

ALI RES LAHKO UKROTIMO NEVIHTE? (NE)SMISEL OBRAMBE PRED TOČO Can we Tame Storms? (Un)usefulness of Protection Against Hail

Klemen Bergant* UDK 551.578.7

Povzetek Abstract

Že vse od pradavnine se ob nevarnih vremenskih pojavih vedno znova pojavlja vprašanje, ali jih je mogoče preprečiti ali vsaj omiliti njihove posledice. Tako je tudi z nevihtami s točo in željo po njihovem obvladovanju. Na žalost vsi dosedanja poskusi, najgre za priprošnje k bogovom, streljanje s topovi in možnarji ali vnos srebrovega jodida z raketami, letali in talnimi generatorji v nevihtne oblake, niso prinesli spodbudnih rezultatov. Čeprav bi si vsi želeli drugače.

The ever recurring question related to hazardous meteorological phenomena ever since prehistory is whether they can be prevented or whether at least their consequences can be minimised. This also applies to hail storms and the desire to control them. Unfortunately all past attempts, whether praying to the gods, shooting with cannons and mortars or the adding of silver iodide with rockets, aircraft or ground-based generators to storm clouds, were not encouraging.

Uvod

Človek si od nekdaj želi ukrotiti vreme in tako preprečiti ali vsaj omiliti vremenske pojave, ki ga ogrožajo. Ali pa spodbuditi tiste, ki imajo blagodejen vpliv na njegovo varnost in blaginjo. Zaradi škode, ki jo povzročajo s spremljajočimi pojavi, kot so strele, močan veter, nalivi in toča, je bila od prazgodovine do danes posebna pozornost namenjena nevihtam in želji po njihovem obvladovanju. Pa jih res lahko?

Antični in srednjeveški poskusi obvladovanja neviht in toče

V časih, ko ljudje še niso znali pojasniti nastanka neviht in spremljajočih pojavov, so moč, ki se udejanja ob nevihtah, pripisovali bogovom. Kot v svojem pregledu podaja Chadwick (1900), naj bi bili za nevihte odgovorni v hindujski mitologiji Indra oziroma Parjanya, v babilonski Marduk, v grški Zeus, v rimski Jupiter, v Skandinaviji Thor, na Baltiku ter med Slovani Perun in še bi lahko naštevali. Običajno je šlo za glavnega boga (npr. Indra, Zeus, Jupiter, Perun) ali njegovega bližnjega sorodnika (npr. Thor, sin Odina). Žrtev, različni rituali, priprošnje ali

spopad z bogovi (npr. Morgan, 1973) so bili edini način, kako se »ubraniti« neviht in toče.

Streljanje z loki in puščicami, kot način obrambe pred točo, izvira že iz časov antične Grčije in Rima (Morgan, 1973). Pristop je ostal aktualen dolgo časa, kar v svojih srednjeveških opisih ljudi in navad iz severa Evrope prikazuje Magnus (1555) na enem svojih lesorezov (slika 1). Bojevniki so slišali grom in verjeli, da so njihove bogove napadli drugi bogovi, zato so jim priskočili na pomoč z loki in puščicami. Če so bogovi z njihovo pomočjo premagali nasprotnike, so bili obvarovani nevihte in njenih posledic.

V srednjem veku se je v Evropi uveljavilo tudi mnenje, da se proti nevihti oziroma proti strelji in toči lahko ubranimo s cerkvenimi zvonovi. Vaški duhovniki so zato zvonili z zvonovi in pozivali k molitvi in darovom, da bi zaščitili vas in njihove kmete pred točo. Leta 1575 je papež Urban VIII. odobril molitev za posvetitev cerkvenih zvonov, ki je vključevala »odganjanje škodljivih neviht, toče in močnega vetra« (Changon in Loreena Ivens, 1981). Pristop z zvonjenjem po eni strani temelji na verovanju v božjo pomoč, po drugi strani pa na prepričanju, da glasen zvok vpliva na razvoj nevihte. Praksa z zvonjenjem se ponekod, tudi v Sloveniji, še vedno izvaja.

* dr., Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, Klemen.Bergant@gov.si



Slika 1:
Srednjeveški bojevniki z nevihto in točo (Olaus Magnus, Historia de Gentibus Septentrionalibus, tretja knjiga, 1555)

Figure 1:
Medieval warriors combating storm and hail (Olaus Magnus, Historia de Gentibus Septentrionalibus, third book, 1555).

Novejši pristopi k obrambi pred točo

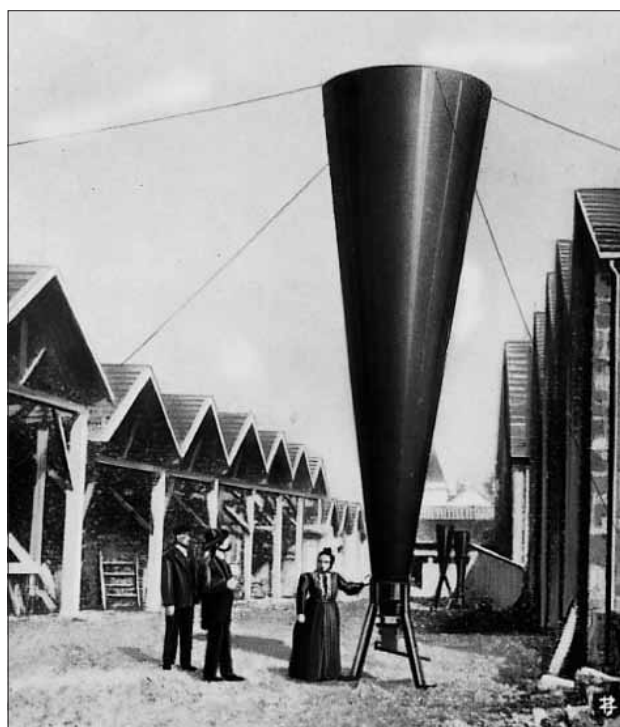
Z vse boljšim vpogledom v zakonitosti narave in z razvojem tehnike je postal pristop k obrambi pred nevihtami in točo vse bolj pretanjen, naj gre za uporabo gole sile (streljanje z možnarji in topovi) ali kemije (vnos dodatnih zaledenitvenih jeder).

Uporaba možnarjev oziroma topov

Na prelomu iz 19. v 20. stoletje so se pojavili številni poskusi streljanja z možnarji in topovi na nevihtne oblake. Okrog leta 1880 je italijanski profesor mineralogije s pomenljivim priimkom M. Bombicci predlagal rešitev, da bi tvorbo toče v nevihtnem oblaku lahko preprečili s topovskimi strelji. Pri tem namreč nastane dim, ki ga zračni vrtinec odnese proti oblaku. Dim naj bi bil vir dodatnih kondenzacijskih jeder (Morgan 1973, Changnon in Loreena Ivens, 1981). Prvi zapisi o preganjanju neviht s topovskimi strelji pa segajo že v 16. stoletje (Morgan, 1973).

Prav na območju današnje Slovenije so bili organizirani prvi poskusi obrambe pred točo s strelji z možnarji. Veliki inovator in promotor takšne obrambe pred točo je bil tedanji župan Slovenske Bistrice Albert Stiger. Prepričan je bil, da zračni vrtinec, ki nastane ob strelju z možnarjem in vsebuje smodnikov dim, lahko zavre razvoj nevihtnih oblakov in toče. Ščasoma je Stieger razvil sistem streljanja z možnarji skozi velik stožčast nastavek (slika 2), ki naj bi usmeril ter povečal moč zračnega vrtincega oziroma oddal velik dimni krog. Ko je Stieger izpolnil sistem tako z vidika oblike kot z vidika ustrezne količine uporabljenega smodnika, je leta 1896 začel poskus na območju spodnje Štajerske. Uporabil je šest protitočnih topov. Navdušenje, ker v tem letu ni bilo toče, je privedlo do izdelave dodatnih 30 topov za poletje 1897. In tudi to leto ni bilo toče. To je nakazovalo, da je na dlani učinkovita rešitev za obrambo pred točo. Novica o zanesljivi obrambi pred točo se je razširila tudi v Italijo, kjer so prav tako namestili protitočne topove. Ker je obramba kazala uspeh tudi leta 1898, sta se prodaja in

uporaba protitočnih topov naglo širili po Avstriji, Italiji in Franciji ter tudi v druge dele Evrope, kjer je toča povzročala škodo, na primer v Španijo in na Madžarsko. Število uporabljenih protitočnih topov se je naglo povečevalo. S širitvijo takšne obrambe pred točo so se vzpostavile tudi mreže prostovoljnih strelcev. Avstrija, Francija in Švica so v nekaterih regijah celo organizirale vladne službe za obrambo pred točo. Neuspehe pri obrambi pred točo so običajno pripisovali neustreznemu streljanju. Kljub nagli širitve obrambe pred točo s protitočnimi topovi so se med znanstveniki kmalu pojavili dvomi o njeni učinkovitosti. Za takšno obrambo pred točo ni bilo niti ustrezne znanstvene teorije niti preverljivih dokazov s terena. Zato sta tedanja avstrijska vlada na območju Slovenske Bistrice in italijanska vlada na območju Castel-



Slika 2: Največji izdelani protitočni top, ki je meril kar 25 čevljev (7,6 m) v višino in imel na vrhnjem delu premer 6 čevljev (1,8 m) (Morgan, 1973)

Figure 2: The largest anti hail cannon, 25 feet (7.6 m) high and 6 feet wide (1.8 m) at the top (Morgan, 1973).

franco Veneto v letih 1903 in 1904 organizirali poskusa, ki bi potrdila učinkovitost obrambe pred točo. Na obeh območjih je bilo ti dve leti veliko toče, kljub uporabi protitočnih topov, kar je razblinilo upe o učinkoviti obrambi pred točo. Na splošno je toča v letih od 1902 do 1904 v Avstriji, Franciji in Italiji povzročila ogromno škode. Poškodovani so bili tudi številni vinogradi, v katerih so aktivno izvajali obrambo pred točo, zato so do leta 1905 takšno obrambo pred točo skoraj popolnoma opustili (Changnon in Loreena Ivens, 1981).

Na spletnih straneh Zavoda za razvoj Haloz (<http://www.haloz.net/prikazi.php?pid=4>) so v opisu *Obrambe vinogradov pred točo v Halozah in Slovenskih goricah na prelomu 19. in 20. stoletja* zapisali: »Neučinkovitost in stroški za vzdrževanje številnih strelnih postaj ter stroški za odpravo škode, ki je nastala ob pogostih nesrečah, so presegali škodo, ki jo je povzročila toča. Če k temu prištejemo še številne ranjene in pohabljenе, je bilo jasno, da se streljanje ni izplačalo in so ga pred prvo svetovno vojno popolnoma opustili. Obdobje streljanja proti toči pa lahko označimo le kot kratko epizodo v zgodovini vinogradništva, z nekaj romantike, ki ni prinesla koristi, pač pa je zapustila vrsto invalidov, ki so se pri streljanju ponesrečili.« Podobno Wieringa in Holleman (2006) v pregledu obrambe pred točo pravita, da je edini pozitiven učinek izstreljevanja eksplozivnih raket in granat na točonosne oblake zgolj čustveno zadoščenje strelcev, da so streljali na sovražnika. V Italiji namreč tri četrtine tistih, ki še danes uporabljajo protitočne topove, trdi, da so zadovoljni z učinkom svoje dejavnosti, čeprav njena učinkovitost ni bila nikdar dokazana, temveč celo ovržena. Prav ste prebrali – še danes izdelujejo protitočne topove (glej npr. <http://www.hailcannon.com/>) ter jih žal tudi kupujejo in uporabljajo!



Slika 3: Primer strelnega mesta v mreži za obrambo proti toči: strelna rampa z raketami srebrskega jodida (foto: M. Trontelj)

Figure 3: Example of a firing place within the protection against hail organisation: shooting ramp with silver iodide rockets (photo: M. Trontelj).

Vnos dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake

Zgodovina obrambe s protitočnimi topovi močno spominja na sodobnejšo obrambo pred točo, ki smo jo operativno izvajali tudi v Sloveniji od leta 1970 do 1996. Podobnosti med obema pristopoma lepo povzemata Changon in Loreena Ivens (1981) v članku *Zgodovina se ponavlja: pozabljeni protitočni topovi iz Evrope*. Razlika med obema pristopoma je v tem, da so topove zamenjale rakete, dim smodnika pa srebrov jodid (slika 3). Seveda je ključno vprašanje, ali so protitočne rakete bolj uspešne od protitočnih topov.

Najprej si pogledjmo fizikalno ozadje obrambe pred točo z vnosom dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake.

Fizikalno ozadje

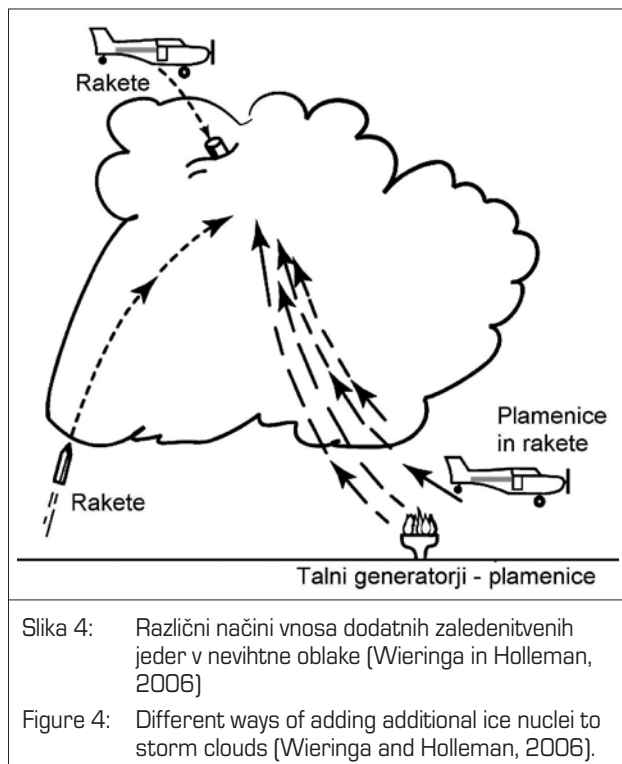
Metoda temelji na domnevi, da z vnosom dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake lahko povečamo število zrn toče in tako hkrati zmanjšamo njihovo povprečno

velikost. Manjša zrna toče se po izstopu iz nevihtnega oblaka na poti do površja stopijo ali pa, kljub večji številčnosti, običajno povzročijo manjšo škodo kot maloštevilna vendar velika zrna toče.

V štiridesetih letih prejšnjega stoletja je Vonnegut (1947) odkril, da srebrov jodid predstavlja učinkovito kondenzacijsko jedro za nastanek ledenih kristalov. Struktura srebrovega jodida je zelo podobna strukturi kristala ledu. Če srebrov jodid vnesemo na območje, kjer imamo podhlajene vodne kapljice ali prenasíčenje z vodno paro, voda hitro primrzne na srebrov jodid in tako nastanejo številni ledeni kristali. To dejstvo so hitro poskušali izkoristiti pri obrambi pred točo. Ob dodajanju srebrovega jodida v nevihtni oblak naj bi iz presežka vodne pare in podhlajenih vodnih kapljic nastalo večje število dodatnih ledenih delcev. Ker se takšni ledeni delci ob trkih med seboj odbijajo in le stežka zlepijo, bi tako nastalo večje število manjših zrn toče. V nasprotnem primeru bi na račun primrzovanja podhlajenih kapljic rasti obstoječi ledeni delci, rezultat česar bi bil sicer manjše število, vendar mnogo večjih zrn toče. Rast novo nastalih manjših ledenih delcev bi v celoti preprečili le, če bi v vsakem trenutku lahko zamrznili vso vodo v oblaku. To

seveda ni mogoče. Zato naj bi najbolj intenzivno rast zrn toče preprečili z vnosom srebrovega jodida v območje nevihtnega oblaka, kjer se hitro povečuje število velikih vodnih kapljic. Temu območju pravimo akumulacijska cona in je v zgornjem delu nevihtnega oblaka, kjer je vertikalna hitrost vetra precej majhna (Griffith, 1972). Velike vodne kapljice ostajajo ujete v tem delu oblaka. Če v ta del zaide zrno toče, vodne kapljice primrznejo nanj, zrno toče pa se zato povečuje. S hitro zamrznitvijo kapljic v akumulacijski coni bi nam uspelo omejiti rast zrn toče, saj bi vodne kapljice predčasno zamrznili v manjša ledena zrna. Da bi zagotovili uspeh, bi morali vnašati srebrov jodid v akumulacijsko cono toliko časa, dokler je nevarnost pred točo. To bi pomenilo izpuste ogromnih količin srebrovega jodida. Poleg tega akumulacijske cone ni mogoče natančno določiti, s tem pa tudi ne območja nevihtnega oblaka, kjer bi bil vnos srebrovega jodida najbolj učinkovit. Vnos srebrovega jodida na druga območja (npr. pod nevihtni oblak), da bi ga zračni tokovi ponesli v akumulacijsko cono, je še dodatno vprašljiv. Za nevihtne oblake je značilna izrazita turbulenca, tokovnice pa le redko zanesejo delce iz dna oblaka točno v akumulacijsko cono (Griffith, 1972). Slika 4 prikazuje različne načine vnosa srebrovega jodida v nevihtni oblak oziroma njegovo akumulacijsko cono. Uporabljajo se talni generatorji, plamenice na letalih in rakete, izstreljene iz letal ali s površja tal. S temi pripomočki se izpušča srebrov jodid v dele oblaka ali vzgornik pod oblakom. Pri slednjem izvajalci obrambe pred točo upajo, da bo vzgornik srebrov jodid ponesel v akumulacijsko cono nevihtnega oblaka.

Iz navedenega lahko povzamemo, da je ob današnjem poznavanju fizike nevihtnih oblakov že iz teoretičnega vidika učinkovitost obrambe pred točo z vnosom srebrovega jodida negotova.



Kaj pa nam o učinkovitosti takšne obrambe pred točo povedo praktične raziskave?

Raziskave učinkovitosti

Sredi sedemdesetih in v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja sta bila opravljena dva večja poskusa, ki sta na znanstveni način poskušala ovrednotiti učinkovitost obrambe pred točo z vnosom srebrovega jodida v nevihtne oblake. Pri obeh so bili izpolnjeni ključni pogoji za znanstveno korektno raziskavo učinkovitosti obrambe pred točo. Ti pogoji so:

- *naključna izbira nevihtnih situacij*: če je nevarnost nevihte s točo, se po vnaprej določenem kriteriju naključnosti odločimo, ali bomo v oblake vnašali srebrov jodid ali ne. Na takšen način dobimo dve med seboj neodvisni skupini situacij – obdelane in neobdelane nevihtne oblake;
- *uporaba mreže točemerov*: razlike med posledicami toče iz obdelanih in neobdelanih nevihtnih situacij lahko ustrezno ovrednotimo le, če v obeh primerih s točemerji merimo fizični učinek toče na površju in naredimo statistično primerjavo med obema skupinama;
- *vnaprej določena metodologija*: z vnaprej izbrano statistično metodologijo in ustrezno izbranimi kazalniki, ki omogočajo primerjavo posledic toče na površju za obdelane in neobdelane nevihtne oblake, se izognemo možnosti, da bi se pozneje metodologija priredila v prid doseganja želenega rezultata.

Poenostavljeno to pomeni: ko se pojavi nevarnost toče, vržemo kovanec. Kadar pade cifra, se odločimo, da bomo oblak obdelali s srebrovim jodidom, kadar pade mož, ne storimo ničesar. To počnemo dovolj dolgo in hkrati spremljamo posledice, ki jih na površju povzroči toča. Brez vnaprejšnjega nagibanja k želenim rezultatom primerjamo posledice toče za obe skupini oblakov – obdelane in neobdelane. Če se posledice za ti dve skupini oblakov razlikujejo, potem lahko trdimo, da je imel vnos srebrovega jodida vpliv na razvoj nevihtnega oblaka in toče, sicer ne.

Prvi takšen poskus je sredi sedemdesetih let prejšnjega stoletja izvedel Ameriški center za atmosferske raziskave NCAR (National Center for Atmospheric Research). Izvedbo poskusa so spodbudile trditve sovjetskih izvajalcev obrambe pred točo o 80-odstotnem zmanjšanju območij, ki jih prizadene toča. Poskus se je imenoval National Hail Research Experiment – NHRE¹. Trajal je tri leta in obsegal območje severovzhodnega Kolorada, severozahodnega Kansasa, jugovzhodnega Wyominga in severozahodne Nebraske v skupnem obsegu približno 7000 km². Oblaki so bili posipani iz letal, najprej s plamenicami, pozneje z raketami zrak-

¹ Opisu poskusa in njegovim rezultatom je bil leta 1979 namenjen večji del decembrske izdaje revije *Journal of Applied Meteorology* (18, 12).

zrak. Projekt ni dal jasnih rezultatov, da bi vnos srebrovega jodida bodisi pozitivno ali negativno vplival na razvoj neviht ter pogostost in posledice toče na površju. Izračuni so namreč pokazali, da se z vnosom srebrovega jodida skupna masa toče, ki pade na površje, lahko zmanjša za več kot polovico ali celo do petkrat poveča (Knight, 1979).

Drugi takšen poskus je potekal v obdobju od leta 1977 do 1981 v osrednji Švici ob sodelovanju francoskih in italijanskih raziskovalcev. Imenoval se je Grosversuch IV. Obsegal je geografsko območje Napfa na severni strani švicarskih Alp, veliko približno 1000 km². Namen raziskave je bil ovrednotiti učinkovitost takratne sovjetske tehnologije za obrambo pred točo. Poskus je bil kopija sovjetske operativne obrambe pred točo. V tedanji Sovjetski zvezi so se celo izšolali izvajalci obrambe pred točo, ki so sodelovali pri poskusu. Za vnos srebrovega jodida v nevihtne oblake so se uporabljale rakete, izstreljene s površja. Obramba z raketami se je namreč v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja razširila predvsem po tedanjih socialističnih državah. Statistična analiza podatkov, pridobljenih v poskusu, je pokazala, da med posledicami zaradi toče iz obdelanih in neobdelanih nevihtnih oblakov ni značilnih razlik. Še več, ocene na podlagi tega poskusa kažejo, da je bila kinetična energija zrn toče iz obdelanih oblakov celo večja, prav tako so bila večja območja, ki jih je prizadela toča (Federer s sod., 1986).

Ob navajanju rezultatov teh dveh študij izvajalci obrambe pred točo pogosto očitajo meteorologom, da se sklicujejo na stare rezultate. Zato velja poudariti, da pozneje ni bilo narejenega drugega metodološko ustreznega poskusa, ki bi pokazal, da se je z nadgradnjo metodologije uspešnost obrambe pred točo vsaj potrdila. Omenjeni študiji res segata v sedemdeseta in osemdeseta leta prejšnjega stoletja, vendar sta bili metodološko za tiste čase dovršeni. Zato je osnovne principe, ki so bili upoštevani pri teh dveh študijah, treba nujno upoštevati tudi pri morebitnih novejših poskusih vrednotenja učinkovitosti obrambe pred točo. Vsaka novejša študija bi morala metodološko vsaj dosegati in tehnološko presegati raven »starih« študij, sicer njena izvedba ni dovolj domišljena in je njena smotrnost vprašljiva.

Slovenski izvajalci obrambe pred točo se v bran svojemu počtetju pogosto sklicujejo na visoko učinkovitost obrambe na sosednjem Avstrijskem in Hrvaškem ter v Grčiji. Poglejmo, kako učinkovita je zares obramba pred točo v omenjenih treh državah.

Učinkovitost obrambe pred točo v Avstriji

Z meteorološkim vidikom obrambe pred točo v sosednji Avstriji se je ukvarjal predvsem Svabik (1989). V prispevku na Evropski konferenci o uporabni meteorologiji v Ljubljani (Svabik, 2006) je povzel, da se je z izpo-

polnjevanjem tehnologije obrambe pred točo na Avstrijskem Štajerskem in v spodnji Avstriji zmanjšalo število dni s točo. Po drugi strani pa se je kinetična energija zrn toče, ki je ključni pokazatelj za škodo na površju, na Avstrijskem Štajerskem povečala, v spodnji Avstriji pa zmanjšala. To ponovno kaže na nejasen učinek vnosa srebrovega jodida v nevihtne oblake. Učinkovitost letalske obrambe pred točo v Avstriji (slika 5) je v svoji doktorski disertaciji obravnaval tudi Pachatz (2005). V zaključku je zapisal, da rezultati njegove študije jasno kažejo, da z znanstvenega vidika ni mogoče niti potrditi niti zanikati učinkovitosti letalske obrambe pred točo, ki jo izvaja Štajerska zadruga za obrambo pred točo. Pravi tudi, da ni mogoče izključiti, da ob superceličnih in večceličnih nevihtah, ko imamo močan vzgornik, iz obdelanih oblakov lahko pade večje število velikih zrn toče kot iz neobdelanih oblakov. Iz navedenega lahko povzamemo, da ni nikakršnih znanstvenih dokazov, da je obramba pred točo, ki poteka v sosednji Avstriji, zares učinkovita.

Učinkovitost obrambe pred točo na Hrvaškem

Na Hrvaškem sta Počakal in Štalec (2003) primerjala posledice toče na površju v dveh desetletnih obdobjih, in sicer 1981–1990 ter 1991–2000. V prvem obdobju je obramba pred točo potekala celovito, v drugem pa okrnjeno, predvsem zaradi vojnih razmer v prvi polovici. V rezultatih študije sicer povzemata, da so bile posledice toče manjše v obdobju, ko je obramba potekala celovito. To govori v prid vnosu dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake, vendar hkrati poudarjata, da sta obdobji med seboj neprimerljivi, saj je bila uporabljena različna tehnologija. Prav tako je obramba potekala v drugačnih delovnih pogojih ter seveda v drugačnih vremenskih razmerah. Zato povzemata, da na podlagi njune študije



Slika 5: Letalo s plamenicami, ki se v Avstriji uporablja za obrambo pred točo (foto: Michael Preisch, pridobljeno prek <http://www.airliners.net/> airlines.net)

Figure 5: An aircraft equipped with flares used for protection against hail in Austria (photo: Michael Preisch, obtained on the airlines.net internet site)

s statističnega vidika ni mogoče ne potrditi in ne zanikati učinkovitosti obrambe pred točo na Hrvaškem.

Tako pri raziskavah na Hrvaškem in v Avstriji tudi ni bil izpolnjen ključni pogoj za znanstveno ustrezno analizo učinkovitosti obrambe pred točo, to je naključna izbira nevihtnih situacij.

Hrvaško Ministrstvo za znanost, izobraževanje in šport je skupaj s hrvaškim Državnim hidrometeorološkim zavodom leta 2004 pripravilo obsežno gradivo o obrambi pred točo (MZOŠ in DHMZ, 2004). To gradivo je 31. marca 2005 potrdila vlada Republike Hrvaške in hkrati sprejela sklep, da za obrambo pred točo na Hrvaškem ni ustrezne podlage v znanosti in ni objektivnih pokazateljev o učinkovitosti in upravičenosti takšne obrambe.

Učinkovitost obrambe pred točo v Grčiji

Pri promociji letalske obrambe pred točo v Evropi so zagotovo najbolj prodorni Grki. Vendar avtor tega prispevka v recenziranih znanstvenih revijah s področja meteorologije in drugih naravoslovnih znanosti ni zasledil niti enega članka, ki bi vrednotil učinkovitost obrambe pred točo v Grčiji.

Za dodatno ponazoritev vprašljive smotrnosti obrambe pred točo z vnosom dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtni oblak si pogledajmo še, kaj o tem menita Svetovna meteorološka organizacija in Ameriška akademija znanosti.

Mnenje Svetovne meteorološke organizacije in Ameriške akademije znanosti o obrambi pred točo

Svetovna meteorološka organizacija kot specializirana organizacija OZN za vreme, podnebje in vode je leta 2007 izdala zadnjo različico *Stališča o umetnem vplivanju na vreme* (WMO, 2007). V uvodu je zapisala, da ne smemo spregledati dejstva, da ima ob določenih pogojih vnos zaledenitvenih jeder lahko tudi negativne učinke. V poglavju o obrambi pred točo je tudi zapisano, da naše poznavanje nevihtnih procesov ni dovolj dobro, da bi lahko z gotovostjo predvideli učinke vnosa dodatnih zaledenitvenih jeder na točo. V istem poglavju je poudarjeno, da je bilo le nekaj poskusov v svetu izvedenih tako, da so upoštevali merilo naključne izbire oblakov za obdelavo in da so bila pri vrednotenju rezultatov upoštevana merila učinka toče na površju, npr. masa zrn toče, kinetična energija, število zrn in površina območja prizadetega s točo. Ti poskusi niso dali jasnih zaključkov o učinkovitosti obrambe, zato je Svetovna meteorološka organizacija v omenjenem stališču sklenila, da vrednost razpoložljivih znanstvenih dokazov ni dovolj velika, da bi lahko potrdili ali zanikali učinkovitost obrambe pred točo.

Ameriška akademija znanosti je v svojem poročilu *Kritični vidiki raziskav na področju umetnega vplivanja na vreme* (NSA, 2003) v ugotovitvah o učinkih posipanja oblakov zapisala, da je natančen pregled zbranih rezultatov poskusov v zadnjih štiridesetih letih pokazal, da rezultati niso dali niti statističnih niti fizikalnih dokazov, ki bi z znanstvenega vidika potrdili zanesljivost takšnega pristopa. V poglavju o zmanjševanju tveganj tako jedrnato zaključili, da ni znanstveno zanesljivih dokazov, da se je pred točo mogoče obraniti.

Učinkovitost obrambe pred točo v Sloveniji

V Sloveniji se je obramba pred točo s protitočnimi raketami začela izvajati leta 1970 (Roškar, 2004). Leta 1988 je bila opravljena študija *Obramba pred točo v SR Sloveniji: osnove, dosedanje izvajanje, uspešnost, bodoča dejavnost* (Rakovec s sod., 1988). Študija ni potrdila učinkovitosti takšne obrambe pred točo. Poleg tega se je po osamosvojitvi Slovenije kakovost uvoženih protitočnih raket poslabšala in so nemalokrat povzročile materialno škodo na površju. Zaradi teh dveh vzrokov se je obramba pred točo z raketami po letu 1991 postopoma ukinjala in bila dokončno ukinjena leta 1996. Že v času raketne obrambe pred točo so se v nekaterih delih Slovenije občasno vključevala tudi letala SV. Leta 1999 se je v tem delu Slovenije začel izvajati tudi *Projekt poskusnega posipavanja točonosnih oblakov s srebrovim jodidom z letali* in se končal leta 2010. Projekt je izvedel Letalski center Maribor, financiralo pa ga je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano skupaj z zainteresiranimi lokalnimi skupnostmi. Kljub več kot desetletnemu izvajanju projekta izvajalec javnosti in stroki še do danes ni posredoval nikakršnih strokovnih analiz o učinkovitosti svoje dejavnosti. Vseeno pa v medijih posreduje pavšalno oceno, da je učinkovitost letalske obrambe pred točo več kot 70-odstotna. Trditve nekoliko spominja na trditve sovjetskih izvajalcev obrambe pred točo iz šestdesetih in sedemdesetih let prejšnjega stoletja.

Zaradi stalnih pritiskov izvajalcev obrambe pred točo je Agencija RS za okolje (ARSO, 2005) pripravila pregled dejstev o toči in obrambi pred njo. V tem pregledu je že takrat jasno poudarila, da ni dokazov o učinkovitosti obrambe pred točo z vnosom dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake. To dejstvo je Agencija RS za okolje ponovno izpostavila leta 2009 v izjavi za javnost. Prav tako se je do takšne obrambe pred točo kritično opredelilo tudi Slovensko meteorološko društvo (SMD, 2009) Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru pa so leta 2009 objavili rezultate študije (Klemenčič s sod., 2009), v katerih predstavljajo celovito analizo upravljanja s tveganjem zaradi toče in nekaj alternativnih rešitev nesmotrnemu vnosu srebrovega jodida v nevihtne oblake.

Sklepne misli

Ključni problem obrambe pred točo je, da kljub napredku znanosti današnje razumevanje neviht ni dovolj dobro, da bi lahko zanesljivo napovedali učinke vnosa dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake. To pomeni, da poskušamo vplivati na pojav, ki ga niti dovolj dobro ne razumemo. Za ponazoritev naj dodam še mnenje Jeana-Pierra Chalona, svetovalca za znanost na francoski državni meteorološki službi (Meteo-France) in člana ekspertne skupine za umetno vplivanje na vreme v okviru Svetovne meteorološke organizacije (Chalon, 2009). Pravi, da so na Meteo-France po večletnih raziskavah prišli do ugotovitev, da trenutno ni znanstvenih dokazov o učinkovitosti razpoložljivih tehnik obrambe pred točo, zato Meteo-France na tem področju ne opravlja operativnih aktivnosti. Svoje delovanje so usmerili v razvoj študij o dinamiki oblakov, da bi bolje razumeli nevihtne procese, ki privedejo do toče, ne pa v uporabo metod, ki jih teoretično ne razumemo dovolj dobro in jih v praksi ni mogoče obvladati.

Zaradi vsega navedenega avtor tega prispevka ne podpira operativnega izvajanja obrambe pred točo v Sloveniji in prav tako ne širitev letalske obrambe na območje celotne Slovenije. In pri takšnem stališču bo vztrajal, dokler ne bo nedvoumih dokazov, da je obramba zares učinkovita.

Pomagajmo si še s kratko analogijo iz zdravstva. Recimo, da se na tržišču pojavi zdravilo, za katerega ni jasno, ali pomaga ozdraviti pacienta ali celo dodatno ogroža njegovo zdravje. Bi bili pripravljeni uporabiti takšno zdravilo? Verjetno ne. Vsekakor tudi ne bi pričakovali, da bi uradna medicina podprla uporabo takšnega zdravila. Ampak tovarna, ki ga proizvaja, je zagotovo zelo zainteresirana, da bi se zdravilo dobro prodajalo. Nekaj podobnega je pri obrambi pred točo in s stališčem meteorološke stroke do nje.

Avtor tega prispevka ne nasprotuje raziskavam na področju obrambe pred točo, vendar morajo biti opravljene na znanstveno korekten način, sicer bodo pripeljale do ničvrednih rezultatov, ki ponovno ne bodo omogočali jasnih sklepov o učinkovitosti obrambe pred točo.

Res pa je, da ima obramba pred točo poleg strokovnega tudi številne druge vidike. Ljudje si želijo zaščite pred točo, zato so včasih pripravljeni sprejeti tudi načine obrambe, za katere ni jasnih dokazov, da delujejo. Lokalni in državni politiki želijo pomagati ljudem in seveda pridobiti njihovo naklonjenost, zato so pripravljeni podpreti tudi načine obrambe, za katere ni dokazov, da delujejo. Izvajalci obrambe pred točo želijo pridobiti sredstva za izvajanje svoje aktivnosti, zato so pripravljeni ponuditi tudi načine obrambe, za katere ni dokazov, da delujejo. In z vsemi temi vidiki se morajo soočiti državne ustanove (v Sloveniji v zadnjem času predvsem Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano) pri odločanju o financiranju

obrambe pred točo. Zato odločitev o podpori operativni obrambi pred točo ni strokovna, temveč predvsem politična.

Neuspehi iz preteklosti so lahko gibalo za napredek in izziv raziskovalcem, vendar je ponavljanje starih napak zagotovo napačen pristop k iskanju novih rešitev. Pa se na žalost vendarle zdi, da se zgodovina ponavlja in da smo pozabili na neslavno usodo protitočnih topov.

Kako težko se je sprijazniti z neuspehom, kaže tudi pisanje nadučitelja Hauptmanna iz Sv. Križa nad Mariborom (Hauptmann, 1907). Po tem, ko so v Franciji, Avstriji in Italiji zaradi slabih rezultatov že opustili metodo streljanja z možnarji, je pripravil ekspertizo, kako je mogoče metodo streljanja z možnarji izboljšati, kar bi zagotovo vodilo do uspeha. Hkrati je zapisal: »Učena gospoda, ki ima v rokah oblast in sredstva, se ni mogla prepričati, pomaga li streljanje zoper točo ali ne, ko sama ne more opazovati tajnosti oblačnega morja po več let zaporedoma zunaj mest, v naravi. Priprostemu človeku, ki je po mnogoletnem lastnem opazovanju prispel do trdnega prepričanja, da zamore pravočasno in po boljši metodi vrejeno streljanje zares prepričati točo, pa moder svet itak ne verjame, ker dotičnik pre ni dosti učen, pa tudi nima potrebne oblasti v rokah.«

Takrat očitno gospoda, danes pa stroka nima razumevanja za donkihotovski boj z nevihtnimi oblaki, ki bi temeljil zgolj na trdnem prepričanju. Ampak, kdo še danes verjame stroki?

Viri in literatura

1. ARSO, 2004. Nekaj izhodišč Agencije RS za okolje o toči in obrambi pred njo. Spletne strani ARSO: http://www.arso.gov.si/vreme/poročila_in_projekti/Toca_obramba_tisk.pdf.
2. ARSO, 2009. Stališče Agencije RS za okolje o ukrepih zoper točo in njene posledice. Spletne strani ARSO: http://www.arso.gov.si/vreme/poročila_in_projekti/izjava_toca_20090608.pdf.
3. Chadwick, H. M., 1900. The Oak and the Thunder-God, Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, 30, 22–44. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_thunder_god.
4. Changon, S. A., Loreena Ivens, J., 1981. History Repeated: The Forgotten Hail Cannons of Europe. Bulletin American Meteorological Society, 62, 3, 368–375.
5. Chalon, J. P., 2009. Mnenje o obrambi pred točo, osebna komunikacija prek e-pošte, 10. 6. 2009.
6. Federer, B., Waldvogel, A., Schmid, W., Schiesser, H. H., Hampel, F., Schweingrubber, M., Stahel, W., Bader, J., Mezeix, J. F., D'Aubigny, G., DerMegredichian, G., Vento, D., 1986. Main Results of Grossversuch IV*, Journal of Climate and Applied Meteorology, 25, 917–957.

7. Hauptmann, A., 1907. O streljanju proti toči. Ponnatis iz Narodnega lista, Zvezne tiskarne v Celju, str. 14.
8. Klemenčič, S., Žagar, M., Rozman, Č., Klemenčič-Kosi, S., Strajnar, B., 2009. Analiza upravljanja s tveganjem zaradi toče z uporabo atmosferskih modelov in dreves odločanja. Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, str. 84.
9. Knight, C. A., Foote, G. B., Summers, P. W., 1979. Results of RANdomized Hail Suppresion Experiment in Northeast Colorado Part IX: Overall Discussion and Summary in the Context of Physical Research. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 1629–1639.
10. Magnus, O., 1555. *Historia de Gentibus Septentrionalibus*, tretja knjiga, vir slik: http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Historia_de_gentibus_septentrionalibus
11. Morgan, G. M., 1972. On the Growth of Large Hail. *Monthly Weather Review*, 100, 3, 196–205.
12. Morgan, G. M., 1973. A General Description of the Hail Problem in the Po Valley of Northern Italy, *Journal of Applied Meteorology*, 12, 338–353.
13. MZOŠ, DHMZ, 2004. Završno izvješće o obrani od tuče: Mišljenje i izvješće o opravdanosti daljnjeg rada sustava obrane od tuče u republici Hrvatskoj, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa i Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, prosinac 2004, str. 125.
14. NSA, 2003. *Critical Issues in Weather Modification Research*. The National Academic Press, ISBN: 0-309-52699-X, 144 pages www.nap.edu/catalog/10829.html, www.nap.edu/books/0309090539/html/.
15. Pachatz, G. C., 2005. Analyse der Effizienz der Hage-labwehr in der Steiermark anhand von Fallbeispielen. Wegener Zentrum, Karl-Franzens-Universität Graz, Nr.3-2005 http://www.uni-graz.at/igam7www_wvc-wissber-nr3-gpachatz-okt2005.pdf.
16. Rakovec, J., Borko, M., Kranjc, A., Divjak, M., Gregorčič, B., Ivančič I., Kajfež - Bogataj, L., Mekinda, T., Rink, S., Zrnec, C., 1988. *Obramba pred točo v SR Sloveniji: osnove, dosedanje izvajanje, uspešnost, bodoča dejavnost*. Ljubljana: Fakulteta za naravo-slovje in tehnologijo VTOZD Fizika: Hidrometeorološki zavod SR Slovenije, str. 197.
17. Roškar, J., 2004. *Obramba pred točo v Sloveniji. Pol stoletja Slovenskega meteorološkega društva*. Ljubljana: Slovensko meteorološko društvo, 175–185.
18. SMD, 2009. Mnenje Slovenskega meteorološkega društva o obrambi pred točo http://www.meteorodrustvo.si/data/upload/mnenje_SMD_o_OPT.pdf.
19. Svabik, O., 1989. Review of meteorological aspects on hail defense activities in Austria. *Theoretical and Applied Climatology*, 40, 4, 247–254.
20. Svabik, O., 2006. Analysis of hail pad data, an accompanying investigation for operational hail defense companies in Austria. 6th European conference on Applied Climatology, Ljubljana. <http://meetings.copernicus.org/www.cosis.net/abstracts/EMS2006/00189/EMS2006-A-00189.pdf>.
21. Vonnegut, B., 1949. The Nucleation of Ice Formation by Silver Iodide. *Journal of Applied Physics*, 593–595.
22. Wieringa, J. and I. Holleman, 2006. If cannons cannot fight hail, what else? *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 659–669.
23. WMO, 2007. WMO Statement on Weather Modification. CASMG2/Doc. 4.4.1, Appendix C http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/WM_statement_guidelines_approved.pdf.