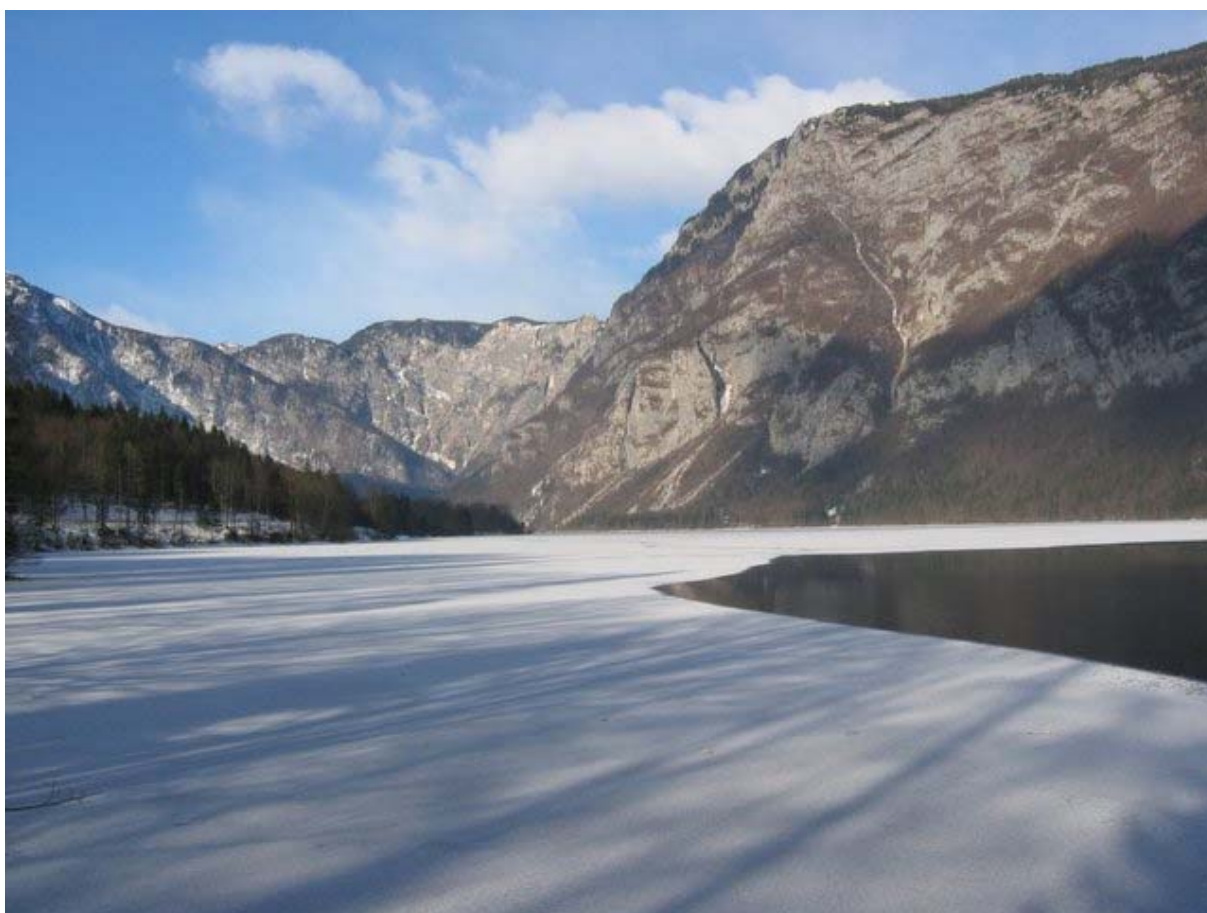


Vse manj ledu tudi na Bohinjskem jezeru

Peter Frantar, mag. Jože Uhan
Agencija RS za okolje

Pred leti se je mednarodna skupina raziskovalcev usmerila v raziskovanje pojava ledu na izbranih jezerih in rekah severne poloble, kot temperaturnega indikatorja globalnega segrevanja. Poleg podatkov o meritvah in opazovanjih so zbrali in obdelali tudi vrsto zgodovinskih pisnih virov, vključno s časopisnimi opisi, starimi poročili prodajalcev kož in lastnikov ladij ter zapisi o verskih obredih izpred sto in več let itd. Iz te množice zelo različnih virov so izluščili vsakoletne datume oledenitev in odtalitev številnih jezer in rek na treh celinah severne poloble vse od leta 1846. Odkrili so, da mnogo jezer in rek na severni zemeljski polobli oledeni več kot teden dni kasneje (8.7 dni) ter se odtali za skoraj deset dni prej (9.8 dni), kot je bilo to pred stopetdesetimi leti.

Kako pa je z ledom na slovenskih jezerih? Poglejmo, kako je bilo z ledom nekoč in kako je z ledom danes na Bohinjskem jezeru, našem največjem naravnem stalnem jezeru.



Delno zaledenelo Bohinjsko jezero v letošnjem februarju (foto: Peter Frantar)

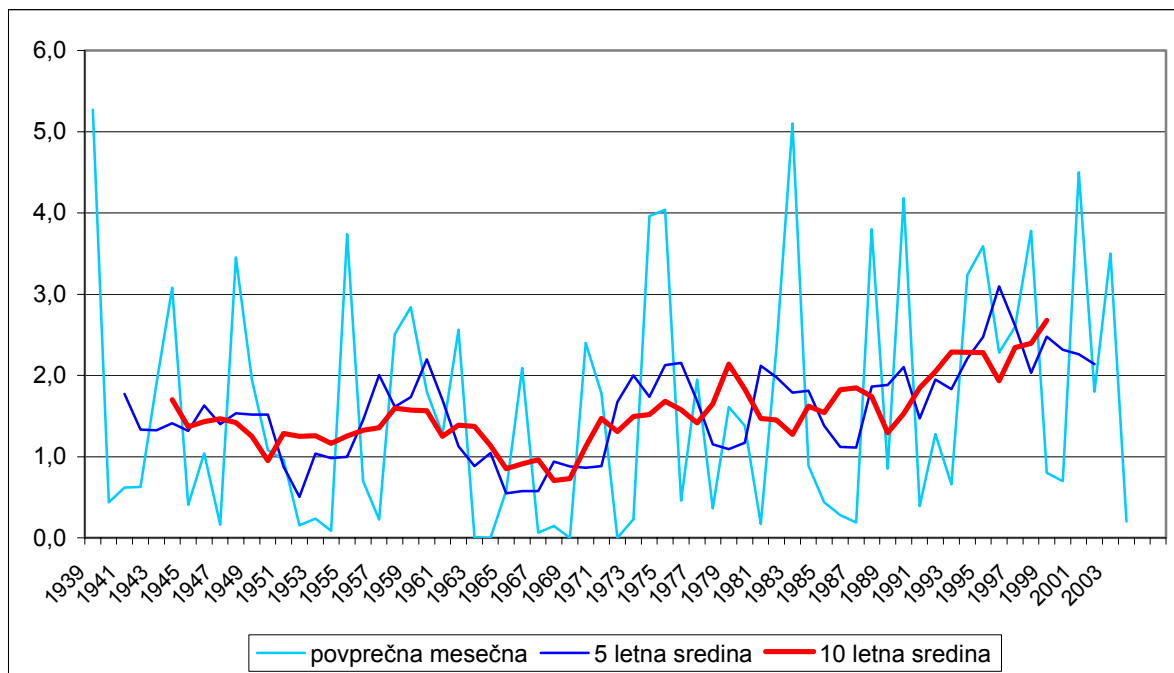
Bohinjsko jezero je izrazito pretočno jezero, z glavnim površinskim dotokom Savico. Več kot tretjina vode pa v jezero priteka skozi kraške izvire pod gladino jezera ob severni obali. Povprečni pretok ob iztoku iz jezera na vodomerni postaji Sv. Janez je $8.34 \text{ m}^3/\text{s}$. Kljub kraškemu značaju zaledja, lahko jezero naraste presenetljivo hitro. Med najnižjo in najvišjo zabeleženo gladino je celo 390 centimetrov.

Domačini se spominjajo, da je bilo nekoč zimsko obdobje z debelo ledeno ploščo na jezeru daljše. Včasih so preko zaledenelega jezera vodile bližnjice pri spravljanju lesa iz bohinjskih gozdov. Še je v spominu žalosten dogodek, ko se je na južnem delu jezera prelomil led in sta utonila cerkovnik pri Sv. Duhu in njegov sin. Geograf in potopisec Rudolf Badjura slikovito opisuje »nenavadne, jeklene, zamolke, tresoče ter zategnjene« zvoke ob lomljenju debele ledene plošče na Bohinjskem jezeru, ko je bilo vse skupaj najbolj podobno »tulečemu gromu«.

Na Agenciji RS za okolje pa so poleg podatkov opazovanja pojava ledu arhivirani tudi podatki o stanju gladine in temperature zgornjega sloja vode Bohinjskega jezera. Na vodomerni postaji pri cerkvi Sv. Duha se te meritve in opazovanja opravljajo že od leta 1919.

Analize podatkov o temperaturi jezerske vode po pričakovanju pokažejo zakasnen odziv temperature jezerske vode na radiacijo in temperaturo zraka. Povprečno najvišje in najnižje temperature zraka so približno en mesec po solsticijih (poletnem in zimskem obratu sonca), pri vodi pa znaša zakasnitev dva meseca. Najtoplejša je jezerska voda avgusta, najhladnejša pa februarja. Analiza temperaturne razlike med primerjalnim dolgoletnim povprečjem 1961-90 in obdobjem po letu 1991 kaže večji dvig povprečnih mesečnih temperatur vode med januarjem in septembrom (od $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ do $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$), medtem ko je oktobra, novembra in decembra razlika zelo majhna (od $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ do $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$).

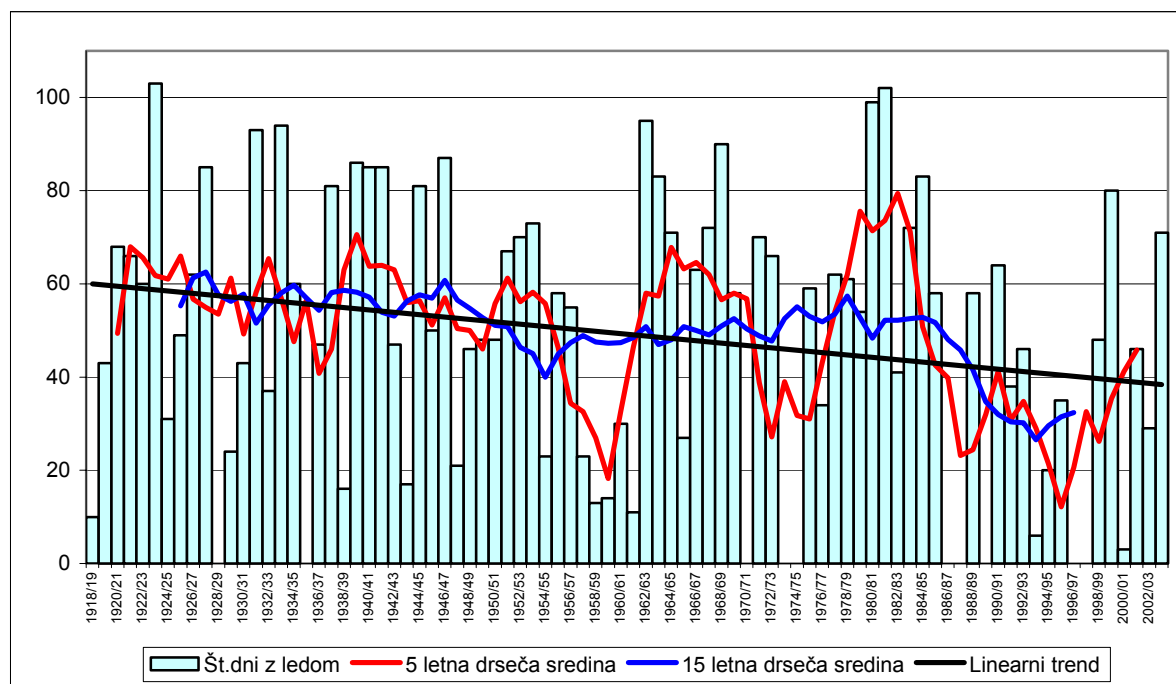




Srednje februarske temperature vode Bohinjskega jezera in drseči sredini (arhiv ARSO)

Za proučevanje pojava ledu na jezeru je zanimiva primerjava povprečne temperature vode v mesecu februarju, ki od leta 1939 kaže na trend naraščanja. Od leta 1941 do 1960 kažejo februarske temperature sicer na padajoč trend, kasneje pa začne povprečna februarska temperatura jezerske vode naraščati. Naraščanje je očitnejše zlasti po letu 1970, v zadnjem obdobju po letu 1990 pa je porast še izrazitejši.

Podatki o pojavu ledu na Bohinjskem jezeru so v arhivu Agencije RS za okolje že od leta 1919, kjer beležimo pojav ledu, ko začne ledeniti južni rob jezera ob jezerski vodomeri postaji Sv. Duh. V šestinosemdesetih analiziranih zimah je bilo skupaj 4174 dni s pojavom ledu na jezeru, v tem obdobju je bil povprečno led na jezeru več kot polovico zimskih dni. Med letoma 1919 in 2004 je bilo v povprečju jezero oledenelo 49,1 dni na leto. V zadnjem obdobju je vse več zim brez pojava ledu na jezeru.



Število dni z ledom na Bohinjskem jezeru z linearnim trendom in drsečima sredinama (arhiv ARSO)

Primerjava povprečnih vrednosti števila dni z ledom po tridesetletnih obdobjih, referenčnih po standardih Svetovne meteorološke organizacije (WMO), med obdobji 1931-60 in 1961-90, ne pokaže bistvenih sprememb. Tudi obdobje 1919-30 nima večjega odstopanja. Izbrano primerjalno tridesetletno obdobje 1971-2000 pa že pokaže precej večje odstopanje od ostalih primerjalnih obdobji. Leta brez ledu na Bohinjskem jezeru ob koncu 20. stoletja so prispevala k bistveno nižji povprečni vrednosti, oledenelih je skoraj 10 dni manj.

Zanimiv je podatek o visokogorskem alpskem jezeru Schwarzsee v Avstriji, ki je bilo pred sto leti oledenelo preko celega leta. Takrat je bila povprečna temperatura v Alpah okoli 2 °C nižja od današnje. Od leta 1985 pa je jezero v poletnem obdobju odtaljeno. Tudi v Sloveniji so nekatera naša visokogorska jezera v posameznih letih ostala zaledenela vse leto (leta 1992 je bilo npr. tako Jezero pod Vršacem v Dolini triglavskih jezer), še nedolgo nazaj pa nismo vedeli za obstoj Četrtega Kriškega jezera, ki je bilo v celoti pokrito z ledom in snegom. Podobno kot na vrsti analiziranih jezer severne zemeljske poloble, je tudi na Bohinjskem jezeru zaznati vse kasnejše oledenitve in vse bolj zgodnje odtalitve jezera. V obdobju 1961-90 se je na Bohinjskem jezeru največkrat led pojavil po 17. januarju, po letu 1991 pa povprečno od pet do šest dni kasneje. V obdobju 1961-90 je bilo jezero z ledom do zadnje tretjine marca, do 21. marca, v zadnjem obdobju pa jezero ni imelo ledu največkrat že 3. marca. Globalne podnebne otoplitve so izrazito skrajšale trajanje pojava ledu na Bohinjskem jezeru, tako da meteorološka pomlad z začetkom 1. marca vse bolj pomeni tudi začetek »limnološke pomladi«.

Monitoring hidroloških parametrov jezer, med katerimi je tudi beleženje pojava ledu, je na Bohinjskem jezeru z vidika klimatske spremenljivosti še posebej zanimiv. Hidrološko zaledje Bohinjskega jezera je v Triglavskem narodnem parku, kjer so antropogeni posegi omejeni, tako da lahko večino sprememb fizikalnih parametrov pripišemo obnašanju globalnega sistema podnebja in hidrološkega kroga. To so tudi razlogi, zaradi katerih lahko s precej večjo verjetnostjo govorimo o neposrednem vplivu sprememb podnebja na fizikalne limnološke pojave na Bohinjskem jezeru, med katere sodi tudi led.

Poleg spremenjenega režima oledenitev jezera, na podnebne spremembe v okolju opozarjajo tudi drugi hidrološki pojavi, npr. intenzivnejša evaporacija, zaradi katerih se postopno spreminja celotni hidrološki režim v jezeru, ki ima velik vpliv tudi na dinamiko fizikalno kemijskih in bioloških procesov v jezeru, torej v vsem jezerskem ekosistemu. Ob tem pa spremembe v temperaturah jezera in oledenitvi vplivajo intenzivneje in zelo kompleksno ravno zaradi pojava plastovitosti v jezerskem vodnem telesu. V mednarodnih projektih z opravljenimi simulacijami vpliva globalnega povišanja temperature zraka na jezera se je pokazala največja razlika ravno v trajanju oledenitve. Zaradi zakasnitve ohlajanja jezerske vode pa predvidevajo tudi spremembo lastnosti, to je oslabitev zimske stratifikacije in ojačanje te cone poleti, kar pa v primeru oligotrofičnih jezer nujno ne pomeni poslabšanja ekoloških pogojev, se pa zaradi tega podaljšuje vegetacijsko obdobje.

Rezultati dosedanjih analiz nakazujejo vse večji pomen hidrološkega monitoringa jezer oz. stoječih voda tudi v Sloveniji. Pomen slovenskih jezer, predvsem pa Bohinjskega jezera s svojo specifično geografsko lego, je potrebno proučiti tudi iz stališča indikatorjev dolgoročnejših klimatskih sprememb.

Po mnenju profesorja limnologije Ronalda Psennerja iz univerze v Innsbrucku je v zadnjih letih poznavanje ekstremnih okolij alpskih jezer in kompleksnosti medsebojnega vplivanja različnih procesov močno izpopolnjeno, vendar pa moramo biti pripravljeni na nova presenečenja in odkritja. Nekatera alpska jezera, predvsem visokogorska, so že začeli uporabljati kot »sistem zgodnega opozarjanja«. Ali nas tudi Bohinjsko jezero že na kaj opozarja?

