

Ivan PENZAR

Geofizički zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb

POVZETEK

Meteorologija može biti vrlo korisna za poljoprivredu, na primjer u zaštiti i obrani usjeva od mraza. Prikazat će se neke metode za aktivnu i pasivnu obranu i ulogu koju meteorologija u tome ima od prognoze mraza do odabiranja najpovoljnijeg položaja prilikom planiranja i sadjenja poljoprivrednih kultura. Pokazat će se nadalje kako se na valovitom području redovno mogu pronaći mjesta koja su jače, i druga koja su manje izložena pojavi mraza.

UVOD

Pored ostalih vanjskih utjecaja na rast i život biljke veliko djelovanje imaju vremenska stanja u meteorološkom i klimatološkom smislu riječi, a naročito vrućina, hladnoća, suša i preobilna voda. Zadržat ćemo se samo na niskim temperaturama, i to ne na onima koje se javljaju u zimskom dijelu godine, kad vegetacija miruje, nego na onima koje dolaze u proljeće na početku i u jesen na kraju vegetacijskog razdoblja. Takve niske temperature mogu naime izazvati velike štete kako u vrijeme nicanja, pupanja i cvatnje tako i u vrijeme sazrijevanja usjeva, voćaka i vinograda.

Niske temperature mogu se dinirati i klasificirati na dva načina i to bilo prema iznosu temperature, bilo prema popratnim pojavama u prirodi kao što je mraz, led i drugi oblici smrzavanja. Najčešće se kao kriterij da li je dan hladan ili ne uzima minimalna temperatura zraka koja je izmjerena na 2 m visine. Ako je ona ispod nule, dan se ubraja u hladne. Na takve dane vodena površina može biti smrznuta, a na biljkama se može pojaviti mraz tj. naslaga leda kristalne strukture u obliku ljsaka, iglica, perja i lepeza.

Ne samo da se kristali stvaraju s vanjske strane biljaka, nego se stvaraju i u biljnom tkivu. Štete ne izazivaju vanjski (vidljivi) kristali leda već oni unutarnji. S obzirom na dijelove organizma gdje unutarnji led nastaje dijelimo ga na intracelularni i ekstracelularni led. U ćelijama se led teže stvara jer biljni sokovi ne sadrže samu vodu, dok u prostoru izvan ćelija, gdje je voda čista i nezaštićena, kristali lako nastaju čim se temperatura spusti ispod ledišta. Kad se stvori ekstracelularni led dolazi do pada hidrostatskog tlaka u biljci, voda iz ćelija izlazi u medjustanični prostor i tamo se smrzava. Na taj se način plazma u ćelijama suši, postaje krhka i lomljiva, što lako dovodi do mehaničkog oštećenja biljke.

Po postanku mraz možemo podijeliti na advekcijski, radijacijski i mraz izazvan isparavanjem.

Prvi tip vezan je uz prodor hladnog zraka nakon prolaza duboke ciklone s izraženom hladnom frontom. Takav hladan zrak prekrije obično veliko područje i zadržati se po više dana. Koji puta je niska temperatura povezana s jakim vjetrovom. Za takav slučaj nema efikasne zaštite usjeva od mraza. Jedino su pošteđene biljke u staklenicima, klijalištima i zaklonima, odnosno one što su posebno za tu priliku pokrivene i ograđene.

Advekcija svježeg zračne mase ne mora međutim uvijek smanjiti temperaturu zraka ispod nula stupnjeva, ali može dovesti do smanjenja vlage zraka. Ako nakon toga nastupi razvedranje, dugovalno zračenje tla neće tada biti u nižim slojevima atmosfere dovoljno apsorbirano, što dovodi do smanjenja protužarenja atmosfere. U takvim uvjetima kad je jako efektivno žarenje podloge dolazi do intenzivnog noćnog ohladjivanja tla i prizemnog sloja zraka. Po danu mogu temperature dosežati desetak stupnjeva ili više, a noću se minimumi spuštaju ispod 0°C. Ohladjeni zrak se slijeva dolje i stvara tzv. jezera hladnog zraka u najnižim dijelovima nekog kraja, dok obronci i povišenja mjesta ostaju toplija. Nastaju inverzije temperature koje mogu biti vrlo izrazite. Opasnost za radijacijski mraz postoji tada samo po kotlinama, dolinama, uvalama i nizinama. To je čest slučaj mraza kod nas. Za obranu od takvog mraza postoje brojne metode, a meteorologija može pri tom pružiti veliku pomoć.

Isparavanjem može nastati mraz samo u specijalnim uvjetima kad nakon hladnog pljuska zapuše jak vjetar. Voda se tada iz biljaka naglo isparava što dovodi do pada temperature u lišću bilja pa se stvori mraz iako je temperatura zraka iznad 0°C. U tom slučaju ne postoje zaštitne mjere.

ULOGA METEOROLOGIJE U PASIVNIM I AKTIVNIM METODAMA OBRANE OD MRAZA

Pomoć meteorologije pri zaštiti usjeva od mraza i niskih temperatura izazvanih radijacijskim procesima može biti dvovrsna i to a) unaprijed pri planiranju i odabiranju obradivih površina na kojima je rizik za pojavu mraza manji i b) prognoza mraza u vrijeme neposredne opasnosti.

Ad a)

Na osnovi višegodišnjih meteoroloških podataka može se izraditi klimatološka studija određenog kraja s naročitim osvrtom na pojavu hladnih dana. Određuju se datumi srednjeg početka razdoblja u kojem se javljaju hladni dani, datumi srednjeg svršetka takvog razdoblja i trajanje razdoblja u kojem se hladni dani ne javljaju. Rezultati se obično prikazuju kartografski, a da bi korist bila veća, kartama se dodaju vjerojatnosti, podaci o rasapu i druge statističke veličine.

Kao primjer teritorijalne raspodjele hladnih dana dajemo na slikama 1-3 kartografski prikaz za SR Hrvatsku. O metodici izrade takvih karata nećemo ovdje govoriti (o tome vidi /8/), spomenut ćemo samo da se cijalo područje SR Hrvatske s obzirom na pojavu hladnih dana može podijeliti u ove dijelove:

1. područje gdje se mraz ne javlja (južni dio obale i većina otoka),
2. područje gdje se mraz rijetko javlja (zapadna Istra i Ravni Kotari) i
3. područje gdje se temperatura redovno, barem u hladnom dijelu godine, spušta ispod nule. Ono obuhvaća preostali dio SR Hrvatske.

Taj najveći dio SR Hrvatske, gdje se mraz redovno javlja, možemo dalje podijeliti na manje predjele već prema tome kada u jesen nastupa prvi mraz i kako dugo traje proljetni mraz. Iz izolacija na kartama se vidi da je na visokim planinama pojava mraza u ranu jesen i kasno proljeće redovna, zatim da je rizik za mraz u to doba veći u dolinama i nizinama nego na obroncima i nižem gorju.

Izolacije na slikama 1 i 2 predstavljaju prosječne datume za nastup prvog, odnosno posljednjeg hladnog dana. Osim toga za poljoprivrednu je praksu korisno znati kakve su vjerojatnosti za pojavu prvog (zadnjeg) hladnog dana u pojedino doba godine. Iz 30-godišnjih podataka o prvom jesenskom i zadnjem proljetnom datumu s $t_{min} < 0^{\circ}C$ za Osijek i Zagreb izračunati su takvi podaci na slijedeći način:

1. Određena je normalna razdioba s istim parametrima (srednjakom, varijancom i brojem članova) koje ima i empirična razdioba čestina.
2. Pomoću χ^2 testa ispitano je slaganje normalne razdiobe sa stvarnim podacima. Nul hipoteza bila je da se čestine normalne razdiobe dobro prilagode empiričkim čestinama. Test je pokazao da su vjerojatnosti za tu hipotezu za Zagreb između 0,50 i 0,90, a za Osijek između 0,10 i 0,50. U oba slučaja to znači da se nul hipoteza mogla prihvatiti.
3. Iz normalne razdiobe određeni su zatim intervali u kojima se prvi odnosno zadnji hladni dan pojavljuje uz vjerojatnost 50%, 25% i 10%.

Tabela 1 - Vjerojatnosti za nastup prvog hladnog dana u jesen i zadnjeg hladnog dana u proljeće

	Osijek		Zagreb	
	prvi dan	zadnji dan	prvi dan	zadnji dan
srednji datum	5.XI	10.IV	17.XI	17.III
vjerojatnosti				
50%	prije 5.XI	poslije 10.IV	prije 17.XI	poslije 17.III
25%	prije 25.X	poslije 21.IV	prije 8.XI	poslije 27.III
10%	prije 14.X	poslije 1.V	prije 31.X	poslije 5.IV

Usporedba rezultata pokazuje da u jesen 10 dana prije, a u proljeće 10 dana kasnije od datuma označenih linijama na slikama 1 i 2 nastupa vrijeme kad vjerojatnost za pojavu mraza pada na 25%; u razmaku od oko 20 dana od srednjeg

datuma ta vjerojatnost padne na 10%. Može se uzeti da ti vremenski intervali vrijede za cijeli nizinski dio SR Hrvatske.

Ovakve karte i tabele mogu se upotrijebiti pri planiranju poljoprivredne proizvodnje, a i inače u praksi, na pr. kod umjetnog djelovanja na mikroklimu. Naime, kako se hladan zrak slijeva na niže terene mogu se na zgodnim mjestima postaviti brane takvoj struji zraka. Te prepreke mogu biti u obliku nasipa, ograda, živica, šumskih pojasa ili slično.

Ad b)

Već opće meteorološke prognoze što se redovno daju za javnost pružaju korist u obrani od mraza, jer se iz njih vidi da li je mraz moguć ili nije. Ako se naime nakon prodora svježeg zraka očekuje oblačno i vjetrovito vrijeme, radiacijskog mraza neće biti. Ali ako se očekuje razvedranje i mirno vrijeme, onda se vjerojatnost za stvaranje mraza povećava. Postoje osim toga brojne metode za izračunavanje jutarnje minimalne temperature iz podataka dobivenih mjerenjem već u popodnevnom satima prethodnog dana, tako da se za određenu lokaciju na terenu 10 ili 15 sati unaprijed može znati hoće li naredne noći biti mraza. A to je vrijeme dovoljno da bi se pripremila aktivna obrana od mraza koja može imati razne oblike, na pr. pokrivanje, grijanje, prskanje vodom, umjetno miješanje zraka, dimljenje itd.

Navodimo neke od formula za računanje jutarnje minimalne temperature t_{min} :

prema Angströmu

$$t_{min} = t' - at - b$$

(t' i t su temperature na mokrom i suhom termometru u popodnevnom satima, a a i b su konstante koje ovise o položaju mjesta)

prema Kammermannu

$$t_{min} = t' - k$$

(t' je temperatura na mokrom termometru poslije podne, k je konstanta)

prema Picku

$$t_{min} = \tau - c$$

(τ je rosište u popodnevnom satima, c je konstanta)

prema Faustu

$$t_{min} < 0 \text{ ako je } (t + e) f$$

(t i e su temperatura zraka i tlak vodene pare u 14^h, f je konstanta)

prema Mc Kenzieu

$$t_{min} = 1/2(t'_{max} + \tau'_{max}) + f(v, n)$$

(t'_{max} i τ'_{max} su temperatura mokrog termometra i rosište u času maksimuma, a $f(v, n)$ je neka dodatna veličina što ovisi o brzini vjetra i naoblaci)

prema Smithu i Warrenu

$$t_{min} = \tau - (a-A)/B + f(\tau) + f(u)$$

(τ i u su rosište i rel. vlaga zraka u 18^h po lokalnom vremenu, a $f(\tau)$ i $f(u)$ su dodatne veličine ovisne o rosištu odnosno relativnoj vlazi)

prema Penzaru

$$t_{min} = k(u, y) \cdot (t'_{max} + \tau'_{max}) + l(u, y)$$

(t'_{max} i τ'_{max} su temperatura i rosište u času temperaturnog maksimuma, a k i l su konstante što ovise o rel. vlazi i dijelu godine).

Minimalna temperatura površine tla $t_{p, min}$ može se odrediti prema Ljuterštejnu i Čudnovskom ovako:

$$t_{p, min} = t_{p, z} - B_z / P(\varphi, y) \cdot k_1(v, h, \lambda) + R(\varphi, y) \cdot k_2(v, h, \lambda) /$$

pri čemu je $t_{p, z}$ temperatura tla u času zalaza sunca, koeficijenti P i R su dobiveni iz empiričkog materijala a zavise o geografskoj širini i dobu godine, koeficijenti k_1 i k_2 ovise o koeficijentu turbulencije odnosno o brzini vjetra, visini i vodljivosti tla, dok je B_z bilanca zračenja u času zalaza sunca. Ona se određuje pomoću instrumenta ili računski iz temperature tla i zraka, nagiba podloge i koeficijenta apsorpcije tla.

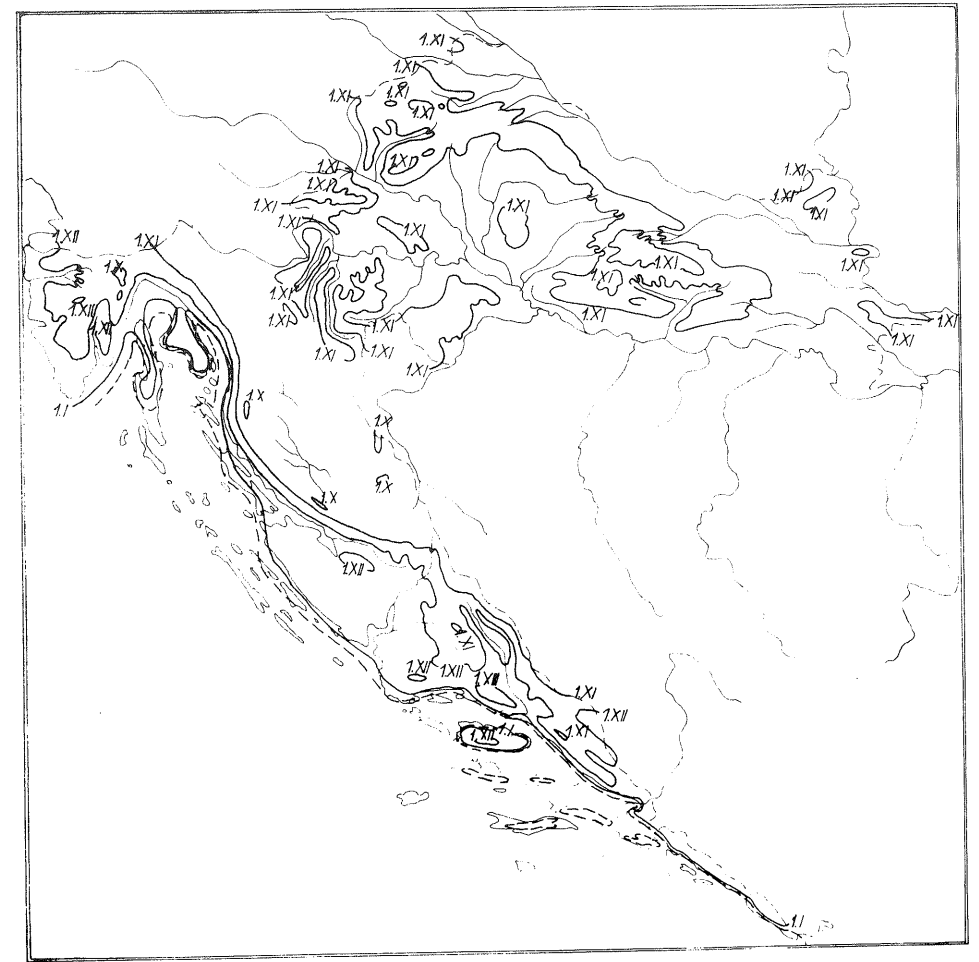
ZAKLJUČAK

Zaštita od mraza može biti uspješna ako se uz aktivne metode borbe protiv mraza koriste i meteorološki podaci, prognoze i savjeti. Navodimo nekoliko praktičnih savjeta za zaštitu od mraza:

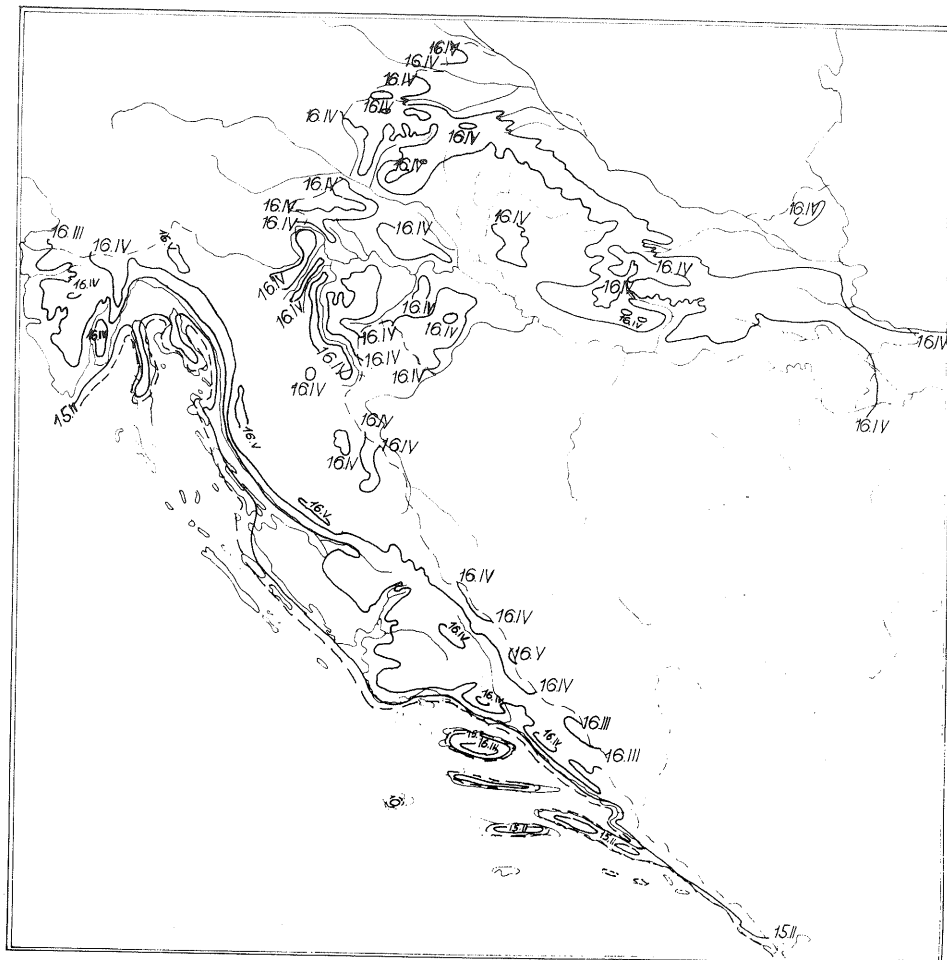
1. U onim područjima u kojima se mraz redovito javlja izbjegavati doline, kotline, uvale, jarke i druge udubljene dijelove terena za sadnju biljaka osjetljivih na hladnoću. Topli obronci su najpovoljniji za vinograde, voćnjake i rane usjeve.
2. U blizini velikih vodenih površina kao što su jezera, rezervoari, ribnjaci i rijeke rizik za mraz je smanjen.
3. Ispred strujnih prepreka za zrak opasnost od mraza je povećana, a iza prepreka je ta opasnost katkada smanjena.
4. Pojas šume sprečava dotjecanje hladnog zraka ili ga odvodi u drugom smjeru.
5. U danima povećanog rizika za mraz treba prestati s prorahljivanjem podloge u nasadima. Obradjeno i suho tlo ili tlo pokrito suhim lišćem, korovom, slamom i sličnim djeluje kao sporedni izvor hladnog zraka.

LITERATURA

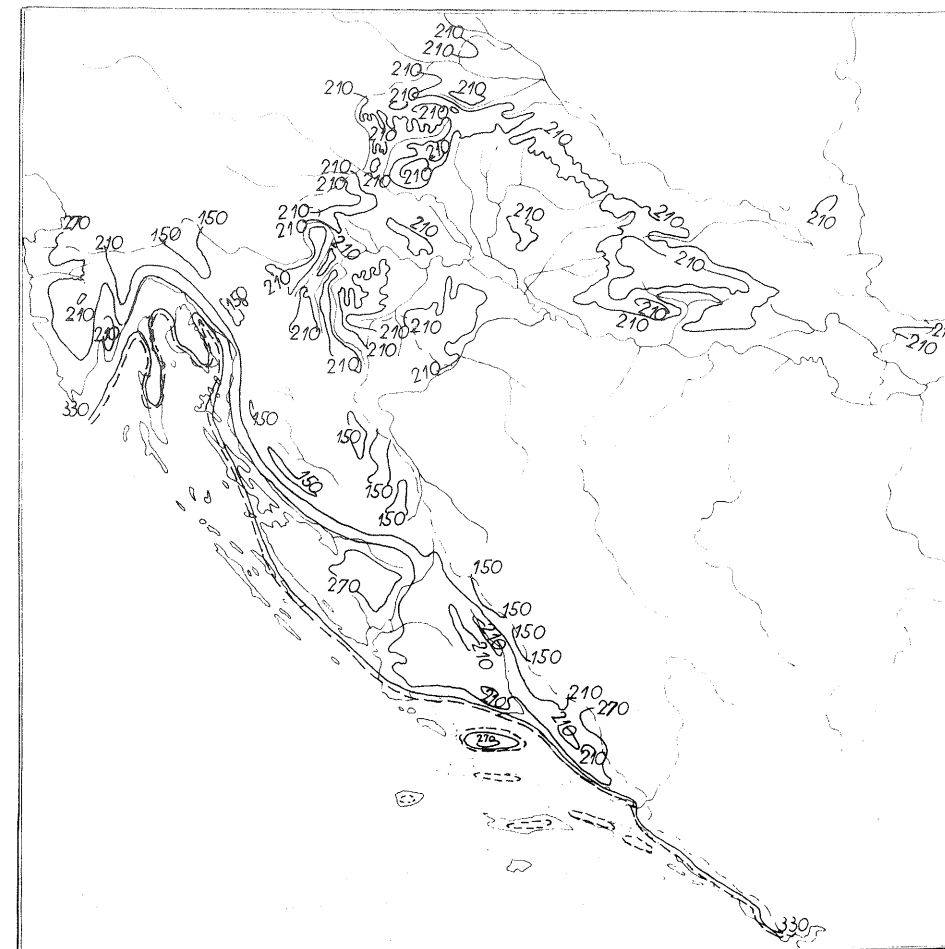
- /1/ M.L. Blanc, H. Geslin i dr., Protection Against Frost Damage, WMO, Technical Note No 51, Geneva, 1963.
- /2/ A.H. Hrgian, Fizika atmosfere, Gosudarstvennoe izdatelstvo, Moskva, 1958.
- /3/ K.Ja. Kondratjev, Radiative Heat Exchange in the Atmosphere, Pergamon Press, Oxford-London i dr., 1965.
- /4/ H.E. Landsberg, World Survey of Climatology, Vol. 2, General Climatology 2, Amsterdam-New York, 1969.
- /5/ S. Otorepec, Rani i pozni mrazevi s naročitim osvrtom na njihovu pojavu u Vojvodini, Vesnik HMS FNRJ, God. V (1965).
- /6/ B. Penzar, Srednja duljina razdoblja bez hladnih dana, Atlas klima SFRJ (karta izradjena u rukopisu).
- /7/ I. Penzar, Prilog prognozi mraza u našim krajevima, Rasprave i prikazi HMZ NRH br. 1, Zagreb, 1957.
- /8/ I. Penzar, B. Penzar, B. Volarić, O metodici izrade klimatoloških karata u vezi s pojavom hladnih dana, Geografski glasnik XXXII, Zagreb, 1970.
- /9/ O.G. Sutton, Micrometeorology, Mc Graw-Hill, New York, 1953.
- /10/ B. Šimić, O rezultatima predviđanja noćnog mraza po metodi R. Fausta, Vesnik HMS FNRJ, God. II (1953).
- /11/ B. Volarić, Datum srednjeg početka razdoblja s hladnim danima, Atlas klime SFRJ (karta izradjena u rukopisu).



Slika 1 - Srednji početak razdoblja u kojem se pojavljuju hladni dani /11/



Slika 2 - Srednji svršetak razdoblja u kojem se pojavljuju hladni dani



Slika 3 - Srednja duljina razdoblja u kojem nema hladnih dana /6/