u izotermama Grčke i Egejskog Mora⁴⁾. Po tome bi trebalo da ovo kopno i okolna mora utiču i na podelu atmosferskog pritiska. Da bih se o tome osvedočio, konstruisao sam, za svoja prva predavanja, karte izobara za januar

¹⁾ J. Hann: Die Vertheilung des Luftdruckes über Mittel- und Süd-Europa dargestellt auf Grundlage der 50jährigen Monats- und Jahresmittel 1851/80 (Pencks Geographische Abhandlungen. Bd. II, Hf. 2. Wien 1887).

²⁾ Dr. Ludwig Weickmann: Luftdruck und Winde im östlichen Mittelmeergebiet (Zum Klima der Türkei. Ergebnisse dreijähriger Beobachtungen 1915—1918. Erstes Heft. München 1922).

³⁾ Léon Teisserenc de Bort: Étude de la circulation atmosphérique sur les continents. Péninsule Ibérique (Annales du Bureau Central Météorologique de France. Année 1879. Paris 1880).

⁴⁾ П. Вујевич: Утицај околних мора на температуре прилике Балканског Полуострва (Гласник Српског географског друштва. Књ. I. Београд 1912). — P. Vujević: Die Einflüsse der umliegenden Meere auf die Temperaturverhältnisse der Balkanhalbinsel (Geographische Jahresberichte aus Österreich. Band X. Wien 1913.).

i juli, prema podacima grčkih stanica u periodu 1899—1903. Ove imaju sasvim drukčiji izgled od *Hann*-ovih i *Weickmann*-ovih karata, ali nisu nigde objavljene.

Čak se i pri poređenju mojih karata sa najnovijim izobarskim kartama Grčke od 1935 godine⁵⁾ pokazuju takođe dosta velike razlike. *Mariolopoulos* i *Livathinos* su uzeli za izradu svojih karata 12 odabranih meteoroloških stanica po podacima od 1900—1929 godine. Njihove izobare januara i jula znatno se bliže teoriskim uslovima, samo su i one prilično šematizovane. Uticaj Egejskog Mora jasno je nagovešten u januarskim izobarama, jer se od istočnih obala Grčke pružaju prema istoku-severoistoku, a donekle je izražen i uticaj kopna Male Azije. U julu se atmosferski pritisak uglavnom smanjuje od zapada prema istoku.

Velike nejednakosti između do sada izašlih i mojih izobarskih karata glavni je razlog što ih objavljujem u ovom radu. Ali sam za njega upotrebio podatke o temperaturi i vazдушnom pritisku sa 32 stanice u periodu 1901—1926 godine⁶⁾. Veći broj ovih stanica nije vršio neprekidna posmatranja u toku svih 26 godina. Za mesta u kojima nedostaju posmatranja do tri godine, vrednosti su popunjene pomoću 2—3 po mogućstvu najbliže stanice. Kod mesta sa još manjim brojem godina posmatranja, vrednosti su na sličan način svedene na celu periodu od 26 godina.

Određene srednje temperature i prosečni atmosferski pritisci svedeni su na 24-očasovne vrednosti Atine, u oba slučaja do druge decimale, kao što je postupano i u grčkim publikacijama.

Za redukciju atmosferskog pritiska na morski nivo upotrebljena je skraćena formula *Babinet*-a⁷⁾:

$$(1) \quad h = 2 \times 8001 \cdot (1 + \alpha t) \frac{B - b}{B + b}$$

Slična je ovoj i skraćena jednačina, koju je postavio *Laplace*. U gornjoj formuli je koeficijent širenja vazduha $\alpha = 0,00367$. Ali, da bi ušla u račun i vlažnost vazduha, odn. napon vodene pare, *Laplace* je preporučio da se koeficijent širenja vazduha nešto poveća i uzeo je da je ravan vrednosti 0,004.

Formuli (1) može se dati nešto drukčiji oblik, ako se za $(1 + \alpha t) = (1 + 0,004 t)$ stavi — što je isto — $0,004 (250^\circ + t)$, gde je t srednja temperatura dotičnog vazdušnog sloja, koja se dobiva sabiranjem temperature mesta na visini h i temperature istog mesta ako se svede na morski nivo, i deljenjem ovog zbira sa 2. Množenjem 2×8001 sa 0,004 dobiva se 64,002 ili, zaokruženo, 64,0. Sa ovim promenama, formula (1) izgleda ovako:

$$(2) \quad h = 64 (250^\circ + t) \frac{B - b}{B + b},$$

a za redukciju atmosferskog pritiska na morski nivo prelazi u oblik:

$$(3) \quad B = b + \left(\frac{h}{64} \times \frac{B + b}{250^\circ + t} \right),$$

gde je B pritisak vazduha pri morskome nivou, a b pritisak na visini h .

⁵⁾ E. G. Mariolopoulos et A. N. Livathinos: Atlas climatique de la Grèce (Athènes 1935).

⁶⁾ Démétrius Eginitis: Annales de l'Observatoire National d'Athènes. Tome IV. Athènes 1905; Tome V. 1910; Tome VI. 1912; Tome VII. 1916; Tome VIII. 1926; Tome IX. 1926; Tome X. 1928.

⁷⁾ J. Hann, l. c., str. 98—102. — W. Köppen: Einfache barometrische Höhenformeln (Meteorol. Zeitschr. 1888, str. 369—371).

Na desnoj strani poslednje jednačine treba za B uneti srednju vrednost četiri najniže primorske stanice u Grčkoj (Volos, Mesologion, Zante i Nauplion), sa prosečnom visinom od 4,7 metara, i to za januar 763,30 mm, za juli 759,20 mm.

Za korekciju temperature moraju se proračunati vertikalni termički gradijenti, odn. promena temperature za 100 metara visine. *Mariolopoulos* i *Livathinos* su, prema stanicama na raznim visinama, dobili za januar gradijent od 0,70, za juli 0,40, dakle zimi gotovo dva puta veću vrednost, nego leti. Međutim su termički gradijenti mnogo različiti, ako se uzme za određenje jedna stanica u unutrašnjosti, a druga pri moru, nego ako se izvedu po dvema stanicama u unutrašnjosti ili po dvema stanicama u blizini mora. To se vidi iz ovih primera, u kojima je kurzivom označena stanica u unutrašnjosti Grčke (tablica 1):

Tablica 1. — Vertikalni gradijenti temperature

stanice	razika u visini dh	pravo otstojanje D	vertikalni gradijent	
			januar	juli
Atina — Pireus	95,8 m	8 km	0,47°	0,74°
<i>Janina — Trikala</i>	352,0	76	0,08	0,96
<i>Tripolis — Sparta</i>	459,5	47	0,69	0,40
prosečna vrednost			0,38	0,68
<i>Janina — Arta</i>	409,0	59	0,84	0,59
<i>Tripolis — Nauplion</i>	658,2	38	0,69	0,40
<i>Sparta — Kalamata</i>	170,9	27	1,42	-0,25
<i>Larisa — Volos</i>	69,5	56	3,49	-1,05
<i>Trikala — Arta</i>	57,0	79	5,51	-1,54

Iz ovih razloga su upotrebljeni gradijenti iz parova stanica bilo pri moru ili u unutrašnjosti; oni izgledaju mnogo sigurniji za korekciju atmosferskog pritiska pod uticajem temperature. Za januar je uzeta vrednost 0,47°, za juli 0,67°. Pored toga, 25 meteoroloških stanica su blizu mora, 7 su u unutrašnjosti, a nijedna nije u graničnoj oblasti.

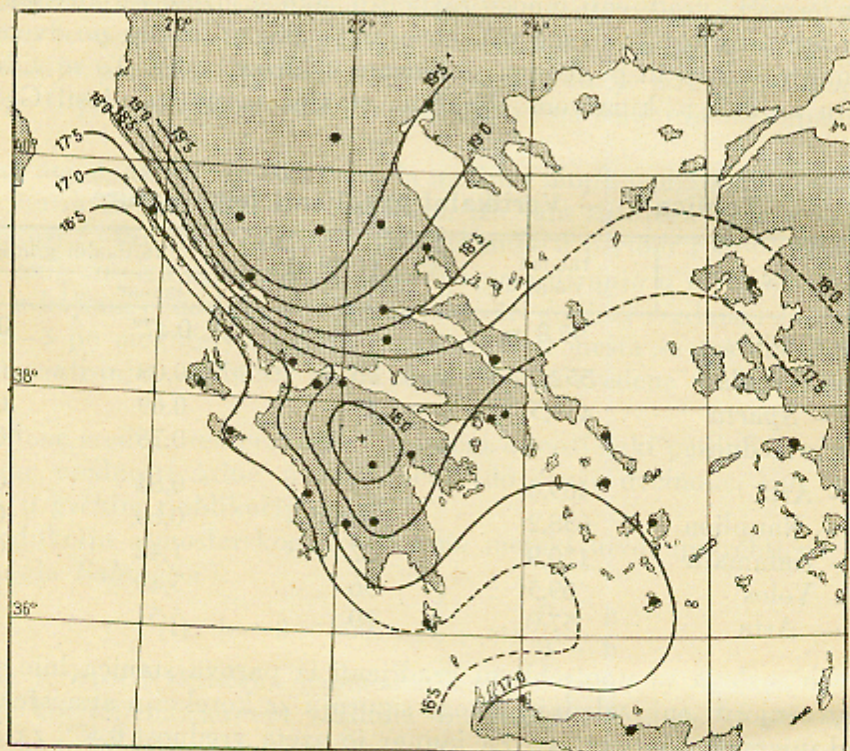
Kada su atmosferski pritisci svih stanica svedeni na morski nivo, unesena je za svako mesto korekcija teže, i najposle su sve ove vrednosti preračunate u milibare. Glavni rezultati izneseni su u tablici 2, pomoću kojih su izobare ucrtane na kartama.

*

Po teoriji bi trebalo da se uticaji okolnih mora na podelu vazdušnog pritiska u Grčkoj zimi ispolje na isti način, kao i kod temperature, ali u suprotnom smislu. Naime, dok bi se, pod isključivim solarnim uticajima izoterme pružale paralelno sa uporednicima, i prema severu imale sve manju vrednost, dotle bi se kod izobara vrednost vazdušnog pritiska u istom pravcu povećavala. Isto vredi i za isključivo maritimne uticaje⁸⁾. Zajedničkim dejstvom oba činioca, odn. naleganjem maritimnih na širinske uticaje, izobare bi trebale da budu, u teoriskom primeru, prema pučini Jonskog i Egejskog Mora skrenute na severozapad, odn. severoistok.

⁸⁾ П. Вујевић, l. c., слика 1. — P. Vujević, l. c., Fig. 1.

U stvarnosti je, međutim, podela atmosferskog pritiska u januaru nešto drugačija, usled nejednakih uticaja raznih mora, reljefa zemljišta blizu jedne i druge obale i nekih drugih činilaca. Na slici 1 se vidi da se atmosferski pritisak smanjuje, uglavnom, od severa ka jugu i od unutrašnjosti Grčke prema obalama. Ali su barometarski gradijenti znatno veći na zapadu, nego na istoku, osobito u severnom delu Grčke. Na zapadu je, između Krfa i Arte, 4,45 mm



Sl. 1. Raspored atmosferskog pritiska u januaru, u milibarima (1000.0+)

(sveden na srednji stepen geografske širine), na liniji Kyparissia—Tripolis 3,33 mm, a na istoku, između Larise i Halkisa, 1,20 mm, dakle za 3,7 i 2,7 puta manji. Pored toga, Pelopones je, pogledom na podelu pritiska, samostalniji (zastvorena izobara) od Severne Grčke. Naposljetku, nekog uticaja ima i Korintski odn. Patraski Zaliv, jer se izobare sa zapada uvlače u njega u vidu žleba, a istočno od Patrasa razvijeno je obično sedlo. Kopno Male Azije ima takođe uticaja na podelu atmosferskog pritiska, što se osobito lepo vidi iz izobarske karte *Weickmann*-a. Čak izgleda da i Krit, veliko ostrvo sa površinom oko 8700 km², ima neka uticaja, jer izobare svijaju oko njega, što je nešto drugačije pokazano na karti *Mariolopoulos*-a i *Livathinos*-a. Pri severnim obalama Krita pritisak je veći, a smanjuje se prema pučini, ka severu.

U julu je podela vazdušnog pritiska nepravilnija i složenija, i znatno odstupa od teoriskih termičkih uslova, sa izuzetkom Peloponesa⁹⁾. Julska podela

⁹⁾ Ibid., slika 3. — Fig. 3.

temperature na Balkanskom Poluostrvu pokazuje kako se sa zapada, toplotnim uslovima Korinskog Zaliva, izoterma od 27° duboko uvlači u njega, kao širok i dugačak jezik¹⁰⁾, a severno i južno odatle, u Severnoj Grčkoj i Peloponesu, ima prostranih oblasti koje su ograničene izotermom od 28°.

Slično se, ali u suprotnom smislu, događa i kod podele atmosfetskog pritiska. (sl. 2). U Korinski Zaliv se, sa zapada, uvlači klin težeg vazduha, osobito izrazito kod izobare 1011,5 mb, a na istok prodire do ostrva Androsa, preko celog Saronskog Zaliva i Zaliva Petalije. Od ovog klina se atmosferski pritisak smanjuje na sever i jugoistok. Pelopones se i leti ponaša gotovo kao samostalno kopno, jer mu je oko sredine razvijena barometarska depresija. U Severnoj Grčkoj se pritisak, sa svih strana, smanjuje prema unutrašnjosti, ali u tom

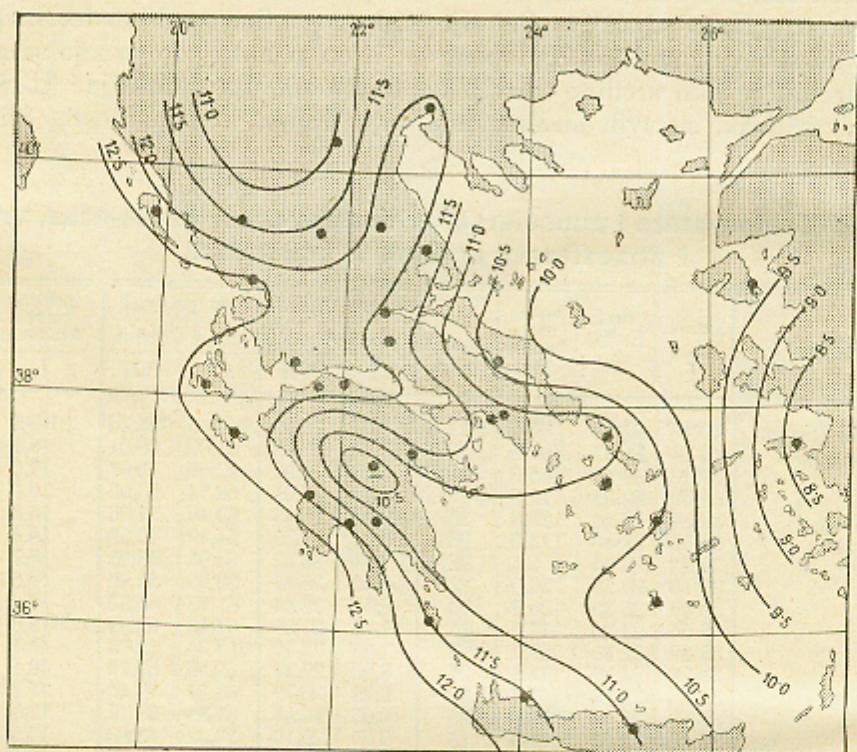
Tablica 2. Temperatura i atmosferski pritisak svedeni na 24-očas. vrednosti i atmosferski pritisak u milibarima

stanica	šir. N. φ	duž. E. Gr. λ	visina barometra H _g	broj godina posm.	temperatura		atm. pritisak		pritisak u mb sa korekc. tež. sveden na morsk. nivo	
					svedeno na 24-očas. vredn.					
					I	VII	I	VII	I	VII
Thessaloniki (Solun)	40°40'	22°58'	37,9	11	6,07	26,09	761,45	756,26	1019,5	1012,2
Kozani	40 18	21 47	698,5	3	2,23	23,33	01,09	00,01	18,1	09,8
Janina	39 40	20 52	465,0	12	5,08	23,97	20,99	19,67	17,0	11,0
Larissa	39 39	22 25	75,0	25	5,28	27,05	58,14	53,05	19,6	12,1
Kerkyra (Krf)	39 37	19 55	27,8	25	10,42	25,43	60,46	57,06	16,8	12,1
Trikkala	39 33	21 46	113,0	26	5,35	27,35	54,49	49,55	19,4	11,6
Volos	39 22	22 56	5,5	26	7,71	26,32	63,95	58,85	18,7	11,8
Arta	39 10	20 58	56,0	22	8,49	26,47	59,90	55,86	19,5	13,6
Mytilini	39 06	26 35	20,7	10	8,51	26,44	61,73	55,92	17,6	09,7
Lamia	38 54	22 26	77,3	16	7,76	27,39	57,45	52,89	18,8	12,0
Delphi	38 29	22 30	557,1	2	7,08	25,40	14,23	12,73	18,1	11,3
Chalkis	38 28	23 37	11,4	26	8,86	27,47	62,99	57,79	18,1	10,0
Messologhion	38 23	21 26	2,7	26	9,79	26,79	63,24	59,40	17,3	12,2
Patras	38 15	21 44	20,0	26	10,05	26,68	61,85	58,17	17,5	12,5
Egion	38 15	22 05	64,9	15	9,55	26,10	58,02	53,86	17,9	11,9
Argostolion	38 11	20 30	12,7	18	10,89	25,56	61,55	58,67	16,3	12,3
Athine	37 58	23 45	107,1	26	8,97	26,78	54,25	49,83	17,2	11,2
Pireus	37 56	23 40	11,3	15	9,42	27,49	62,68	57,55	17,6	10,7
Andros	37 50	24 55	45,0	26	10,32	25,92	59,55	54,98	17,5	11,1
Zante	37 47	20 53	3,4	26	11,72	26,13	62,65	59,41	16,6	12,2
Samos	37 44	27 00	70,0	4	9,85	25,35	56,97	50,69	17,1	08,2
Nauplion	37 34	22 49	7,0	24	9,59	26,78	63,38	58,60	17,9	11,5
Tripolis	37 31	22 23	665,2	14	5 05	24,14	04,56	03,00	18,1	10,1
Syra	37 27	24 56	29,0	22	10,84	26,44	60,75	55,82	17,1	10,3
Kýparissia	37 15	21 40	108,3	10	11,17	25,26	53,12	49,84	16,5	11,4
Naksos	37 06	25 24	9,0	21	12,28	24,53	62,75	58,04	17,3	11,0
Sparta	37 05	22 25	205,7	24	8,86	27,24	44,95	41,50	17,4	11,0
Kalamata	37 02	22 05	34,8	21	11 29	26,82	60,61	56,96	17,6	12,5
Santorini	36 25	25 25	222,5	25	10,51	24,36	43,34	39,36	16,9	10,2
Kythira	36 09	23 00	162,9	23	11,22	26,61	49,61	45,39	18,3	11,4
Kanea	35 30	24 02	13,4	10	11,17	25,82	62,54	58,31	17,4	11,7
Hiraklion	35 19	25 06	29,2	15	11,77	25,79	61,06	56,38	17,4	11,0

kraju verovatno nema zatvorenih izobara. Egejsko More, medutim, izgleda da leti nema stvarnog uticaja na podelu atmosfetskog pritiska. To bi se moglo, sa jedne strane, protumačiti činjenicom, što se temperatura na površini Sredozemnog Mora ne povećava samo od severa ka jugu, nego i od zapada prema

¹⁰⁾ Ibid., slika 4. — Fig. 4.

istoku, a pritisci bi trebalo da se smanjuju u istim pravcima. Izgleda da je to, donekle, i tačno, sudeći bar po pružanju izobara od ostrva Halkisa-Androsa na istok. Sa druge strane, leti su razlike u temperaturi vazduha iznad mora i kopna, svedene na morski nivo, dosta manje, nego zimi. Usled toga se uticaji okolnih mora, ako i stvarno postoje, u julu ne bi mogli osetiti u onolikoj meri na podeli vazdušnog pritiska, kao u januaru.



Sl. 2. Raspored atmosferskog pritiska u julu, u milibarima (1000,0+)

Letnji tip rasporeda izobara u Srednjoj Evropi¹¹⁾, pa i u južnim krajevima Balkanskog Poluostrva, uzet u krupnim crtama, karakteriše se jakim dejstvom Atlantskog Okeana i unutrašnjosti vrlo tople Srednje i Južne Azije, što se naročito jasno vidi iz julske izobarske karte u radu *Weickmann-a*¹²⁾. Taj uticaj je na morima, naravno, veći, nego na razudnim kopnenim površinama, sa veoma raznolikim reljefom zemljišta.

U julu je, najposle, u suprotnosti sa januarским uslovima, barometarski gradijent najveći na jugozapadnom kraju Peloponesa, gde iznosi 3.17 mm. Na severozapadu Grčke, između Krfa i Arte, i na istoku, između Volosa i ostrva Skirosa, gradijenti su podjednaki, ali za više od trećine manji, oko 2.0 mm.

Iz dosadanjeg izlaganja mogu se izvesti ovi zaključci: 1. Patraski i Korintski Zaliv imaju znatna uticaja na podelu atmosferskog pritiska u Grčkoj.

¹¹⁾ Wład. Gorczyński: O ciśnieniu powietrza w Polsce i w Europie. — Pression atmosphérique en Pologne et en Europe (Warszawa 1917).

¹²⁾ Dr. L. Weickmann, l. c.

— 2. Pelopones se ponaša, u oba ekstremna meseca, kao gotovo samostalno kopno, slično Pirenejskom Poluostrvu. — 3. Severna Grčka pokazuje iste uslove u podeli vazdušnog pritiska kao trup Balkanskog Poluostrva, jer su obe ove zemlje na severu srasle sa mnogo proštranim kopnom. Izobare su u januaru i julu¹³⁾ skrenute pri obalama prema severu: na zapadu ka severozapadu, na istoku ka severoistoku. — 4. Uticaji Egejskog Mora na podelu vazdušnog pritiska ističu se samo zimi.

Prema primeru za Grčku moglo bi se analogno zaključiti da ni izobare Balkanskog Poluostrva ne odgovaraju potpuno stvarnoj podeli vazdušnog pritiska. Nejednaka podela kopna i mora i velika razgrana obala, morali bi se jasnije ogledati i u pravcima pružanja izobara. Nove karte bi to, verovatno, potvrdile u prilično velikoj meri.

Meteorološka opservatorija, 5 januara 1938.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verteilung des Luftdruckes über Griechenland.

Bei der Bearbeitung des gesammelten Materiales für meine Vorlesungen über das Klima der Balkanhalbinsel im Jahre 1909 fiel mir auf, dass Griechenland und das Ägäische Meer, nach den Isobarenkarten von Hann, keinen Einfluss auf die Verteilung des Luftdruckes zeigen, wogegen sich in den übrigen Teilen des Mittelmeergebietes die Festländer im Winter durch einen höheren, die umliegenden Meere durch einen niedrigeren Luftdruck auszeichnen, während in den Sommermonaten im allgemeinen das Umgekehrte der Fall ist. Dasselbe wurde in den neueren Karten von Weickmann beobachtet. Um mich zu überzeugen, ob eine Gesetzmässigkeit auch in Griechenland und auf der Ägäis besteht, entwarf ich Isobarenkarten für Januar und Juli, nach dem Beobachtungsmaterial der griechischen Stationen in der Periode 1899—1905, die aber nicht publiziert wurden. Beide haben einen ganz verschiedenen Verlauf der Isobaren, als die erwähnten Karten, ja auch als neueste Karten von Mario-poulos und Livathinos, welche viel mehr den theoretischen Bedingungen und der Wirklichkeit entsprechen. Wegen der grossen Unterschiede zwischen meinen und den übrigen Karten, habe ich sie von neuem, auf Grund des Materiales von 52 Stationen in der Periode 1901—1926 für Januar und Juli, nach der Babinet'schen kurzen Formel, aufgezeichnet.

In der Tabelle 1. sind Temperatur-Änderungen für je 100 m Erhebung und zwar für zwei Stationen nahe dem Meere, für zwei Paare von Stationen im Innern und für einige Paare einer inländischen und einer küstennahen Station eingetragen, um zu zeigen weshalb ich für Januar den Temperaturgradient von $0,47^{\circ}$, für Juli einen solchen von $0,67^{\circ}$ annahm. Tabelle 2. enthält reduzierte Temperaturen und Luftdrucke auf 24-stündliche Werte und auf die Periode von 26 Jahren, sowie den reduzierten Luftdruck auf das Meeresniveau mit der Korrektur der Schwere.

¹³⁾ Leti je na trupu Balkanskog Poluostrva to slučaj u avgustu, a ne u julu, kao što se bar vidi po izobarnim kartama Hann-a.

Die Hauptergebnisse sind folgende: 1. Die Golfe von Patras und Korinth haben grossen Einfluss auf die Verteilung des Luftdruckes in Griechenland. — 2. Der Peloponnes verhält sich in beiden Monaten fast wie ein selbstständiger Kontinent, ähnlich der Iberischen Halbinsel. — 3. Die Verhältnisse in der Verteilung des Luftdruckes über Nordgriechenland sind gleich denjenigen des Stammes der Balkanhalbinsel, da beide im Norden an ein viel ausgedehnteres Festland grenzen. Die Isobaren biegen in der Nähe der Küsten in beiden extremen Monaten nach Norden ab: im Westen gegen Nordwest, im Osten gegen Nordost. — 4. Die Einflüsse des Ägäischen Meeres auf die Verteilung des Luftdruckes sind nur im Winter bemerkbar.
