

MERITVE IN PRIMERJAVE V ZVEZI Z VELIKOSTJO
MEGLENH KAPLJIC V LJUBLJANI

MEASUREMENTS AND COMPARISONS OF THE DROP
DIAMETERS IN LJUBLJANA FOG

Z. PETKOVSEK

U v o d

Megla je v kotlinah Slovenije pogost pojav ter je zato dokaj važen tako iz meteorološkega kot iz splošno gospodarskega stališča. V zadnjih letih je bilo pri nas nekaj proučevanj megle, vendar je bilo, gledano s prognostičnega stališča, dosežen razmeroma majhen uspeh. Razen statističnih ugotovitev, ki sicer niso brez pomena, ni bilo najti uspešnih prijemov in metod, katerih rezultati bi presegli splošna osnovna spoznanja in prakso. Primerjanje pogojev ob nastanku in razpršenju megle je dalo presenetljivo slabe korelacije, na podlagi katerih bi bilo mogoče predvideti čas nastanka in razkajanja megle /1/. Zlasti čas, kdaj se bo megla razkadila, je v splošnem, zlasti pa za letalski promet, važno poznati. Nezadovoljiv uspeh pri prejšnjih proučevanjih je silil poseči po novih prijemih in poteh, pa tudi želja po čim natančnejšem poznavanju tega pojava pri nas je vodila k meritvam meglenih kapljic.

Metoda, delo in opažanja

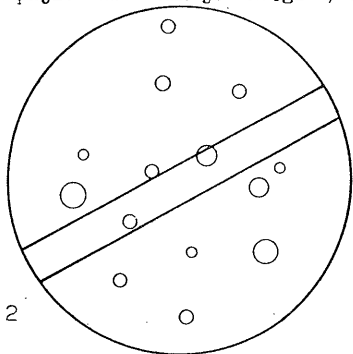
Ob priliki obiska meteorološkega observatorija na Hohen-peissenbergu na Bavarskem sem videl prve posnetke meglenih kapljic in dr. J. Grunow mi je na željo obrazložil osnovno metodo "konserviranja" meglenih kapljic, ki jih je potem možno opazovati oziroma meriti. Na stekleno pleščico mikroskopa previdno nanese plast ricinovega olja in preko njega tanko plast parafinskega olja /slika 1/



Slika 1: Oljna podlaga za konzerviranje meglenih kapljic,

Meglana kapljica, ki pade na to podlago, se vleze v parafinsko olje in s svojim spodnjim delom počiva na ricinusovi podlagi, zadrži svojo okroglo obliko in ne izhlapi ter jo tako lahko opazujemo pod mikroskopom. Od doslej znanih metod za merjenje velikosti meglenih kapljic je to najbolj direktna metoda in edina, ki omogoča posamično določanje velikosti kapljic /2/.

Res da se dajo na zgoraj opisani način meglene kapljice ujeti in ohraniti v pretežno krogelni obliki; da pa je njih konserviranje slabo oziroma kratkotrajno, sem spoznal ob prvih poskusnih meritvah, ko so v posameznih primerih kapljice preko zmanjšanja povsem izginile celo v slabi polovici minute. Navadno je ta proces počasnejši, vendar pa je čas, v katerem prinesemo vzorec od zunaj v prostor, kjer imamo mikroskop, često dovolj velik, da se nam posamezne kapljice zratno zmanjšajo - o pravilnosti take meritve moremo potem upravičeno dvomiti. Za tako delo je zato najprimernejši majhen terenski mikroskop, s katerim merimo direktno in sproti "na terenu". Z mikroskopom v roki in z očesom na okularju hodimo po megli in takoj ko kapljica pade in se vleže v podlago, ocenimo njeno velikost, to je njen premer. Velikost je bila pri tem ocenjevana komparativno glede na las debeline 50 μ , ki je bil položen čez sredino zornega polja in v parafinsko olje, čim bliže njegovi spodnji meji. Zaslanka naj je naravnana tako, da je videti las kot prosojen rumenkast trak preko polja in kapljice kot temnejše krogle /slika 2/.



Slika 2

Slika 2: Zorno polje in meglene kapljice v njem. Približno 12-kratna povečava.

Pri 12o-kratni povečavi, ki je bila navadno uporabljena, ker se je izkazala za to delo najbolj primerna, je obsegalo zorno polje površino približno 1/2 mm², kar je dovolj, da je mogoče nanj ujeti preko 30 megljenih kapljic, ne da bi koalescenca motila. Posamezne koalescence niso izjeme, saj padajo kapljice seveda časovno in krajevno povsem brez reda, vendar pa niso tako pogoste in nujne pri manjši razdalji med kapljicami, kot je to opazil Haverly /3/; verjetno je leta uporabljal drugačna, manj primerna olja.

V srednje gosti megli pade na omenjeno površino zornega polja /1/2 mm²/ povprečno nekako 10 kapljic na minuto, vendar pa v splošnem ni bilo mogoče ocenjevati gostote padanja kapljic, ker je bilo preveč dela prav z zadnjimi. Končno štetje pa nima pomena, ker mnoge kapljice v celotnem času meritve povsem izginejo. Vse kapljice nikoli niso enako velike, vendar neka velikost med njimi prevladuje po številu. Točneje določljive med njimi so največje in najmanjše kapljice, širina velikostnega intervala pa je od meritve do meritve oziroma od dne do dne tudi različna.

Na podlagi poskusnih začetnih meritvah, ki so pokazale tudi možnost natančnosti meritev, so bile določene velikostne stopnje, ki so tudi razvidne iz tabele 1. Vsaki kapljici je bila takoj po njenem padcu na podlago in vlezanju

vanjo /zadnje traja okroglo eno sekundo/ določena velikost - premer, ki si ga je bilo potrebno vtisniti v spomin z namenom, da bo končno določen približen odstotek zastopanosti posameznih velikostnih stopenj. Ta je bil ocenjevan na 10% in le včasih na 5%. Zlasti kadar je bil velikostni interval širok ter so zajemale kapljice več velikostnih stopenj, je bilo tako ocenjevanje po spominu težko ter je moglo dovesti tudi do precejšnjih napak. Bolj uspešno bi bilo filmanje ali merjenje v dvoje, pri čemer bi opazovalec z mikroskopom glasno sproti ocenjeval v zornem polju padle meglene kapljice, sodelavec pa bi ocenjene premere zabeležil ter meril tudi celoten čas meritve. Tako bi se dalo po končani meritvi večjega števila kapljic natančno določiti odstotek, ki ga zavzemajo posamezne velikostne stopnje. Glede na znani čas merjenja pa bi dobili tudi gostoto padanja kapljic, po čemer bi se dale sklepati na gostoto megle, količino tekoče vode v njej in turbulenco zraka.

Očitno pa je tudi samostojno delo dalo nekaj rezultatov in zlasti mnogo izkušenj. V času od oktobra 1958 do sredine maja 1959, ko je bil na razpolago terenski mikroskop, je bilo izvedenih v Ljubljani 47 za proučevanje primernih meritev, katerih rezultati so dani v tabeli 1.

Tabela 1: Rezultati meritev velikosti in razporedbe velikosti megljenih kapljic v Ljubljani

M e r i t e v			Velikost kapljic /2 r/									
Dan	čas	kraj	8	10	12	15	20	25	30	40	50	%
			<8 do	do	do	do	do	do	do	do	do	
			10	12	15	20	25	30	40	50	60	
3.10.1958	8,00	O	15	/	/	50	/	/	25	10		%
4.	9,00	M	25	/	/	60	/	/	15			
10	9,00	M	10	10	20	/	30	20	/	10		
11.	8,30	O	10	/	/	60	/	20	/	5		m
15.	7,30	O	10	25	50	15						
16.	7,30	O	20	25	50	5						
19.	9,30	S	5	20	25	30	10	10				
20.	7,30	S	10	10	20	40	10	5	/	5		
21	8,30	S	20	20	40	10	10					
21.	9,00	O			60	30	10					
24.	8,00	S		5	15	40	40					m
24.	9,00	M	5	10	30	40	10	/	5			m
25.	7,15	S			70	20	10					
25.	8,30	M			60	15	15	/	10			
26.	9,00	S			40	50	/	10				
31.	7,30	S			40	30	25	5				
3.11	7,30	S			10	15	40	30	5			
5.	7,30	S					100					
7.12.	9,00	S			20	80						
8.	7,00	S					90	10				
12.	7,30	S		20	70	10						
12:	14,30	S			5	10	70	10	5			%
13.	8,00	S			10	/	90					
16.	7,30	S				50	50					
17.	7,30	S					100					

M e r i t e v			Velikost kapljic /2 r/									
Dan	čas	kraj	8	10	12	15	20	25	30	40	50	
			8 do	do	do	do	do	do	do	do	do	<60 μ
			10	12	15	20	25	30	40	50	60	
21.	7,30	S		5	/	70	25					
26.	8,00	S			15	80	5					
30.	8,00	S				20	30	20	15	10	5	m
5.1.59.	8,00	S		20	75	5						
7.	13,30	S	10	80	10							
8.	8,00	S		10	20	40	20	10				
6.2.	7,30	S		20	60	15	5					
15.	9,00	S	5	15	40	30	10					
19.	7,30	S			15	80	10	5				
20.	7,30	S		30	40	20	10	5				
26.	7,30	S		20	40	30	10					
9.3.	7,30	S		30	60	20	/	10				
19.	7,30	S		5	40	30	20	5				m
22.	7,30	S		20	50	20	10					
23.	7,15	S		5	20	40	25	10				
24.	7,30	S		10	30	30	20	10				
25.	7,30	S		10	20	30	30	10				
28.	7,30	S			20	35	30	10	/	5		
5.5.	7,30	S		10	40	40		5	5			
15.	6,15	S			15	40		30	10	5		
18.	6,45	S			10	30	40	10	5	5		
19.	7,00	S			10	40	30	10	5	5		%

Kraj: C Bešograd, M = v centru mesta, S = Stožice; m = zelo močea.

Večina meritev je bila, kot se vidi iz tabele, v jutranjih urah in le dve v popoldanskih. Vzporedno je bila beležena tudi močeačnost, vendar pa ne dosledno, ker se je šele med delom ob izrazitih primerih pokazala potreba po beleženju le-te. Pri meritvah samih so bile nekatere velikostne stopnje včasih združene in skupno ocenjevane.

Izkazalo se je, da celotna izvedba merjenja s pripravami vred zunaj ni primerna, ker se že med pripravo oljne podlage nalete posamezne kapljice, ki otežavajo meritve. Zato je potrebno, da skrbno pripravimo oljno podlago v zaprtem prostoru in to tako, da v njej ni zračnih mehurčkov - ti utegnejo zelo motiti - niti preveč prahu. Nujne pa so priprave v zaprtem in toplejšem prostoru nad 0°C temperaturah, ker se začne parafinsko olje že pri temperaturah pri nizkih strjevati - pojavijo se prosojni kristali in zvezdice. Meglena kapljica, ki pade na tako strjeno podlago, se ne vleže, ampak ostane na vrhu, je sploščena in se naglo krči, vendar pa se ne krči dalje v vse manjšo, ampak po nekajsekundnem krčenju nenadno tudi večja ploskvica izgine - izhlapi. Često imajo take, na vrhu olja ležeče kapljice dvojni rob. Zeleno bi bilo, da bi bila temperatura olja enaka temperaturi zunanega zraka, ker tedaj kapljice le počasi izhlapevajo. Pri nizkih temperaturah to zaradi strjevanja olja ni mogoče doseči in tako pridemo v meglo vedno s toplejšim oljem.

Šim oljem. Še preden se kapljica povsem vleže, se nekoliko zmanjša, ker postane ob dotiku s toplejšim oljem toplejša ter je porušeno ravnotežje v parnem pritisku, ki postane prevelik glede na okolico, zato nastopi difuzija pare v okolni prostor. Izhlapevanje je zato najmočnejše ob začetku meritev, nato pa vedno slabše, ker se olje ohlaja. Pri nizkih temperaturah je zato najugodnejše za meritve tedaj, ko se pričnejo pojavljati prvi kristalčki olja, pozneje pa je zopet neugodno, ker je olje pretrdo in se kapljice ne vležejo več, ostajajo na vrhu, so sploščene in naglo hlape. Nekateré megle so bile kljub svoji veliki gostoti /majhni vidnosti/ povsem suhe, pri drugih pa je kar kapljalo od dreves. Za zabeležene primere močno močeačnost je bila izvedena primerjava, vendar ni bilo najti zveze med močeačnostjo in velikostjo premera kapljic. Opaženo je bilo, da potujejo včasih kapljice proti isti točki, kjer se zberejo - konservirajo. To potovanje je navadno komaj opazno. Iz tega pa bi moglo slediti, da tudi izrazitejšé zgostine meglenih kapljic, ki se često pojavijo brez opažene konvergence, niso vedno povsem naključne. Opaziti je bilo tudi, da se nekatere kapljice primikajo in končno koalescirajo, medtem ko česče lahko vztrajata po dve skoro stikoma, ne da bi se zlili skupaj. Možno je, da je vse to posledica električnega naboja posameznih kapljic. Konvergentno potovanje kapljic je sicer možno tudi zaradi konvergentnih tokov v parafinskem olju, ki bi lahko nastali kot posledica temperaturnih razlik v njem. Nič manj verjetno pa ni, da je vzrok konvergence - kot tudi razlik v koalescenci - v statični elektriki steklene ploščice, ki je dobila leto ob predpripravih - ob brisanju starega olja in prahu z nje. Da je v obrisani ploščici precejšnja statična elektrika, se je videlo iz tega, da so se mnogi od sonca osvetljeni prašni delci, opazovani na temnem ozadju, sicer počtujoči v zraku, lepili na ploščico, ki jih je pritegovala k sebi iz relativno velike razdalje.

Da bi se dobili vsaj približni podatki o naboju kapljic, je bilo pripravljeno "umetno" električno polje. V parafinsko olje sta bili položeni dve vzporedni tanki žici z vmesno razdaljo 0,4 mm in vmesno napetostjo 4 V /baterija/. Jakost električnega polja je bila torej 10 V/mm. Poskus je bil večkrat ponovljen, vendar ni bilo opaziti, da bi to kaj vplivalo na razporedbo padanja kapljic oziroma njih gibanje v olju. Tudi pri nagibu mikroskopa so kapljice v polzečem olju nemoteno potovale v poljubni smeri preko polja in žic. Verjetno je bilo ustvarjeno polje znatno preslabotno, zakaj prevladuje mnenje, da so kapljice naelektrene. Naboj vpliva tudi na njih velikost posredno preko vpliva na ravnotežje v parnih pritiskih /4/.

V zelo redkih primerih je bilo opaziti, da so imele kapljice trdno jedrce, ki pa je morda prišlo vanje pozneje in ni bilo vezano na nastanek kapljic. Kapljice so v splošnem prozorne in čiste ter so vidne le zaradi lomljenja svetlobe pri dovolj zaprti zaslonki in natančno naravnani ostrini; njih robovi so zaradi totalnega odboja ostro začrtani, tako da je njih slika jasna in s te plati ni težav pri cenitvi premera.

Neprevidno dihanje pri delu nam da na oljni podlagi roje drobnih kapljic, ki so manjše pri višji temperaturi. Njih velikost v splošnem je pod 2 μ , vendar zaradi velikega števila prekrijejo oljno podlago, se združujejo in lahko narastejo do velikosti najmanjših meglenih kapljic. Tako, z dihanjem pokvarjeno polje moramo seveda odstraniti in pripraviti novo oljno podlago. Pri višjih temperaturah /in verjetno nižji vlagi/ so kapljice od diha zelo majhne - komaj opazne - in se ne vležejo v olje ter naglo izhlape, polje se takorekoč samo očisti.

Obdelava in disluzija podatkov

Spredej opisane meritve so pokazale, da se suče v ljubljanski megli velikost premerov kapljic med 8 in 60 μ . Da manjših stabilnih kapljic ni, lahko trdimo z dokajšnjo gotovostjo, teže pa je podobno trditi o gornji velikostni meji. Vsekakor so meglene kapljice nad 50 μ relativno redke, kar je v skladu s tipom megle in zadostnim številom primernih kondenzacijskih jeder /5/. Tako velike in večje kapljice verjetno znatno padajo proti tlam; z gornjim delom mikroskopa in s komaj 5 mm oddaljenim objektivom je oljna podlaga oziroma zorno polje nekako pokrito in zaščiteno pred njimi. Ploščica s podlago je bila sicer včasih vzeta iz mizice mikroskopa in prosto izpostavljena megli, vendar ni bilo opaziti večjih kapljic kot 60 μ /seveda, če ni bilo padavin/.

Kratek in nazoren splošen pregled o razporedbi velikosti meglenih kapljic v Ljubljani nam daje tabela 2.

Tabela 2: Razporeditev največjih, najmanjših in najštevilnejših meglenih kapljic glede na velikostne intervale

velikostna stopnja /premer/	8	10	12	15	20	25	30	40	50	
do	do	do	do	do	do	do	do	do	do	
v u	<8	10	12	15	20	25	30	40	50	
najvelje kapljice	o	o	o	2	16	25	25	13	17	2
najmanjše " v %	o	25	30	32	11	2	o	o	o	o
najštevilnejše "	o	o	2	32	43	23	o	o	o	o

Iz tabele je razvidno, da so bile le v 2% primerov največje kapljice samo 15 μ velike in prav tako redko so dosegle 60 μ , v polovici primerov pa je bila gornja velikostna meja premerov med 25 in 30 μ . Največkrat so bile najmanjše kapljice premera 15 μ in le v 2% primerov ni bilo manjših kapljic od 25 μ . Praktično v vseh primerih pa so bile najštevilnejše zastopane velikosti premerov med 15 in 25 μ , kot sledi iz zadnje vrste gornje tabele.

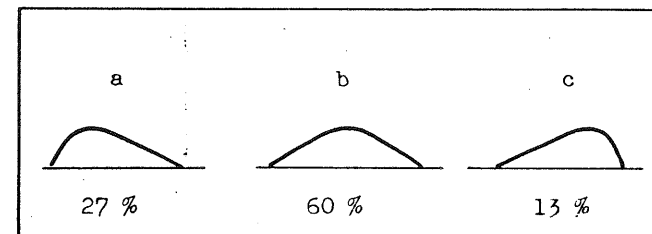
Kako je varirala velikost kapljic v posameznih dneh, je razvidno že iz tabele 1. Včasih so bile vse kapljice skoro povsem enakih premerov, navadno pa so bile po velikosti močno različne. Prav vse velikostne lestvice niso nikoli zajemale, to se pravi, da ni bilo primera, da bi zabeležili velikosti 8 in 60 μ hkrati. Kratek pregled števila kapljic glede na širino velikostnega intervala v stopnjah po 10 μ daje tabela 3.

Tabela 3: Razporeditev števila kapljic glede na širino velikostnega intervala.

širina intervala	10	20	30	40	50	μ
število primerov	19	49	13	17	2	%

V polovici primerov so se torej največje in najmanjše kapljice razlikovale za 20 μ , v 19% pa za 10 μ ali manj, ko so bile torej res močno enakih velikosti.

Večinoma je bila razporeditev taka, da je bila ena izmed velikosti najfrekventnejša, ostale proč od nje /vzeto po velikosti lestvici/ pa navadno vedno manj proti mejam intervala, ki so ga zajemale. Razporeditev pa ni bila vedno taka, da bi bila najfrekventnejša velikost v sredini intervala /B/, ampak je bila ta včasih na začetku /A/, kar pomeni, da je bilo največ kapljic v velikosti blizu spodnje meje, večjih pa vse manj; ali pa, da je bilo malih malo, najfrekventnejša velikost pa je bila blizu zgornje meje intervala /C/. Ne glede na to, kje v absolutni velikostni skali je ta zgornja meja ležala, ločimo tako tri razporeditve, ki jih prikazuje slika 3.

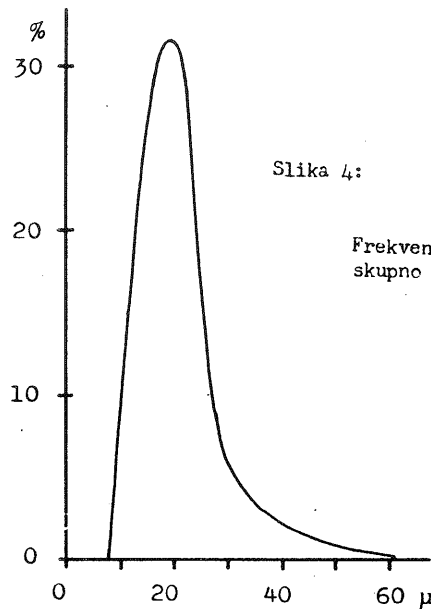


Slika 3: Tipi razporeditve frekvence posameznih velikostnih stopenj ter odstotki ustreznih tipov pri meritvah v Ljubljani.

V posameznih primerih so ustrezni tipi krivulj bolj ali manj raztegnjeni, kar je odvisno od širine intervala; kje je želal vrh krivulje pa se seveda iz tega tudi ne vidi. Pregled frekvenčne razporeditve najštevilnejših kapljic pa je itak razviden iz zadnje vrste tabele 2. Iz te tudi sledi, da so vse maksimalno zastopane kapljice po velikosti razmeroma malo razlikujejo /10 μ /, čeprav se ekstremne velikosti kapljic razlikujejo za 52 μ .

Za izdelavo točne krivulje, ki naj predstavlja skupno vse meritve oziroma pravi povpreček frekvence posameznih velikosti, je bila potrebna delitev sumarno ocenjenih grup, ki je bila v tem primeru izvedena na principu enakosti. Tako dobljena krivulja je prikazana na sliki 4. Iz nje je neposredno razvidna povprečna razporeditev velikosti premerov meglenih kapljic v Ljubljani. Krivulja ima očitno razporeditev tipa A /slika 3/ ter kaže, da je skoro 90% vseh v Ljubljani merjenih meglenih kapljic velikosti med 10 in 25 μ , medtem ko število kapljic velikosti nad 25 μ eksponentialno pada z velikostjo premera.

Od kod izhaja raznolikost velikosti kapljic, še v slošnem ni povsem znano. Verjetno je, da v znatni meri odloča o tem vrsta in velikost kondenzacijskih jeder, električni naboj, koalescenca in morda tudi prenasičenost zraka. Vendar se smatra, da prenasičenost v naravi praktično ne nastopa, ker je v zraku vedno dovolj kondenzacijskih jeder, čeprav zahteva po njih ni majhna; zlasti pa vemo, da jih je dovolj v okolici večjih mest, kot je to pri naših meritvah. Za diskusijo faktorjev, ki bi lahko vplivali na velikost kapljic, pri katerih vlada ravnotežje parnih pritiskov, kar je seveda pogoj za njihov obstoj, se poslužimo Thomsonove formule /4/.



Slika 4:

Frekvenčna razporeditev po velikostnih stopnjah skupno za vse meritve.

$$\rho_a R_v T \ln \frac{e_r}{e_w} = \frac{2 p_n}{r} - \frac{\xi^2}{8 r}$$

kjer je ρ_a = gostota vode R_v = plinska konstanta za vodno paro, T = absolutna temperatura, e_r in e_w parne pritiska nad kapljico in nad vodo, p_n = površinska napetost vode /pri 20°C = 73 din cm⁻¹/, r = radij kapljice in ξ = električni naboj.

Zanemarimo drugi člen na desni oziroma menimo, da so kapljice brez naboja, torej nevtraine, dobimo

$$\ln \frac{e_r}{e_w} = \frac{2 p_n}{r \rho_a R_v T}$$

Razmerje, ki odloča o ravnotežju parnih pritiskov, je torej odvisno le od radija kapljice in temperature, saj so ostali faktorji na desni strani gornje enačbe ali konstantni ali pa odvisni od temperature. Ako vstavimo na desno stran vrednosti za radij, kot smo jih večinoma zmerili / $r = 10 \mu$ /, temperaturo 10°C / $T = 283^\circ$ / in ostale ustrezne vrednosti, pa dobimo

$$\ln \frac{e_r}{e_w} = 1,1 \cdot 10^{-4} \quad \text{oziroma} \quad \frac{e_r}{e_w} = 10^{-4}$$

kjer je e osnova naravnih logaritmov. Razvitje eksponencialne vrste nam da

$$\frac{e_r}{e_w} = 1 + 10^{-4} + \frac{10^{-8}}{2} + \dots = 1,0001 \approx 1$$

iz česar torej sledi, da obstaja praktična enakost: $e_r = e_w$.

Vzemimo, da je temperatura konstantna, potem je razpored parnih pritiskov pri različnih velikostnih kapljic tak, kot kaže naslednja razpredelnica:

radij kapljice:	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10 μ
e_r / e_w :	3,1	1,1	1,01	1,001	1,0001

Vidimo, da ima pri majhnih kapljicah velikost res velik vpliv na razmerje parnih pritiskov glede na parni pritisk, ki vlada pri isti temperaturi nad ravno vodno površino; kapljice pa, ki smo jih merili v ljubljanski megli /in ki so navadno v meglah/, so tako velike, da ukrivljenost površine ne igra več važne vloge in sta parna pritiska praktično enaka.

Vrsta in velikost kondenzacijskih jeder bi lahko znatno vplivala na velikost megljenih kapljic indirektno preko koncentracije. Kondenzacijska jedra, na

katerih se ustvarjajo meglene kapljice, so higroskopni kristalčki soli in hlapi raznih kislin. Ti se v kapljici raztope, koncentracija raztopine pa odloča o ravnotežju parnih pritiskov v smislu enačbe

$$\frac{e_s}{e_w} = 1 - k C$$

kjer je e_s = parni pritisk nad raztopino, k = faktor, ki zavisi od vrste soli oziroma kisline, ki sestavlja kondenzacijsko jedro, in C = koncentracija, ki je seveda vedno manjša od 1 in definirana:

$$C = \frac{m_s}{m_w} \quad \text{oziroma} \quad C = \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot \frac{V_s}{V_w}$$

kjer je m = masa, ρ = gostota in V = volumen soli oziroma vode.

Prvi faktor /prvi ulomek/ na desni v desni enačbi je blizu vrednosti 1, saj vemo, da se gostote vode in soli ne razlikujejo mnogo, vsekakor pa manj kot za en velikostni red. Povprečna velikost kondenzacijskih jeder je 10^{-2} do $10^{-1} \mu$ in je torej za dva ali tri velikostne rede manjša od megljenih kapljic; zato lahko brez pomembne napake vzamemo v imenovalcu pri drugem faktorju kar volumen kapljice. Zaradi kroglastih oblik obojih /tudi za kondenzacijska jedra v splošnem menimo, da so kroglice/ dobimo ob upoštevanju enačbe za volumen krogle, za koncentracijo končno:

$$C = \frac{r_s^3}{r^3}$$

Z vstavitvijo ustreznih velikosti dobimo pri povprečni velikosti naših kapljic koncentracijo $C = 10^{-6}$, torej vsekakor manj kot tisočinko, v splošnem pa še mnogo manj. Kadar so kondenzacijska jedra taka, da faktor k ne zavzema vrednosti več velikostnih redov, je desni člen v enačbi za razmerje parnih

pritisikov glede na koncentracijo zanemarljivo majhen in dobimo spet, da sta parna pritiska nad kapljicami s tako nizko koncentracijo in ravno vodno površino praktično enaka:

$$e_s = e_w$$

Pri tako velikih kapljicah, kot smo jih izmerili, torej niti premer /ukrivljenost površine/ niti koncentracija, ki izhaja od jeder, ne igrata več važne vloge pri vzdrževanju ravnotežja v parnih pritiskih in zato tudi ne pojasnjujeta njihovega obstoja pri relativni vlagi, nižji od 100% in celo pri 93%. Poudariti pa je pri tem potrebno, da v naših primerih določanje relativne vlage ni bilo niti po času niti po kraju povsem enako z meritvami velikosti kapljic - podatki za rel. vlago so bili merjeni na observatoriju.

Verjetno je, da povzročata razliko v velikosti meglenih kapljic predvsem koalescenca, ki je ali povsem slučajna dogodev trka in zlitja dveh kapljic ali pa pospešena zaradi električnega naboja inturbulence. Ta ima lahko tudi pri razmerju parnih pritisko važno vlogo, ki pa je nismo mogli določiti. Zlasti pri "mladi" megli se zdi malo verjetno, da bi lahko bila koalescenca dovolj izdatna. Odvisnost volumna krogle od njenega premera nam namreč pove, da se mora zlititi 8 kapljic nekega premera, da bi imela tako nastala kapljica dvojni premer oziroma, da je n. pr. potrebno, da koelescira 64 kapljic velikosti 15 μ , da nastane velika kapljica 60 μ .

Uspešne meritve glede na starost megle ni bilo mogoče izvesti, ker v večini primerov ni znan čas njenega nastanka. Ta pade namreč navadno v nočne ali zgodnje jutranje ure. Mimo tega pa ima megla najžešče predhodnika-zamegljenost ter vsebuje zato tudi "mlada" megla del starejših kapljic.

Grafično so bile iskane odvisnosti med spredaj uporabljenimi tremi različnimi velikostmi meglenih kapljic in širino intervala ter med temperaturo, parnim pritiskom in vetrom /zadnji je razmeroma redko nastopal/ v času meritev; nikjer pa ni bilo najti tolike enotnosti, da bi bilo vredno iskati linijo najboljšega prilaganja oziroma računati korelacijski koeficient. Primerjava glede na relativno vlago nam v posebni obliki daje rezultate, ki so predstavljeni v tabeli 5.

Tabela 5: Povprečna velikost najštevilnejših in največjih meglenih kapljic ob raznih stopnjah relativne vlage.

relativna vlaga	100	99	98	97	96	95	94	93	%
število primerov	29	2	4	5	1	1	1	4	
najštevilnejše	20	20	18	18	15	15	20	19	
največje	35	35	25	27	20	20	20	25	μ

Iz tabele je razvidno, da velikost najštevilnejših kapljic ne kaže odvisnosti od relativne vlage, pač pa se zdi, da je povprečna velikost največjih kapljic ob visoki relativni vlagi /100 in 99%/ večja kot pri nižji /pod 98%/, čeprav razlika tudi pri teh ni posebno velika. Razvidno je tudi, da je bila

relativna vlaga največkrat 100% in zrak torej popolnoma nasičen.

Nadaljnja primerjava glede na vidnost v megli-lahko rečemo tudi gostoto megle - je dala rezultate, ki so razvidni iz tabele 6.

Tabela 6: Povprečne velikosti meglenih kapljic ob različni vidnosti

vidnost	100	100-300	300-600	> 600	m
število primerov	15	18	4	10	
najštevilnejše	18	21	19	19	μ
največje	34	34	30	27	

očitno je bila vidnost v megli zjutraj, ko so se vršila merjenja, večinoma pod 300 m. Tudi glede vidnosti najštevilnejše kapljice ne kažejo povezave ali odvisnosti, pač pa je spet očitno, da je povprečna velikost največjih kapljic velika pri majhni vidnosti /veliki gostoti megle/ in pada z naraščajočo vidnostjo - vzrok in posledica sta sicer v obratnem redu. Rezultati Radfordovega raziskovanja kažejo, da se vidnost linearno zmanjšuje s količino kondenzirane vode v zraku /2/. Pri neki količini kondenzirane vode v zraku /mi tega podatka nimamo/ pa po Petterssensu vidnost pada z velikostjo premera kapljic /3/. Megla se zgošča predvsem zaradi povečanja števila kapljic in le deloma zaradi povečanja kapljic. Le-ta doprinos k manjši vidnosti v megli je razviden tudi iz gornje tabele.

Zanima nas, če je čar razkajanja megle odvisen od velikosti meglenih kapljic in če bi lahko na podlagi velikosti meglenih kapljic sklepali na čas razkajanja megle. Zadnje je bilo namreč eno glavnih vodil za to delo. V ta namen so bile narejene nekatere primerjave; ker pa je za razkajanje radiacijske megle, ki v Ljubljani večinoma nastopa, zelo važna insolacija, jo moramo upoštevati. To moremo storiti le indirektno, ker meritev jakosti insolacije nimamo ter zato v tej zvezi proučujemo trajanje megle po sončnem vzhodu, ki ga za posamezne dneve dobimo iz efemerid za Ljubljano/5/. Višino sonca bomo zanemarili, čeprav razlike tudi zaradi tega med meritvami v decembru in maju verjetno niso povsem neznatnega pomena. Rezultate primerjav daje tabela 7.

Tabela 7: Povprečne velikosti meglenih kapljic glede na čas njenega razbitja po sončnem vzhodu

čas razbitja po sončnem vzhodu	1	2	3	4	5	ves dan	ur
najštevilnejše	20	18	17	19	19	19	
največje	20	27	33	32	33	29	μ

Razvidno je, da glede velikosti najštevilnejših kapljic ni najti reda, pač pa se zdi, da nastopi razkajanje megle prej tedaj, kadar so največje kapljice majhne in tem pozneje, čim večje so. V posameznih primerih se pojavljajo

močni odkloni od ten povprečnih vrednosti ter vlada med posameznimi čloni precejšnja ncenotnost. Zato gornja ugotovitev nima tolike prognoistične vrednosti, kot je to razvidno na prvi pogled iz tabele 7.

Precejšnja reentnost velikosti meglenih kapljic v posameznih meglah otežuje samostojno delo. Izkazalo se je, da večina vseh kapljic zavzema razmeroma ozek velikostni interval in ne kaže odvisnosti od raznih vremenskih parametrov in časa. V primerjavah so se izkazale ugodnejše največje kapljice - zgornja meja posamezne megle, vendar so prognoistične možnosti očitno tudi glede te majhne.

Možno je, da bi dalo dodatno in sočasno upoštevanje vetra, oblačnosti in nekaterih drugih elementov nekoliko boljše rezultate, vendar visokih korelacij v zvezi z velikostjo kapljic očitno ni pričakovati. Za tako obsirnejše delo pa bi bila potrebna predvsem številnejša in točnejša merjenja velikosti meglenih kapljic kakor tudi merjenja števila kapljic, količine kondenzirane vode, debeline megle in drugih njenih karakteristik.

S U M M A R Y

Diameters of the fog droplets were measured by direct method e.g. by microscope. For such measurements the droplets must be conserved between two oils /Fig. 1/. The experience however showed, that the conservation is not perfect and the droplets although being in oil became smaller with time and in special cases can properly disappear in a few minutes. So a clear oil base was set in microscope and the measurement was carried out of doors in the fog. For every drop, immediately after it had fallen and had crept in the paraffin oil, the diameter was determined. Because the drop diameters in the same fog varies, finally the percentage of droplets that belong to particular diameter interval was estimated /see Table 1/.

Among other difficulties of such measurement there are difficulties at low temperatures because of solidification of paraffin oil, but when the oil is warmer than the air, a rapid evaporation - diminishing of droplets occurs before they creep in completely.

The convergent motions of droplets in the oil were often observed but no satisfactory explanation has been found. In this connection an experiment was made: in the oil base two wires were set producing the electric field 10 V/mm but no influence of this field has been found on the motion and disposition of the droplets.

Percentage distribution of all measured droplets with regard to their diameters will be seen in Fig. 4 and the distribution for the greatest, the smallest and for the most frequent droplets respectively will be found in Table 2. In Table 3 the frequency of the cases in relation to variety of drop diameter interval is shown. In Fig. 3 three different types of individual fog frequency distribution will be seen which show that also the distribution with the most frequent diameter near the upper limit /type C/ sometimes occurs.

The reasons for difference of drop diameters in the same fog are shortly discussed. Little possibility is shown that the curvature of drop surface or concentration due to dissolving of condensation nuclei would influence enough because the droplets are relatively too large. No influence due to electric charge or coalescence has been found and the author's opinion is that the coalescence hardly can be enough effective.

Many comparisons were made between drop diameter and various weather parameters but no good correlation was found. Relation of diameters regarding Relative humidity and visibility will be seen in Tables 5 and 6 respectively. The relation between drop diameters and the time of fog dissipation was examined with special care. Considering that the fog in Ljubljana valley is mostly of radiation type, the influence of insolation was taken in account in that way that the time of dissipation of fog with regard to sunrise was considered. The results in Table 7 show that there is no general relation between the drop diameter and the time of fog dissipation after sunrise. It will be seen however, that the dissipation occurs sooner when the upper limit of drop diameters is low although this relation too is not quite satisfactory.

L i t e r a t u r a

- 1/ Z. PETKOVŠEK: Megla ob slovenski oblai, 10 let Hidrometeorološke službe, 1957, str. 173.
- 2/ H.G. HOUGHTON: On the physics of cloud and precipitation, Compendium of Meteorology, 1951, str. 156
- 3/ J.J. GEORGE: Fog, Compendium of Met. 1951, str. 1179
- 4/ M. ČADEŽ: Uvod v dinamičko meteorologiju, 1959, str. 81
- 5/ S. PETERSEN: Weather analysis and forecasting, 1956 Vol. II. str. 105
- 6/ F. DOMINKO in sodelavci: Nebo v letu 1959, Proteus XXI. 4/5.