

METEOROLOŠKI POGOJI ZALEDENITVE LETAL *

METEOROLOGIC CONDITIONS OF ICEING ON AIRCRAFT

Mile Tovornik

551.574.7

SUMMARY :

The author gives a short review of the problem of iceing on aircraft. With this problem a forecaster as well as a flyer must be acquainted.

Physical conditions are discussed for freezing of supercooled water droplets. It is emphasised that such droplets freeze by degrees. The time such droplet needs for a complete freezing is a function of atmospheric conditions that one must know for an estimation of iceing on aircraft.

The most dangerous iceing occurs, when the supercooled water droplets need much time for complete freezing and there is a steady flow of water droplets. Less dangerous is iceing in the clouds with small concentration of water droplets and low temperatures.

* Izjemoma objavljamo tudi prispevek, ki na osnovi razne literature obravnava zaledenitve na letalih ker je omenjeni problem zelo aktualen.

cloud consists only of supercooled water droplets, one expects moderate iceing. When the cloud is a mixture of ice crystals and supercooled water droplets, one gets with steady flow of moisture the heaviest iceing. The intensity of iceing very much depends on the clouds genera. These connections are treated in uniform air masses and at fronts separately. The author also emphasises the influence of orography on iceing on aircraft.

For a flyer it is especially important to resolve about the composition of the clouds, and so indirectly about the iceing on aircraft, by the means of local sigus.

Letala se v vseh letnih časih gibljejo v prostoru v katerem lahko pride do nabiranja ledu na njih, to je do tako imenovane zaledenitve. Ta pojav lahko v večji ali manjši meri vpliva na njihove letalske sposobnosti: zmanjša jim hitrost gibanja, zmanjša hitrost dviganja, otežkoči in zmanjša njihovo vodene, zmanjša vidnost iz letal, poslabša ali onemogoči delovanje motorja in v ekstremnih primerih prisili da letala prekinejo let ali da celo strmoglavijo. Vsa moderna letala so zato opremljena z boljšo ali slabšo opremo, za mehansko, toplotno ali kemično borbo proti zaledenitvi. Vedeti moramo, da je pomen te tehnične zaščite tudi v primeru kadar je najboljša le drugotnega pomena in da je glavni način borbe proti zaledenitvi ta, da leti letalo v tistem delu zračnega prostora, kjer ni meteoroloških pogojev za zaledenitev, oziroma je verjetnost te najmanjša. Zato mora vsak, ki se želi uspešno bo-

riti proti zaledenitvi pravilno oceniti kje so meteorološki pogoji taki, da je verjetnost zaledenitve najmanjša.

Eden glavnih vzrokov zaledenitve je v tem, da imamo tudi pri temperaturi pod 0° vodo v tekočem stanju - tako imenovano podhlajeno vodo. Ker imamo v bodoče v našem primeru opraviti izključno z deževnimi kapljami in kapljicami, ki sestavljajo oblak, bomo za podhlajeno vodo uporabljali izraz podhlajene kapljice.

Podhlajena kapljica vode je torej nestabilna kapljica tekoče vode pri temperaturi nižji od ledišča. Ta nestabilna oblika kapljice je obstojna delj časa zato, ker ji manjka kondenzacijsko jedro, ki je eden od pogojev za zmrznjenje. Vodni kapljici pravimo nestabilna zato, ker se sprememba agregatnega stanja izvrši takoj, ko izpolnimo gornji pogoj to je, ko ji dodamo kondenzacijsko jedro. Tako kondenzacijsko jedro je lahko leden kristal ali kakršenkoli trden predmet, ki pride s kapljico v stik. V našem primeru je kondenzacijsko jedro katerikoli del letala, ki pri gibanju skozi zrak udari v podhlajene kapljice. Sam proces zmrzovanja teh kapljic je za nas zelo važen, zato si ga bomo ogledali natančneje.

Pri vsakem zmrzovanju in tako tudi pri zmrzovanju podhlajenih kapljic se sprošča latentna toplota, to je tista toplotna energija, ki smo jo morali dodati ledu, da se stopi. En gram vode nam tako odda pri zmrzovanju 80 kalorij toplote. S to toploto lahko segrejemo gram tekoče vode za 80° C. Tako dobljena latentna toplota nam bi torej morala pri temperaturi podhlajene vode, če je ta višja od -80° segreti led, ki je nastal pri zaledenitvi na temperaturi višji od 0° C; vemo pa, da to ni mogoče, ker led pri teh temperaturah ni več obstojen. Posledica tega pojava je da zmrzne le del kapljice, medtem ko

se ostali tekoči del kapljice s pomočjo sproščene latentne toplote segreje na temperaturo 0° . Kolik del kapljice nam pri tem zmrzne, lahko izračunamo tako, da izenačimo latentno toploto Q , ki jo dobimo pri spremembi agregatnega stanja, s toploto Q' , ki jo uporabimo za segretje tekočega dela kapljice na 0° C. Naj bo m' del mase kapljice, ki je zmrznjen in m del mase, ki je v tekočem stanju, L_s specifična latentna toplota, c specifična toplota vode, T temperatura vode pred začetkom zmrzovanja in $T_0 = 0^{\circ}$ C = 273° K. Iz relacije $Q = Q'$ če vstavimo za $Q = c m \Delta T$ in $Q = L_s m'$ in upoštevamo, da je $\Delta T = T_0 - T$ in če uvrstimo za $c = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ st}^{-1}$ in $L_s = 80 \text{ cal g}^{-1}$, sledi da je razmerje med maso, ki je zmrznjena in ono, ki je v tekoči obliki :

$$\frac{m'}{m} = \frac{1}{80} \Delta T.$$

Iz gornjega razmerja vidimo, da nam za vsako stopinjo pod lediščem zmrzne $\frac{1}{80}$ del mase kapljice, ostali del kapljice pa se segreje na 0° . Del kapljice, ki se je segrela z latentno toploto postane tako toplejši od okolice. Ob dotiku z okolico in z oddajanjem toplote zgubi del kapljice višek toplote in njegova temperatura se zniža tako zopet pod 0° ; to povzroči, da del kapljice zopet zmrzne, preostali del se ponovno segreje odda toploto in delno zmrzne. To se ponavlja dokler ne zmrzne celotna kapljica. Iz povedanega zaključimo, da celotna kapljica ne zmrzne trenutno temveč da za zmrzovanje porabi nek določen čas. Ta čas je odvisen od številnih pogojev, zmrzovanje bo trajalo dalj časa, če je kapljica velika kajti v tem primeru bo oddajanje dobljene latentne toplote počasnejši in to zaradi manjšega stika kapljice z okolico in večje toplotne kapacitete kaplje (v primerjavi z majhnimi kapljicami). Drugi prav tako pomemben pogoj za hitrost zmrzovanja, je temperatura kapljice; čim višja bo ta temperatura v tem manjših enotah bo kapljica zmrzovala, ter bo za

celotno zmrzovanje porabila tem daljši čas. Na hitrost zmrzovanja podhlajenih kapljic vpliva tudi koncentracija vode v oblakih. Pri veliki koncentraciji se kapljice potem ko so se segrele zaradi dobljene latentne toplote, le počasi ohlajajo; zaradi velikega števila kapljic je namreč odvod toplote majhen. Zmrzovanje je zato pri velikih koncentracijah vode v oblaku precej počasno. Podobno vpliva na hitrost zmrzovanja tudi hitrost letala.

Pri povečani hitrosti letala se zviša število trkov v enoti časa in na ta način se poveča količina latentne toplote, ki se v enoti časa sprosti. Zaradi tega dotoka toplote je proces zmrzovanja počasnejši.

Od hitrosti zmrzovanja, ki je lahko - kakor smo videli - zelo različna odvisi na katerih mestih letala se bo led najbolj nabiral in tudi kakšna bo struktura ledu. Za ekstremna primera, t.j., kadar je zmrzovanje kapljice zelo počasno ali zelo hitro, dobimo dve zelo različni obliki zaledenitve. V primeru počasnega zmrzovanja podhlajenih kapljic, t.j. če so kapljice velike, njihova temperatura visoka, koncentracija vode v oblaku velika in hitrost letala velika, se nam nabira na letalo prozoren led, ki je razporejen enakomerno od prednjega roba letala precej daleč nazaj, nekako do $\frac{2}{3}$ globine. Ta oblika ledu je najnevarnejša. Spremeni nam obliko profila krila in zelo obremeni letalo. Druga ekstremna oblika nastane kadar leti letalo z majhno hitrostjo skozi oblak, ki ima majhno koncentracijo vode, nizko temperaturo in male kapljice. V tem primeru kapljice zelo hitro zmrzujejo. Led se nam nabira kot podaljšek sprednjega roba letala. Zaradi porozne strukture teža ledu sedaj ni zelo velika, vendar pa zaradi velikih aerodinamičnih deformacij lahko bistveno vpliva na let letala.

Pri spremembi kateregakoli navedenih faktorjev lahko dobimo zaledenitve

vmesnih oblik z bolj ali manj izraženimi karakteristikami enega ali drugega spredaj navedenih ekstremnih primerov. Nevarnost zaledenitve je v vsem temperaturnem območju, v katerem dobimo v naravi podhlajene kapljice, t.j. pri temperaturah med 0° i -40° C. Meja -40° C ni točno določena, kajti v posameznih primerih lahko dobimo podhlajene kapljice še pri nižjih temperaturah. Pri merjenju temperatur moramo upoštevati, da nam termometer letala ne kaže prave temperature na površini letala. Prav tako moramo upoštevati, da površina letala nima povsod iste temperature kot zrak v katerem se giblje in da je temperatura na raznih delih letala različna. Termometer nam kaže samo temperaturo enega teh mest. Pri gibanju letala skozi zrak nastanejo na letalu pomembne spremembe temperature. Iz aerodinamike nam je znano, da dobimo na različnih delih letala različne hitrosti obtoka zraka in zato tudi različne pritiske. Na mestih, kjer je hitrost manjša se zrak komprimira in zato adiabatno segreva. Ta mesta na letalu bodo imela zato višjo temperaturo. Na mestih, kjer je hitrost obtoka zraka velika, se zrak zaradi širjenja hladi, vendar se zaradi povečanega trenja na površini letala tudi ta mesta lahko segrejejo. Oba omenjena vpliva, ki nam zaradi gibanja zvišujeta temperaturo površine letala imenujemo kinetično gretje. Povečanje temperature letala zaradi kinetičnega gretja pri različnih hitrostih dobimo iz tabele :

v (km/h)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
T ($^{\circ}$ C)	04	06	35	62	96	139	190	246	312	387

Tabela velja le, če se letalo dvigne v suhem zraku, t.j. vlažno nenasičenem. V primeru ko se letalo giblje skozi oblak ali padavine, bodo vodne kapljice na njegovi površini zaradi povečane temperature izhlapevale in zaradi poraba latentne toplote se bo temperatura površine letala znižala. Tako nam kinetično

gretje pri letenju skozi oblake in padavine ne more bistveno zvišati temperature letala in zato ne more zmanjšati zaledenitve. Izhlapevanje na krilu letala nam v veliki meri zmanjša uspešnost razledenitve letala z gretjem njegove površine; večji del toplotne energije se namreč porabi za izhlapevanje v dele s površine letala.

Do zaledenitve pri letenju skozi oblake bo prišlo v primeru če so podhlajene kapljice. Intenzivnost zaledenitve je zato odvisna poleg vseh goraj navedenih faktorjev tudi od strukture oblakov. V oblakih, ki so sestavljeni samo iz kapelj podhlajene vode - to so oblaki v temperaturnem območju med 0 in -10° C - lahko pričakujemo srednje močne in močne zaledenitve. Ti oblaki so v splošnem v spodnjem delu atmosfere (od tal do 3 000 m). Izjema pri tem so lahko oblaki cumulus congestus, ki so sicer sestavljeni samo iz podhlajenih kapljic, segajo pa lahko do precejšnjih višin in v njih imamo podhlajene kapljice do temperature -30° C. V oblakih, ki so sestavljeni iz zmesi podhlajenih vodnih kapelj in ledenih kristalov, lahko imamo zelo različne intenzivnosti zaledenitve. V slojastih oblakih, v katerih nimamo večjih vertikalnih tokov (hitrost dviganja je le nekaj cm/sek) nam zaradi različnega parnega pritiska nad ledenimi kristali in vodnimi kapljicami le - te izhlapevajo in sublimirajo na ledenih kristalih, ki se tako večajo in padajo kot padavine iz oblakov. Število kapelj se nam na ta način zmanjšuje in s tem tudi zaledenitev. Zaradi povedanega je mnogokrat v slojastih oblakih s temperaturo vsaj -12° C - t.j. pogoj za nastoj ledenih kristalov - zaledenitev minimalna.

V primeru ko imamo v oblakih nenehen hiter prirastek vlage, se nam v njih, ne glede na zgoraj omenjeno tvorbo kristalov in padavin, tvorijo velike kap-

lje podhlajene vode. Tak oblak je potem sestavljen iz manjšega števila ledenih kristalov in velikega števila podhlajenih kapelj zelo različnih velikosti. Taka mešanica je obstojna do zelo nizkih temperatur (-40°C ali celo nižje). Tak oblak je za zaledenitev najnevarnejši. Hiter in stalen prirastek vlage in omenjeno zmes ledenih kristalov in podhlajenih kapelj lahko dobimo v oblakih, v katerih se zrak hitro dviga (nekaj m na sek.). In to zato, ker se zaradi adiabatnega ohlajanja zelo hitro večja relativna vlaga in s tem kondenzacija vodne pare. V oblakih, ki so sestavljeni samo iz ledenih kristalov ne nastopa zaledenitev v primeru, če letijo z manjšimi hitrostmi.

Pri temperaturah pod 0° so oblaki sestavljeni navadno tako: stratus in nimbostratus samo iz kapljic podhlajene vode. Stratocumulus iz podhlajene vode ali iz mešanice ledenih kristalov in podhlajene vode do temperature najnižje -16° .

Cumulus je navadno sestavljen samo iz podhlajenih vodnih kapljic do temperature najnižje -23°C . Cumulonimbus je sestavljen iz podhlajenih vodnih kapljic do temperature -14° . Pri nižjih temperaturah do -30° , izjemoma tudi do -40° ali še nižje, je sestavljen iz mešanice kapljic in kristalov. Pri temperaturah, ki so nižje od -30° oziroma -40°C je ta oblak sestavljen iz samih ledenih kristalov. Altocumulus je sestavljen do temperature -10° iz kapljic, od te temperature pa do -30°C je lahko sestavljen iz kapljic podhlajene vode ali mešanice kapljic in kristalov. Oblak altostratus je navadno sestavljen iz ledenih kristalov, vendar so lahko v njem tudi podhlajene kapljice. Cirrus je sestavljen iz ledenih kristalov in le majhne količine vodnih kapljic.

Taka sestava oblakov je seveda samo v povprečju, kajti sestavine istih vrst oblakov so od primera do primera različne. Posebej velja to za oblake,

ki so sestavljeni iz mešanice vodnih kapelj in ledenih kristalov. Medsebojno razmerje teh je lahko v istem oblaku zelo različno in se spreminja v istem oblaku in na isti višini.

Najprikladnejše določevanje intenzivnosti zaledenitve letal je merjenje debeline ledu, ki se v minuti nabere na površini letala. Ta intenzivnost se izpreminja za letala, ki letijo s hitrostjo okoli 300 km na uro med 0 mm in 6 mm na minuto. Maksimalna dopustna debelina ledu je n.pr. za letalo DC - 3 20 do 30 mm.

Odvisnost med intenzivnostjo zaledenitve in različnimi oblačnimi sistemi si bomo pogledali posebej za oblačne sisteme enorodnih zračnih mas in za oblačne sisteme v zvezi s frontalnimi površinami.

Prevladujoči vrsti oblakov v enorodni zračni masi sta v hladni polovici leta nad kontinentom stratus in stratocumulus. Pojavljata se v anticiklonu in v toplim sektorju ciklona, ter sta vedno povezana s temperaturno inverzijo. Največkrat sta sestavljena samo iz podhlajenih kapelj, redkeje iz mešanice kapelj in kristalov ter le zelo redko iz samih ledenih kristalov. V teh dveh oblakih moramo vedno računati na nevarnost zaledenitve. V primeru da sta omenjena oblaka brez padavin je zaledenitev majhna. Najmočnejša zaledenitev je pri vrhu oblakov, v bližini inverzije in sicer je tu intenzivnost od 0,6 do 1 mm ledu na min. V kolikor padajo iz omenjenih oblakov padavine je zaledenitev nekoliko intenzivnejša in sicer 1 do 2 mm na minuto. Najmanjša zaledenitev je tedaj kadar padajo velike snežinke. V teh oblakih je zaledenitev odvisna tudi od vertikalnega temperaturnega gradienta; kadar je ta majhen ali imamo inverzijo od samih tal, takrat je navadno vidljivost zaradi meglenosti zelo slaba, vendar je tudi zaledenitev majhna (0,1 do 0,4

mm na minuto). Pri velikem temperaturnem gradientu ($0,8$ do 1° na 100 m) in pri dobri vidljivosti, posebej pa še močnejšem vetru je zaledenitev običajno več kot 1 mm na minuto. Vrhovi teh oblakov so največkrat na višini manj kot 1500 m, zato je najboljšje leteti nad njimi. V kolikor so vrhovi oblakov višji in ni mogoče leteti nad njimi, potem se mora letalec gibati v čim nižjih slojih, kar bo zaledenitev tam najmanjša. V primeru, če pri dviganju v takem oblaku naletimo na zelo intenzivno zaledenitev pomeni, da smo blizu inverzijske plasti in da bomo pri nadaljnjem dviganju kmalu prišli nad oblak. Mnogokrat sta nad tem oblačnim slojem še eden ali dva sloja altostratusnih oblakov, ki sta prav tako povezana s temperaturnimi inverzijami in navadno ne pokriva ta vsega neba. Razmere glede zaledenitve v teh višjih slojih so podobne kot v spodnjem sloju.

Konvektivni oblaki enorodnih zračnih mas se pozimi po obliki precej razlikujejo od onih poleti. Cumulus in cumulus congestus spominjata na slojaste oblake, prav tako cumulonimbus, ki je pozimi navadno sestavljen iz več posameznih celic. V primeru, če je konvekcija močna tvorijo konvektivni oblaki nad nekim področjem popolnoma zaprto plast oblakov, z gornjo mejo okoli 4000 m. Zaledenitev v teh oblakih je precej močna. V nižjih slojih je intenzivnost zaledenitve $0,6$ do 1 mm na minuto. Z višino pa intenzivnost narašča in je na višini nad 2500 m vsaj 1 do 2 mm na minuto, v izjemnih primerih celo 3 do 6 mm na minuto. Največkrat imamo to oblačnost v hladnem sektorju ciklona. Zaradi raztrganosti tega oblačnega sistema je zaledenitev pri letanju skozi njega le kratkotrajna in zato kljub večji intenzivnosti ni bolj nevarna od one pri slojasti oblačnosti. Kadar smo blizu centra ciklona ali nad večjimi gorskimi masivi dobimo kompakten sloj konvektivne oblačnosti in zato postane zaledenitev zelo intenzivna in za letenje zelo nevarna. V takih pogojih se letenje ne pri-

poroča, saj lahko že prebijanje nad oblake, oziroma pod nje, letalo zaledeni preko dopustne mere.

Zaledenitve v topli fronti in okluziji toplega tipa so lahko zelo različne. Na izrazito topli fronti, ki jo najdemo največkrat blizu centra ciklona in za katero je značilna močna razlika temperatur med toplim in hladnim sektorjem, imamo zelo debel nepretrgan sloj oblakov od zemlje do višine 8 km. Tako fronto lahko ugotovimo po zelo močnem padu zračnega pritiska in sicer pred fronto. V teh oblakih imamo navadno tudi zelo močne padavine in snežne meteže. Zaledenitev je pri tem oblačnem sloju navadno precej majhna. Na drugi strani imamo možnost zelo hudih zaledenitev pri slabo izraženih in počasnih toplih frontah z majhno temperaturno razliko in majhnim padom ali celo porastom zračnega pritiska pred njimi; oblačnost je v teh primerih največkrat razdeljena na več plasti in daje le zelo slabe padavine, največkrat rahlo sneženje. Intenzivnost zaledenitve je tu od 1 do 3 mm na minuto. Frontalni sistemi te vrste so precej široki, zato je letenje skozi njih nemogoče. Višina oblakov v teh počasnih frontah, ki so običajno na zunanji strani ciklona ali v območju anticiklona, je okrog 3000 m.

Za razliko od slojaste oblačnosti enorodnih zračnih mas je zaledenitev v slojastem oblačnem sistemu front najmočnejša v spodnjem sloju ter se proti vrhu počasi zmanjšuje.

V področju tople fronte imamo še eno resno nevarnost zaledenitve. V primerih velikih temperaturnih razlik med obema sektorjema ciklona in kadar so temperature v toplim sektorju nad lediščem, dobimo v hladnem sektorju podhlajen dež. Zaledenitev v tem podhlajenem dežju je izredno intenzivna, več mm v minuti. Poleg tega je pa nevarna cona široka 200 do 300 km; letenje skozi ta

sektor zato ni mogoče. Pri podhlajenem dežju je na večjih višinah, navadno že nad 500 do 1 000 m plast zraka s temperaturo nad lediščem, oblačni sistem pa običajno tudi ni debelejši od 3 000 m. Pri podhlajenem dežju moramo zato vedno umikati navzgor.

Zaledenitev v oblakih hladne fronte je vedno zelo intenzivna. V frontah prvega roda (tu je oblačni sistem podoben obrnjeni topli fronti) je zaledenitev najintenzivnejša, kadar so padavine slabe. V hladnem sektorju ciklona pa bo zaledenitev najmočnejša tam, kjer pada podhlajen dež. Zaledenitev v frontalnih cumulonimbusih je podobna kot v cumulonimbih enorodnih zračnih mas. Nevarnost je tu večja, ker so ti oblaki mnogo bolj razviti in ker zavzemajo zelo veliko področje.

Splošno lahko rečemo, da vse orografske zapreke povečujejo intenzivnost zaledenitve. Na teh zaprekah se mora zrak dvigati, ter se adiabatno ohlajati. Iz njega se izloča večja količina vlage, v zvezi s tem se tvorijo večje množine velikih kapelj podhlajene vode. V tem primeru torej pri zraku, ki se je zaradi dviga adiabatno ohladil so intenzivne zaledenitve tudi takrat, kadar padajo iz njih zelo močne padavine. Zelo močne zaledenitve imamo na priveterni strani gorskih grebenov v vseh vrstah oblakov, slojastih in konvektivnih, ne glede na to ali so iz frontalnega oblačnega sistema ali iz enorodne zračne mase in ne glede na padavine. Intenzivnost zaledenitve se spreminja od 2 do 6 mm na minuto. Večja je zaledenitev, kadar je veter močnejši in kadar je zračna masa maritimna. V oblačnih sistemih na odveterni strani gorskih grebenov je zaledenitev zelo majhna ali je sploh ni. Področje tako zvečane ali zmanjšane intenzivnosti zaledenitve je široka 1 do 2 km na vsako stran gorskega grebena.

Posebno močne zaledenitve v cumulonimbu imamo tedaj, kadar se hladna fronta približa večjemu gorskemu grebenu. Tedaj se topli zrak, ki je zajezen med hladni zrak in gorski greben, zelo hitro dvigne, kondenzacija je zato zelo intenzivna in zaledenitev v takem oblaku utegne preseči 6 mm na minuto. Na snečo traja taka situacija le krajši čas in zato je nekoliko manj nevarna.

Pri letenju v pogojih pri katerih lahko pride do zaledenitve moramo upoštevati še nekatere stvari. Termometer na letalu nam zaradi kinetičnega gretja pri letenju izven oblakov kaže višjo temperaturo od prave. Zato lahko pride do občutne zaledenitve takoj potem, ko letalo, ki je letelo zunaj oblaka, pri stanju termometra nad 0° prileti v oblak; zaradi izhlapevanja bo kinetično zvišanje temperature namreč odpadlo.

O sestavi oblakov skozi katere bo letalo letelo, lahko sklepamo po nekaterih optičnih znakih. Če vidimo okoli mesca ali sonca korono (to so barvni obroči, rdeči na notranji in modri na zunanji strani) pomeni, da je oblak sestavljen iz vodnih kapljic. Prav tako vemo, da je oblak iz vodnih kapljic tudi tedaj kadar letimo nad njim in se okoli sence našega letala napravi barvni obroč, takoimenovana glorijska. Nekatero važneje informacije o zaledenitvi lahko dobimo tudi takrat, kadar se na letalu že prične nabirati led. V kolikor je struktura ledu porozna, oziroma v obliki iglic, ter počasi raste v smeri strujnic, potem navadno ni pričakovati resnejše zaledenitve. V tem primeru lahko letalo leti dalje na isti višini. Čim opazimo na letalu gladek amorfni led, katerega debelina opazno raste, je nujno takojšnje ukrepanje. Led ali ivje sta zelo dobra podlaga za nadaljnjo zaledenitev zato je potrebno pri letalih, ki v mrzlih dnevih parkirajo na prostem skrbno odstraniti ves led, ki se je na njih nabral in to preden poletijo.

Navedeni podatki kažejo, da morata tako meteorolog prognostik tako letalec dobro poznati splošne sinoptične pogoje in pa posebej strukturo oblačnih sistemov, da se letalo izogne nevarnim področjem zaledenitve. Težava je v tem, ker ni zadostnih podatkov o sestavi in drugih razmerah oblačnih sistemov in moramo na te podatke sklepati iz poznavanja splošnih vremenskih razmer, razširjenosti oblačnega sistema, količine in vrste padavin in podobnega.