

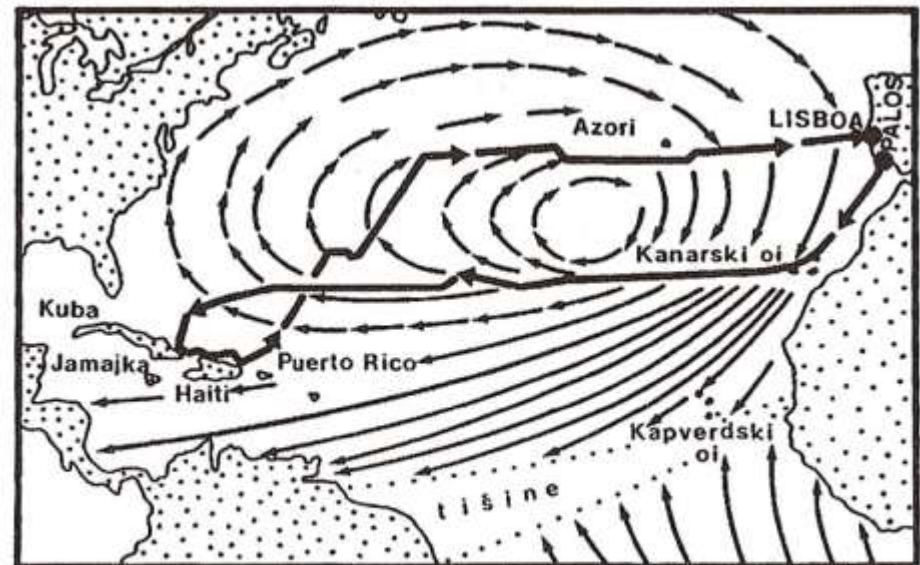
ODABRANA POGLAVLJA IZ KLIMATOLOGIJE

Utjecaj atmosfere na promet

Doc.dr. S. Lozić
Odjel za geografiju
Sveučilište u Zadru



- utjecaj vremenskih prilika na promet - 2 aspekta
 - a) Utjecaj na promet - kopneni, vodeni, zračni
 - b) Utjecaj na održavanje i upotrebljivost kopnenih prometnica, morskih i riječnih luka, zračnih luka
- vozači na cestama, posade u zrakoplovima i brodovima - potreba za meteorološkim izvještajima i prognozama → lakša prilagodba vremenskim okolnostima
- vremenske okolnosti - katkad otežavaju a katkad pomažu odvijanju prometa
- npr. stvaranje zavjetrinskih valova iza planinskih barijera i vrtloga → negativan utjecaj na zračni promet; Columbo - koristio je pasate s istočne periferije azorskog maksimuma → pozitivan utjecaj dominantnih strujanja



Sl. 149. Vjetrovi na Atlantiku i ruta prvoga Columbova putovanja (Izvor: P. Mardešić, 1957.)

- potrebno je izbjegavati atmosferske pojave zbog kojih se vozilo može oštetiti, izgubiti ravnotežu ili smanjiti brzinu, ugroziti putnike i posadu
- u nekim granama prometa vozači i posade moraju posjedovati iskaznice kojima dokazuju poznavanje klimatologije i meteorologije

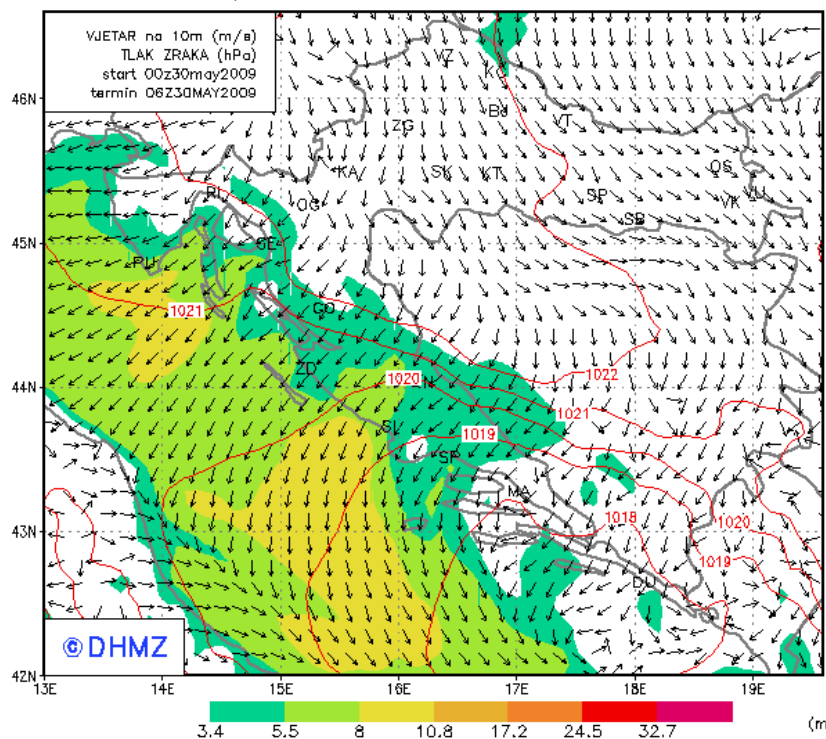


- zrakoplovi, brodovi, vlakovi i autobusi - lakše odolijevaju nepovoljnom vremenu
- male letjelice, plovila i osobna vozila - ugroženija nepovoljnim vremenskim prilikama → nužnost pouzdanih i lako dostupnih meteoroloških podataka
- zračni promet: nepogode su na 3. mjestu kao uzrok nesreća
- u SAD je između 1964. - 1969. približno 35% svih nesreća bilo uzrokovano lošim vremenom

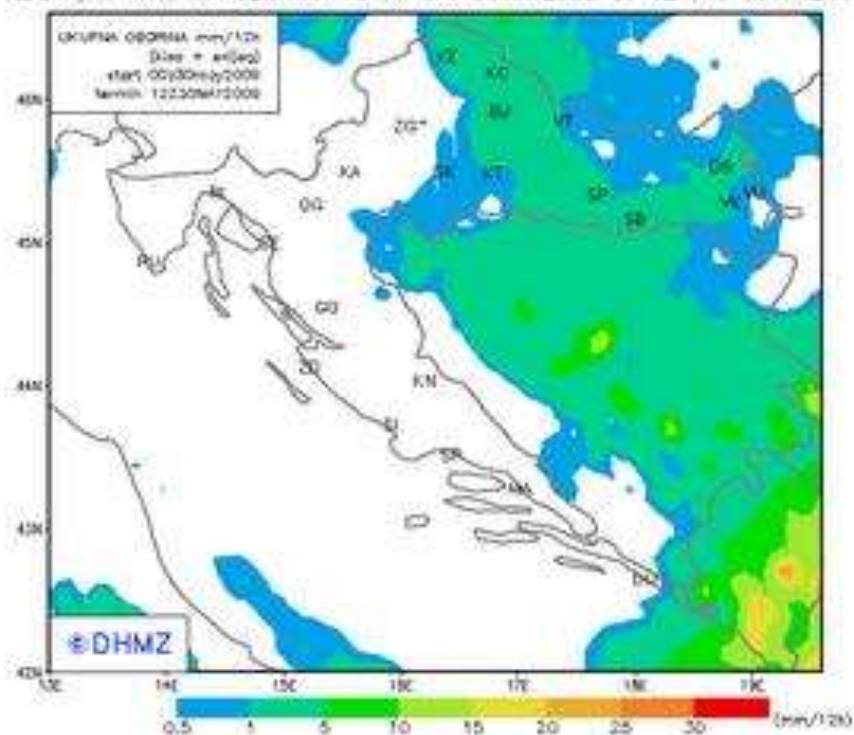


- pomorski promet - loše vrijeme uzrokuje oko 20% nesreća velikih brodova i oko 40% nesreća manjih brodova i čamaca
- u unutrašnjoj plovidbi - oko 50% svih nesreća
- meteorološko osiguranje zračnog i pomorskog prometa vrlo je opsežno i odvija se u skladu s međunarodnim pravilima
- obavijesti, upozorenja i prognoze, kao i klimatske analize za projektiranje, kod nas izdaje DHMZ

ALADIN/HR VJETAR I TLAK u 06 UTC 30MAY2009



ALADIN/HR UKUPNA OBORINA od 06 UTC 30MAY2009 do 12 UTC 30MAY2009



a) KLIMATSKI ELEMENTI I FAKTORI VAŽNI ZA ZRAČNI PROMET

- međunarodna standardna atmosfera, temperatura zraka, atmosferski tlak, vjetar (turbulencija), vlaga i oborine, magla, zaleđivanje, grmljavinske oluje

1. **Međunarodna standardna atmosfera** = idealizirani model atmosfere koji se koristi za različite proračune u meteorološkoj i zrakoplovnoj praksi

- MSA je definirana (prema ICAO - International Civil Aviation Organization) slijedećim parametrima stanja na srednjoj morskoj razini: atmosferski tlak na g.š. 45^o iznosi 1013,25 hPa, temperatura zraka 15,0^o, gustoća zraka 1,225 kg/m³, vertikalni temperaturni gradijent do visine 11 000 m je 0,65^oC/100m

Tablica 2.8.1. ICAO – standardna atmosfera

<u>Tlak zraka</u> hPa	<u>Visina</u> m	Temperatura zraka/ ^o C	Gustoća zraka/kg m ⁻³
25	25 029	- 51,5	0,040
50	20 576	- 55,9	0,080
100	16 180	- 56,5	0,161
200	11 784	- 56,5	0,322
300	9 164	- 44,6	0,457
500	5 574	- 21,2	0,691
700	3 012	- 4,6	0,908
850	1 457	5,5	1,063
900	988	8,6	1,113
1 000	111	14,3	1,212
1 013,25	0	15,0	1,225

2. Temperatura zraka

- u zrakoplovnom prometu važne su ekstremne vrijednosti
- u područjima s prizemnim temperaturama oko 40 - 50°C uzletno-sletne staze moraju biti približno 1 km dulje od staza u područjima s niskom temperaturom (oko -40 do -30°C) → temperatura je u neposrednoj vezi s gustoćom zraka i utječe na nosivost zrakoplova, snagu motora, potrošnju goriva, visinu i brzinu leta
- *visinska jezera toplog zraka* - vrlo nepovoljna, osobito ako zrakoplov leti blizu svog plafona leta i znatno je opterećen → visina leta može se naglo smanjiti za više kilometara (nagli porast tlaka i gustoće zraka)



Zračna luka Split

3. Atmosferski tlak

- smanjuje se s visinom - važan je za neposredno određivanje visine i promjene visine leta zrakoplova pomoću visinomjera
- o tlaku zraka ovisi duljina staze potrebna za slijetanje i uzlijetanje zrakoplova
- visinomjeri su tvornički baždareni na uvjete tzv. *standardne atmosfere*, koja točno definira zakonitosti po kojima se mijenjaju tlak, gustoća i temperatura zraka u zavisnosti od visine, kao i vrijednosti ovih veličina na Zemlji.

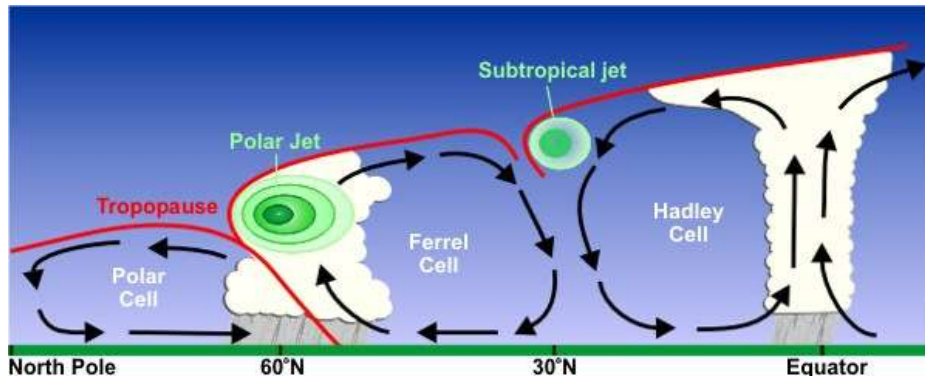


Turski zrakoplov pao zbog problema s visinomjerom

Nesreća koja se dogodila 25. veljače u amsterdamskoj zračnoj luci uzrokovana je problemima s visinomjerom.

Nizozemski ured za sigurnost zračnog prometa objavio je kako su problemi sa visinomjerom uzrokovali nepravilnosti tijekom prilaska sletnoj pisti, a onda i samu nesreću.

- visinski vjetar - ako je leđni može koristiti kao dodatni pogon (štednja goriva); ako je čelni, može usporavati zrakoplov i uzrokovati kašnjenje ili čak onemogućiti dolet do odredišta
- to osobito vrijedi za **mlazne struje** → relativno uske pruge (debljine više km, širine nekoliko stotina km, dužine više tisuća km) u gornjoj troposferi ili donjoj stratosferi (polarna 7-12 km, subtropska 10 -16 km) u kojima vjetar struji brzinom > 30 m/s
- mlazne struje prati turbulencija u vedrom zraku - opasnost za let



Flights between Tokyo and Los Angeles using the jet stream eastbound and a great circle route westbound.

5. Turbulencija

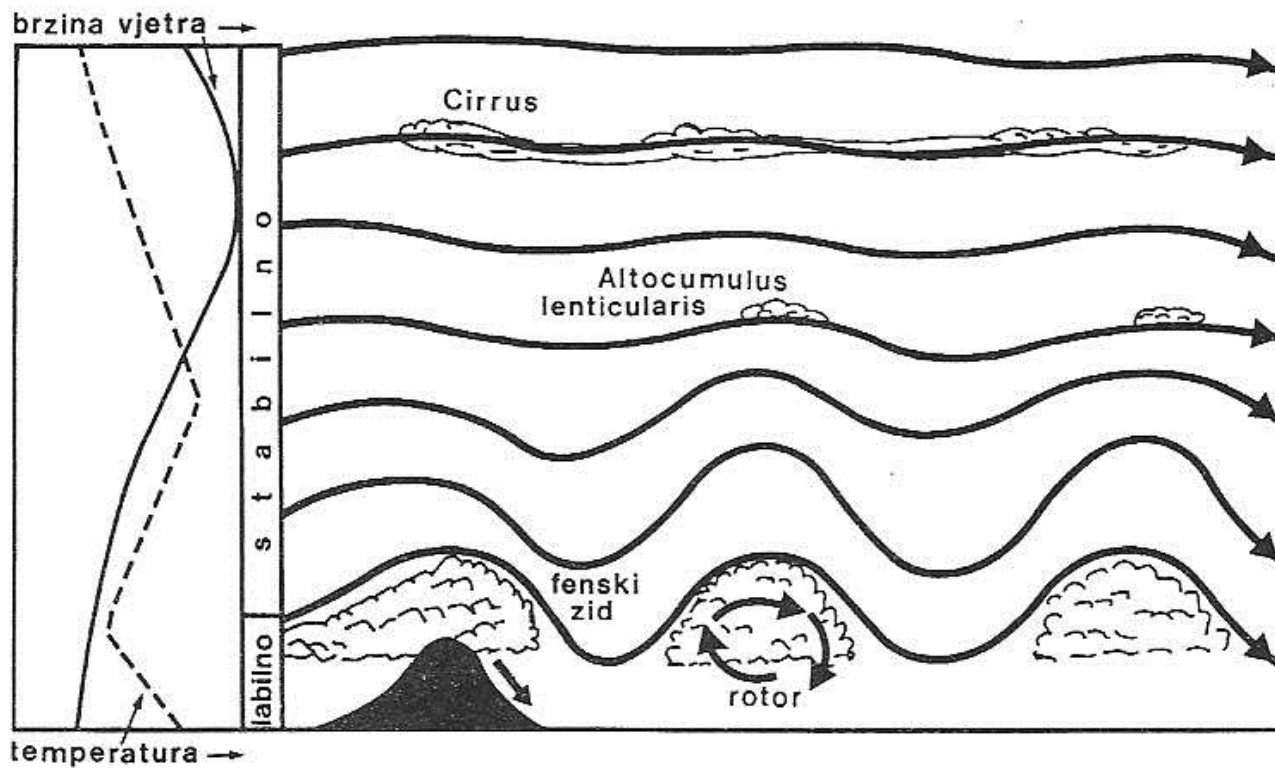
- gibanje zraka je turbulentno - nagla promjena smjera i brzine vjetra
- uz osnovnu zračnu struju postoje vrtlozi - njihova veličina može biti od 1 m pa do više od nekoliko stotina km
- horizontalno prostiranje: u prosjeku od nekoliko desetina m do 100 pa i 1000 m
- vertikalno prostiranje: od nekoliko desetaka do 1000 m, ponekad i do 8 km
- trajanje: od nekoliko minuta do jednog sata, ponekad i duže



10. svibnja 2009.

Zbog jakih turbulencija nad Alpama tijekom Lufthansina leta iz Munchena u Lisabon ozlijeđeno je deset osoba, a zrakoplov je bio primoran sletjeti u Švicarskoj. Airbus A321 sa 147 putnika sletio je iz sigurnosnih razloga u Ženevu nakon što su putnici lakše ozlijeđeni.

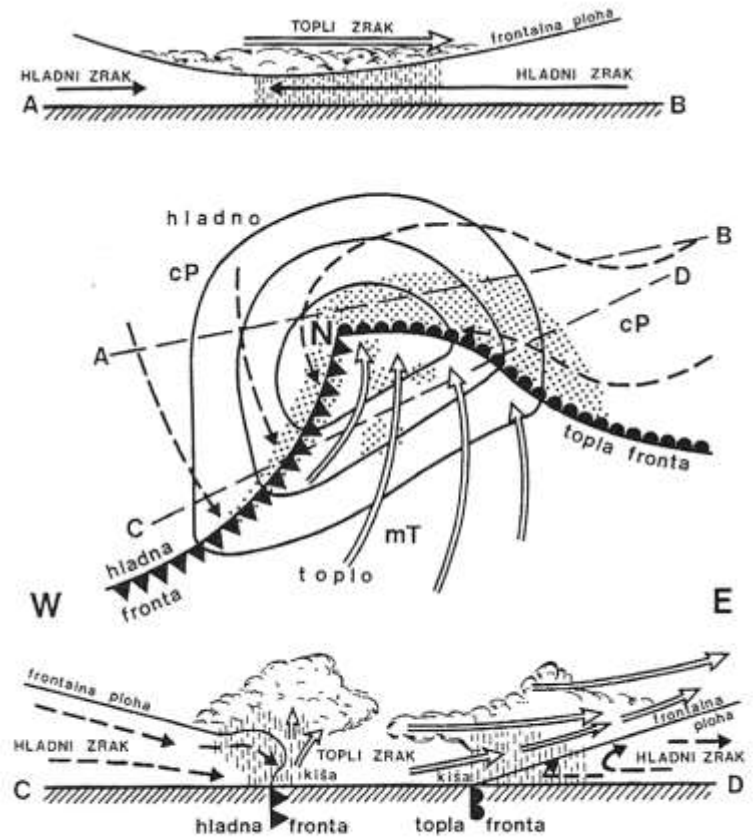
- turbulencija smeta zrakoplovu pri polijetanju ili slijetanju
 - vrste turbulencije: orogenetska t., t. u oblacima i t. vedrog vremena
- a) **orogenetska turbulencija** - nastaje pri strujanju zraka oko planine, iznad nje i u planinskom području
- na privjetrinskoj ili zavjetrinskoj strani dolazi do poremećaja strujanja → nastaju zavjetrinski valovi i rotorna gibanja; česta su i vrlo jaka silazna gibanja



Utjecaj planine
na strujanje
zraka i postanak
oblaka

b) turbulencija u oblacima

- najizraženija u kumulosima i kumulonimbusima zbog vrlo jakih uzlaznih i silaznih strujanja i vrtložnog strujanja ako se razvije pijavica
- česte su turbulencije uz frontalne zone



SI. 230. Shematski prikaz razvijene ciklone prema shvacanjima predstavnika bergenske škole. Tockicama je oznaceno podrucje s padalinama; tanke krivulje su prizemne izobare. Iznad i ispod su vertikalni presjeci kroz ciklonu (G. Trewartha, 1954.)

c) turbulencija vedrog vremena

- povezana s mlaznom strujom

Djelovanje turbulencije na zrakoplov: zanošenje zrakoplova od smjera letenja, promjena visine i brzine letenja, preopterećenje

- najizraženije i najopasnije je naglo propadanje i nagle promjene brzine
- turbulencija je često vezana za grmljavinske oluje i kumulonimbuse



6. Oblaci

- za zrakoplove su važni niski oblaci i oblaci vertikalnog razvoja (Cu, Cb)
- kumulonimbus - zbog svoje visine, izrazitih turbulencija, ali i padalina koje su za njega vezane (jaka kiša ili tuča) sve ga vrste zrakoplova izbjegavaju
- podnica niskih oblaka nema uvijek oštru granicu - slaba vidljivost



7. Grmljavinska oluja

- opasna za zrakoplove zbog jakih udara vjetra, vertikalnih zračnih struja i turbulencije, slabe vidljivosti u oblacima i ispod njih, zbog tuče, naglih promjena tlaka i temperature, zaleđivanja
- ispod kumulonimbusa udari vjetra dosežu brzine > 30 m/s → posljedica intenzivnih silaznih struja hladnog zraka iz oblaka prema tlu
- u prizemnom sloju nagle su promjene vjetra i zračni vrtlozi,
- grmljavinska oluja - može oštetiti električne, navigacijske i ostale uređaje zrakoplova, ometati radioveze



8. Oborine

- oborine veće jačine ometaju odvijanje zračnog prometa
- kiša, snijeg, kapljice koje se zaleđuju na zrakoplovu u letu ili uzletno-sletnoj stazi
- tuča - mehanički oštećuje zrakoplov



9. Zaleđivanje

- nakupljanje leda na površinama zrakoplova - pogoršavanje letnih svojstava
- led se stvara na krilima, repnim površinama, trupu, elisama, u usisnim kanalima motora, antenama i dr.
- zaleđenom zrakoplovu se povećavaju masa i otpor, smanjuje se uzgon, slabi snaga motora, smanjuje se stabilnost, loša je vidljivost kroz vjetrobransko staklo, javljaju se mehanička oštećenja, otežava se radioveza
- najintenzivnije pri temperaturi od -1 do -10°C
- zaleđivanje se većinom događa u frontalnim oblacima ili u oblacima nestabilne zračne mase - najjače u kumulonimbusu i nimbostratusu, te u kumulusu, stratusu i stratokumulusu
- uzletno-sletne staze: zaleđivanje smanjuje učinak kočenja i manevara na pisti



9.2.2009. Cessna T303, koja se srušila na Velebitu, najvjerojatnije nije bila opremljena za let u ekstremnim zimskim uvjetima, ili su joj sustavi za odleđivanje zakazali,

10. Slaba vidljivost

- ne mora biti jednaka u svim smjerovima - razlikuje se horizontalna, vertikalna i kosa vidljivost
- najvažnija je vidljivost uzduž piste
- vidljivost smanjuje: magla, sumaglica, prašina, dim, niski oblaci i jaka oborina



b) KLIMATSKI ELEMENTI VAŽNI ZA KOPNENI PROMET

- temperatura zraka, vlažnost zraka, oblaci, oborine, vidljivost, vjetar i turbulencija, grmljavinske oluje, zaleđivanje i taloženje snijega

1. Temperatura zraka

- vrlo visoka ili vrlo niska temperatura - ometanje kopnenog prometa → nepovoljno djelovanje na ljudski organizam, rad motora i na neke vrste tereta
- važan je prag od 0°C - voda mijenja agregatno stanje - zaleđivanje



2. Vlažnost zraka, magla, oblaci, vidljivost

- nepovoljan utjecaj previsoke vlage zraka na ljudski organizam i teret vozila, mogućnost kondenzacije
- magla → smanjivanje vidljivosti
- oblaci u gorskim predjelima utječu kada se kao magla nalaze nisko blizu tla → smanjivanje vidljivosti, vlaženje ceste, zimi zaleđivanje



3. Oborine

- slaba kiša, kad počne padati, kao i rosulja na prometnicama stvaraju tanak sklizak sloj
- pri dugotrajnoj kiši vlaga prodire u podlogu, omekšava je i polako razgrađuje
→ ako dođe do smrzavanja podloga puca
- jaka kiša → bujice, odroni, začepljene kanalizacije, poplave, oštećenje vozila, cesta, nasipa i mostova
- hladno doba godine → smrzavanje kiše na tlu → poledica
- naslage snijega otežavaju ili prekidaju promet



12.12.2008. Karlobag - olujno jugo oštetilo i povuklo u more dio kamenog lukobrana,



19.9.2007. olujno nevrijeme u Sloveniji

4. Zaleđivanje i taloženje snijega

- ledena kora i nanosi snijega na prometnim površinama i vozilima smanjuju sigurnost prometa (najjače pri temp. od -1 do -10°C)
- hladne noći - na parkiranim vozilima, prometnicama, mostovima, vijaduktima stvara se mraz → ohlađivanje je najjače na tim mjestima
- zbog poledice i gomilanja snijega i leda na prometnicama slabije je kočenje i manevriranje vozilom



3. Grmljavinske oluje

- pljusak smanjuje vidljivost zbog zalijevanja vjatrobrana
- tuča djeluje mehaničkim udarima - razbija stakla, udubljuje lim vozila, ledena zrna na cestama otežavaju kočenje
- stvaranje bujica - razaranje prometnica, srušene grane i stabla zapriječuju prolaz
- munje noću zaslijepljuju a udari gromova u blizini izazivaju paniku sudionika u prometu



4. Vjetar i turbulencija

- jaki vjetar smeta prometu - bočni vjetar može zanijeti i prevrnuti vozilo, čelni ga usporava a leđni ga ubrzava
- jadransko područje - velike teškoće stvara bura → mahovitost i pojačani intenzitet niz prijevoje, planinska točila, uvale i drage
- turbulentno gibanje i vrtlozi



c) KLIMATSKI ELEMENTI VAŽNI ZA POMORSKI PROMET I UNUTRAŠNJU PLOVIDBU

1. Temperatura zraka i vode

- vrlo visoke ili niske vrijednosti - važne za plovidbu
- važnost prelaska pragova od 0°C ili -3°C (zaleđivanje morske vode)
- u područjima s niskom temperaturom (od -30°C do -20°C) led na moru i rijekama onemogućuje plovidbu



2. Vlažnost zraka

- velika relativna vlažnost zraka nepovoljno utječe na osoblje i teret - ako brod nema klimatizacijski uređaj, skladišni prostor treba provjetravati
- kvaliteta nekih vrsta tereta ovisi o udjelu vlage (npr. žitarice)
- ako se u uvjetima velike relativne vlažnosti i visoke temperature temperatura snizi za nekoliko stupnjeva → kondenzacija vodene pare → nepovoljan utjecaj na teret



3. Oblaci, oborine

- niski oblaci često dopiru do vodene površine stvarajući maglu
- najčešće kad topao i vlažan zrak polako struji iznad hladne podloge → kondenzacija → smanjivanje vidljivosti
- oborine smetaju plovidbi ako padaju kao jaka kiša ili jaki snijeg → smanjivanje vidljivosti i opterećivanje plovila
- prehladna kiša ledi se na brodovima



4. Vjetar i turbulencija

- vjetar je u prošlosti bio izuzetno važan za plovidbu - pokretač jedrenjaka, opasnost
- jak i dugotrajan vjetar iznad prostranih vodenih površina stvara velike valove i morske struje
- plovidba u području izrazito promjenjivih vjetrova izrazito je zahtjevna - uz morske obale i u područjima s mnogo otoka sa strmim i visokim obalama zračna strujanja su izrazito deformirana - utjecaj vjetra na plovidbu je složen



29.12.2008.

Vrlo jaka bura i visoki valovi - trajekt je vozio iz Porozine na Cresu u Brestovu u Istri. Luka Porozina je zaštićena od vjetra i u nju je lakše ući ako puše jak vjetar. U Brestovi, pak, nema lukobrana i trajektima je teško pristati,

5. Magla, vidljivost, oluja

- magla, sumaglica, prašina, dim, niski oblaci, jaka kiša ili snijeg - smanjivanje vidljivosti → otežavanje plovidbe
- na moru je magla većinom advekcijskog porijekla, češća je u ljetnim mjesecima
- uz rijeke je radijacijskog porijekla i češća je u zimskom dijelu godine
- oluje ometaju plovidbu zbog jakih udara vjetrova, slabe vidljivosti, pljuskovitih oborina, tuče i sl.
- oluje su u kontinentalnim područjima češće poslije podne a na moru noću i ujutro



6. Zaledivanje

- može biti opasno jer pogoršava plovna svojstva broda
- zaledivanjem raste masa broda, smanjuje se stabilnost, lošija je vidljivost kroz vjetrobranska stakla, pojavljuju se mehanička oštećenja, otežava se radioveza i dr.
- može nastupiti na vezu ili u plovidbi
- visoke geografske širine - vodene površine zimi se zalede → otežavanje ili sprječavanje plovidbe
- hladne morske struje pridonose širenju ledenog pokrivača do umjerenih g.š.
- plutajući led na morima i rijekama može otežati prolaz brodova - opasnost od sudara s brodovima



17.02.2009. Brod na kružnom putovanju zaustavljen je blizu ledenjaka na Antarktici sa 104 osobe koje nisu u opasnosti. Brod 'Ocean Nova' sa 74 putnika i 30 članova posade zaustavio se blizu argentinske baze San Marina iz još nepoznatih razloga, a pretpostavlja se zbog oseke ili plovećih santa.